



Empresa de Pesquisa Energética

NOTA TÉCNICA

# Plano Indicativo de Oleodutos – Metodologia aplicada ao ciclo 2021/2022

DEZEMBRO DE 2021

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA



## ■ Equipe

### Coordenação Geral

Heloisa Borges Bastos Esteves

### Coordenação Executiva

Angela Oliveira da Costa

### Coordenação Técnica

Marcelo Castello Branco Cavalcanti

Patrícia Feitosa Bonfim Stelling

### Equipe Técnica

Carlos Augusto Góes Pacheco

Gabriel da Silva Azevedo Jorge

Rafael Moro da Mata

Patrícia Feitosa Bonfim Stelling

### Suporte Administrativo

Sergio Augusto Melo de Castro

#### Imagens da Capa

1. Adaptado de TF Warren Group.
2. Adaptado de Click Petróleo e Gás – Divulgação.
3. Adaptado de PPI.

epe

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA



#### Ministro de Estado

Bento Costa Lima Leite de Albuquerque Junior

#### Secretária-Executiva

Marisete Fátima Dadald Pereira

#### Secretário de Planejamento e Desenvolvimento Energético

Paulo Cesar Magalhães Domingues

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

Rafael Bastos da Silva



#### Presidente

Thiago Vasconcelos Barral Ferreira

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

Giovani Vitória Machado

#### Diretor de Estudos de Energia Elétrica

Erik Eduardo Rego

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

Heloisa Borges Bastos Esteves

#### Diretora de Gestão Corporativa

Angela Regina Livino de Carvalho

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

## ■ Identificação do Documento e Revisões



### Área de estudo

---

Diretoria de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis (DPG)

Superintendência de Derivados de Petróleo e Biocombustíveis (SDB)

### Estudo

---

Plano Indicativo de Oleodutos – Metodologia aplicada ao ciclo 2021/2022

---

Revisão	Data de emissão	Descrição
r0	30/12/2021	Primeira publicação no <i>website</i> da Empresa de Pesquisa Energética

---

## ■ Índice de Siglas

CAPEX	<i>Capital Expenditures</i> (Investimento fixo)
DPG	Diretoria de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis
EVTE	Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
OPEX	<i>Operating Expenditures</i> (Despesas operacionais)
PDE	Plano Decenal de Expansão de Energia
PIO	Plano Indicativo de Oleodutos
PNE	Plano Nacional de Energia
Plandepe	Modelo de Planejamento do Abastecimento de Derivados de Petróleo
QAV	Querosene de Aviação
RTDT	Regulamento Técnico de Dutos Terrestres
SDB	Superintendência de Derivados de Petróleo e Biocombustíveis
SIMP	Sistema de Informações de Movimentação de Produtos
SMA	Superintendência de Meio Ambiente
SMDP	Sistema de Movimentação de Derivados de Petróleo
TRR	Transportador-Revendedor-Retalhista
TUP	Terminal de Uso Privado

## ■ Sumário

<b>Introdução</b> .....	<b>1</b>
<b>1. Contextualização e Objetivo</b> .....	<b>3</b>
<b>2. Abrangência da infraestrutura a ser contemplada nas análises do PIO</b> .....	<b>5</b>
<b>3. Combustíveis a serem considerados na análise de Demanda e Oferta</b> .....	<b>9</b>
<b>4. Premissas e Procedimentos Metodológicos</b> .....	<b>11</b>
4.1. Metodologia de projeção da Demanda Potencial no Plano Indicativo de Oleodutos .....	11
4.1.1. Bases e Polos de Consumo.....	12
4.1.2. Procedimentos para definição da Demanda Potencial.....	13
4.1.2.1 Tratamento dos Dados.....	14
4.1.2.2. Definições Regionais (Regiões Geográficas Imediatas).....	15
4.1.3. Determinação dos volumes de Demanda Potencial .....	16
4.1.4. Delimitação das áreas de atendimento dos Terminais de combustíveis.....	17
4.1.5. Questões associadas à competitividade .....	19
4.2. Identificação da Oferta Potencial .....	22
4.3. Balanço de Demanda e Oferta .....	22
4.3.1. Mercados Potenciais e área de atendimento das Refinarias.....	24
4.3.2. Elementos de construtibilidade de dutos associados à definição preliminar de Demanda e Oferta.....	30
<b>5. Considerações acerca das alternativas de traçado</b> .....	<b>33</b>
5.1. Metodologia de seleção de alternativas de rotas e definição de traçados de dutos .....	34
5.1.1. Condicionantes para seleção de Rota .....	34
5.1.2. Ordenamento do processo de definição da rota .....	37
5.1.3. Base de dados para procedimentos de georreferenciamento .....	37
<b>6. Limitações metodológicas e aprimoramentos oportunos</b> .....	<b>39</b>
<b>7. Considerações finais</b> .....	<b>40</b>
<b>Referências Bibliográficas</b> .....	<b>41</b>

## ■ Lista de Figuras

Figura 1 - Abrangência para duto genérico, segundo o RTDT .....	6
Figura 2 - Abrangência e exclusões para Oleodutos, segundo o RTDT .....	7
Figura 3 - Fluxograma esquemático do sistema de abastecimento de derivados de petróleo no Brasil .....	13
Figura 4 -Procedimentos para cálculo da demanda de combustíveis.....	17
Figura 5 - Modelo Conceitual da Matriz de Transportes de Transferências .....	21
Figura 6 - Mercado Potencial da RNEST .....	26
Figura 7 - Mercado Potencial da RLAM .....	26
Figura 8 - Mercado Potencial da Repar .....	27
Figura 9 – Mercado Potencial da Reman.....	27
Figura 10 - Mercado Potencial da Regap.....	28
Figura 11 - Mercado Potencial da Refap .....	28
Figura 12 - Mercado Potencial da Revap.....	29
Figura 13 - Mercado Potencial da Replan .....	30

## ■ Tabela

Tabela 1 – Combustíveis contemplados nas análises do PIO – ciclo 2021/2022 .....	10
--	----

## Introdução

---

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE), empresa pública brasileira vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME), segundo o art. 2º da Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004, tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinados a subsidiar o planejamento do setor energético nacional, compreendendo conteúdos associados à energia elétrica, ao petróleo e gás natural e seus derivados, ao carvão mineral, às fontes energéticas renováveis e à eficiência energética.

Compete à EPE, dentre outras atribuições, a realização de estudos de mercado visando definir cenários de demanda e oferta de petróleo, seus derivados e produtos petroquímicos. Ademais, promove estudos voltados a programas de apoio para modernização e capacitação da indústria nacional, visando maximizar sua participação no esforço de fornecimento dos bens e equipamentos necessários para a expansão do setor energético. Essas análises e pesquisas subsidiam a formulação, o planejamento e a implementação de ações do MME, no âmbito da política energética nacional.

Iniciativas, conduzidas pelo Governo Federal, vêm sendo empenhadas para proposição de ações e medidas visando garantir o fornecimento de combustíveis no Brasil. Busca-se a promoção de uma oferta compatível com o crescimento da demanda, capaz de atender ao consumidor brasileiro em condições adequadas de preço e qualidade, em um ambiente regulatório objetivo, claro e favorável aos investimentos para a expansão do setor *downstream* (segmentos de refino, transporte, armazenamento e comercialização de derivados). Além da necessidade de investimento em refino, será fundamental a promoção de infraestrutura para movimentação de petróleo, seus derivados e biocombustíveis (incluindo dutos e terminais). A deficiência de infraestrutura logística e de transportes de combustíveis gera vulnerabilidade e pode resultar na perda de competitividade, ocasionando potenciais aumentos de custos na cadeia produtiva do petróleo.

Nesse sentido, os estudos desenvolvidos no âmbito do Plano Indicativo de Oleodutos (PIO), conduzidos pela Superintendência de Derivados de Petróleo e Biocombustíveis (SDB) da EPE, serão primordiais para a elaboração de iniciativas capazes de estimular a competitividade crescente nos mercados de combustíveis, frente ao presente reposicionamento estratégico dos agentes preponderantes no segmento. As perspectivas da SDB em relação ao desenvolvimento do PIO é que este se constitua em um processo sistemático e periódico de suporte ao planejamento da expansão do transporte dutoviário nacional e do planejamento energético brasileiro. Além disso, reforça-se a incumbência da EPE no assessoramento ao MME na promoção do setor de *downstream* nacional aderente às potencialidades, fragilidades e vantagens competitivas do País no cenário energético nacional/regional, na implementação de processos de planejamento cada vez mais integrados e na redução das assimetrias de informação no mercado, minorando custos de transação e as incertezas, promovendo um ambiente de maior confiança para investimentos no setor energético brasileiro, com novos entrantes e maior competição.

Buscar-se-á, por meio dos estudos do referido plano, o aperfeiçoamento da análise dos fluxos logísticos de abastecimento de derivados de petróleo, através do estudo de viabilidade técnica, econômica e ambiental de projetos de oleodutos de transporte e sistemas associados com vista ao atendimento das demandas existentes. Isso beneficiará o desenvolvimento de um mercado de combustíveis capaz de atender ao consumidor brasileiro em condições adequadas de preços e qualidade, em um ambiente regulatório claro e favorável aos investimentos alinhados com a perspectiva de salvaguardar a segurança energética nacional. Nesse ponto, a expansão do modo dutoviário poderá reduzir os custos de movimentação de combustíveis e incentivar sua utilização, estimulando a competitividade nos mercados de combustíveis do País.

No que se refere à estruturação da presente Nota Técnica, além desta introdução e das referências bibliográficas, o documento é dividido em sete capítulos. O Capítulo 1 apresenta uma breve contextualização e objetivos do Plano Indicativo de Oleodutos. O Capítulo 2 delimita as estruturas (dutos e instalações associadas) que serão abrangidas pelos estudos. O Capítulo 3 discorre sobre os critérios para seleção dos combustíveis elegíveis ao transporte dutoviário, no âmbito do Plano. O Capítulo 4 descreve a metodologia que embasou o estudo, enumerando os aspectos relacionados à demanda potencial, à oferta potencial, ao balanço de oferta e

demanda, aos critérios para a avaliação de alternativas. No Capítulo 5, são enumeradas considerações acerca das alternativas de traçado e fundamentos para seleção de rotas e, no Capítulo 6, elencam-se limitações para o procedimento metodológico proposto, bem como aprimoramentos pertinentes. Finalmente, no Capítulo 7, traçam-se considerações finais acerca deste primeiro ciclo de estudos do PIO (2021/2022).

# 1. Contextualização e Objetivo

---

O Brasil possui aspectos que favorecem a movimentação de petróleo e derivados pelo modo dutoviário na medida em que apresenta dimensões continentais, estando os mercados consumidores distribuídos por todo seu território. É um mercado de grandes volumes, sendo o 7º maior consumidor mundial de derivados de petróleo. Contudo, os centros produtores (refinarias) encontram-se localizados predominantemente na costa, sendo a movimentação de derivados dependente, além da cabotagem, maiormente do modo rodoviário.

Para determinados volumes e distâncias, o transporte de produtos combustíveis por dutos, quando comparado com outros modos de transporte, pode se apresentar como alternativa econômica mais vantajosa. Utilizados no transporte de petróleo, gás natural, derivados de petróleo e biocombustíveis, além de gases, minério e água, entre outros produtos, os dutos apresentam benefícios comparativos, a saber (RENNÓ e LEMGRUBER, 2009): i) Alta confiabilidade: operação contínua; modo de transporte não afetado por condições adversas de tempo; elevado grau de automação na supervisão e no gerenciamento da movimentação dos produtos; maior segurança para o meio ambiente e para a população; ii) Alta economia no transporte: mais econômico que outros modos de transporte, como transporte ferroviário (até 5 vezes mais econômico) ou rodoviário (até 20 vezes mais econômico)<sup>1</sup>; iii) Baixo consumo de energia: em comparação com o modo ferroviário e rodoviário, considerando a energia consumida para transportar a mesma carga pela mesma distância; e iv) Baixo impacto ambiental: para o transporte do mesmo volume de produto, os dutos representam o modo de transporte com menor número de acidentes, e o que apresenta menor impacto de segurança e ambiental.

Os estudos a serem realizados no âmbito do Plano Indicativo de Oleodutos, e que contemplam prognósticos de longo prazo, auxiliarão no embasamento de propostas de políticas públicas, que poderão repercutir na estratégia nacional para a expansão da oferta de energia, com vistas ao atendimento da demanda de combustíveis, observando os objetivos básicos de segurança energética, modicidade de preços e tarifas, sustentabilidade ambiental, universalização do acesso da população aos serviços energéticos; geração de emprego e renda e redução das desigualdades regionais.

O Plano Indicativo de Oleodutos contempla projeções sobre a demanda de derivados de petróleo e biocombustíveis, as previsões de produção e de oferta desses energéticos e as condições da infraestrutura existente para o atendimento da demanda futura. O referido plano busca subsidiar a tomada de decisões no desenvolvimento e operacionalização do sistema de abastecimento de derivados de petróleo e biocombustíveis nacional. Em seu desenvolvimento, o PIO se caracteriza como um estudo técnico preliminar e conceitual, que estabelece diretrizes e características de projetos concernentes à infraestrutura de transporte. Não pode ser caracterizado como Projeto Básico, uma vez que não almeja definir com precisão as características básicas do empreendimento, custos e prazos de execução associados.

De forma a subsidiar as análises a serem desenvolvidas no âmbito do PIO, a presente Nota Técnica tem por objetivo apresentar premissas e pontos de discussão para estruturação da proposta metodológica a ser utilizada na identificação e definição das ofertas e demandas nacionais por derivados de petróleo<sup>2</sup>. A partir da estruturação das premissas e conceitos que fundamentarão os estudos do Plano, será possível a identificação

---

<sup>1</sup> Rennó e Lemgruber (2009) citam o exemplo que, caso fosse utilizado o transporte rodoviário para substituir a função de um oleoduto de porte médio que transporta 20 mil m<sup>3</sup>/dia em uma distância de 250 km, seriam necessárias 750 carretas, descarregadas continuamente a cada dois minutos. Já em caso de substituição de transporte ferroviário equivalente, seria necessário um trem-tipo, com aproximadamente 200 vagões, carregando e descarregando a cada dia.

<sup>2</sup> Ressalta-se que, para o presente ciclo de estudos do Plano Indicativo de Oleodutos (2021/2022), não serão diretamente contemplados, nas análises, os biocombustíveis (biodiesel, etanol anidro e etanol hidratado). Apesar de se entender a relevância para o abastecimento nacional, bem como as complementariedades e substitutibilidades entre os biocombustíveis e os combustíveis líquidos de origem fóssil, a presente edição do Plano concentrou-se em analisar os principais derivados consumidos no País, a saber: gasolina, diesel (S10 e S500) querosene de aviação (QAV) e gás liquefeito de petróleo (GLP). Em futuros ciclos do PIO, será revista a viabilidade da incorporação dos biocombustíveis na análise integrada de movimentação dutoviária de combustíveis, vinculada a uma avaliação mais ampla da logística de suprimentos de combustíveis no Brasil.

de potenciais alternativas para expansão ou ampliação de dutos e o cálculo dos investimentos necessários, incluindo terminais associados, considerando aspectos técnicos, econômicos e socioambientais.

Os estudos subsidiários ao PIO a serem desenvolvidos pela EPE consistirão, entre outras etapas, em propostas de traçados de oleodutos, instalação de estações de bombeamento e localização de bases de entrega e terminais, bem como estimativas de investimentos nos oleodutos de transporte de combustíveis. Também devem ser desenvolvidos estudos de demanda do mercado consumidor, de oferta efetiva e potencial de combustíveis e da infraestrutura existente. Entre as fases de desenvolvimento do Plano Indicativo de Oleodutos, destaca-se a estruturação de metodologia voltada para a realização de estudos de viabilidade técnica e econômica (EVTEs), a qual será utilizada na seleção de opções envolvidas em projetos de oleodutos de transporte, terminais e sistemas associados, estruturados de acordo com as práticas atualmente utilizadas na indústria petrolífera.

Nessa perspectiva, o Plano busca subsidiar a tomada de decisões no desenvolvimento e operacionalização do sistema de abastecimento de combustíveis em território nacional. Eventuais necessidades de expansão ou de ampliação da infraestrutura dutoviária terrestre de transporte de derivados de petróleo poderão ser verificadas por meio do estudo de fluxos de combustíveis. Os estudos também têm por propósito reduzir a assimetria de informações sobre potenciais de demanda e de oferta, avaliações de condicionantes socioambientais e propostas de traçados, contribuindo para identificação de outras oportunidades pela indústria que não estejam inseridas no ciclo de planejamento vigente.

É primordial ressaltar que as propostas apresentadas no presente documento estão aderentes a uma concepção preliminar para execução do Plano Indicativo de Oleodutos apresentando, por conseguinte, assingelamentos metodológicos e restrições analíticas. Findo o primeiro ciclo do Plano (previsto para o primeiro semestre de 2022), revisões metodológicas e de bases de dados, bem como aprimoramentos nos modelos preditivos e econômicos poderão se fazer necessários em ciclos posteriores dos estudos.

## 2. Abrangência da infraestrutura a ser contemplada nas análises do PIO

---

Oleodutos são dutos terrestres ou marítimos, de transporte ou transferência, que movimentam: i) petróleo, líquidos de gás natural, condensado, derivados líquidos de petróleo e gás liquefeito de petróleo; e ii) todos os produtos líquidos cujas operações de movimentação sejam reguladas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), exceto gases liquefeitos por baixa temperatura (PETROBRAS, 2020).

Os dutos que movimentam combustíveis, de forma sequencial (polidutos), são considerados oleodutos (de acordo com a definição do Regulamento Técnico de Dutos Terrestres – RTDT, instituído por meio da Resolução ANP nº 6/2011). Os dutos que interligam pontos de atracação (pier, cais, monobóias e quadro de boias) a instalações são denominados genericamente de oleodutos portuários<sup>3</sup>.

O RTDT estabelece os requisitos essenciais e os mínimos padrões de segurança operacional para os dutos terrestres<sup>4</sup>, incluindo os submersos, visando à proteção do público em geral, da força de trabalho da companhia operadora e das instalações e do meio ambiente<sup>5</sup>. As normas também se aplicam para o processo de construção, operação e desativação de novos dutos terrestres. A Figura 1 e a Figura 2, a seguir, ilustram a abrangência e as exclusões definidas pelo RTDT para oleodutos.

Os oleodutos de transporte são aqueles que movimentam petróleo, seus derivados e biocombustíveis em meio ou percurso considerado de interesse geral. Já os dutos de transferência<sup>6</sup> são aqueles em que a movimentação de petróleo, seus derivados e biocombustíveis ocorre em meio ou percurso considerado de interesse específico e exclusivo do proprietário ou explorador das facilidades, conforme Lei nº 9.478/1997 (art. 6º, incisos VII e VIII).

O objetivo dos estudos do PIO consiste em analisar propostas de dutos de transporte, com vistas a fornecer suporte técnico, tanto para o Governo Federal, quanto a agentes econômicos, aos projetos de movimentação e suprimento de combustíveis líquidos no mercado nacional. Estabelece-se que a terminologia duto<sup>7</sup> a ser empregada neste primeiro ciclo do Plano refere-se somente aos polidutos dedicados ao transporte de derivados de petróleo. Como princípio balizador da área de abrangência dos estudos que compõem o PIO, serão abarcados essencialmente os trechos de dutos de transporte que interligam (ou se conectam a):

- Terminais terrestres ou aquaviários;
- Refinarias;
- Bases de distribuição;
- Consumidores individuais de derivados de petróleo
- Unidade industrial petroquímica ou química.

---

<sup>3</sup> Os oleodutos portuários podem estar localizados em terminais aquaviários, bases de combustíveis, refinarias e instalações industriais em Terminais de Uso Privado (TUPs). Estes tipos de oleodutos interligam estas instalações à estrutura aquaviária (PETROBRAS, 2020).

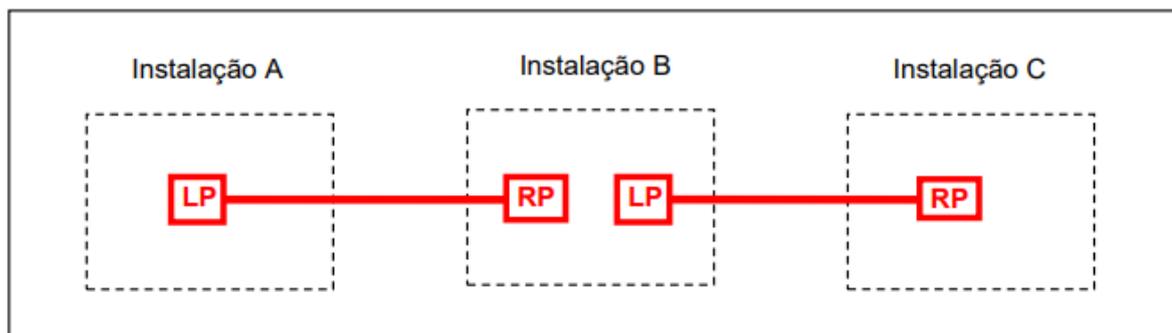
<sup>4</sup> O RTDT abrange dutos terrestres; trechos terrestres de dutos de escoamento da produção de petróleo e gás natural de áreas sob contrato de produção marítima; trechos terrestres de dutos portuários de terminais, de refinarias e de bases de distribuição; tubulações internas de unidade marítimas de perfuração e produção; tubulações internas de terminais, refinarias e bases de distribuição; mangotes; poços do sistema de coleta da produção; árvores de natal; *early production riser*; e *risers* de produção com completação seca (ANP, 2011).

<sup>5</sup> O RTDT segue as referências e normativas legais preconizadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), associadas ao transporte de combustível por dutos (sendo as principais ABNT NBR 15.280-1; NBR 15.280-2 e NBR 12.712); assim como normas internacionais (ASME B31.4 e a ASME B31.8), além de portarias e resoluções da ANP, CONAMA, ANEEL/ANATEL, INMETRO, etc.).

<sup>6</sup> Dutos de transferência podem ser reclassificados pela ANP como dutos de transporte, caso haja comprovado interesse de terceiros em sua utilização (Lei nº 9.478/1997, art. 59).

<sup>7</sup> O transporte dutoviário pode ser dividido em: oleodutos (incluindo os polidutos); gasodutos; minerodutos e aquedutos.

É necessário ressaltar que, para os estudos iniciais do PIO, a definição da abrangência dos trechos de dutos e terminais a serem analisados será baseada no RTDT (em consonância com a Norma ABNT NBR 15280-1:2017 e NBR 15280-2:2015 Versão Corrigida: 2016), mas não necessariamente contemplará (ou excluirá) todos os segmentos abrangidos pelo regulamento. Nesse sentido, não se constituem foco dos estudos do PIO, neste primeiro ciclo, dutos de transporte de petróleo dentro dos limites das áreas de concessão de produção terrestres e marítimas, assim como tubulações internas de refinarias, bases de distribuição, instalações de consumidores individuais de derivados de petróleo; Unidades Industriais Petroquímicas ou Químicas.

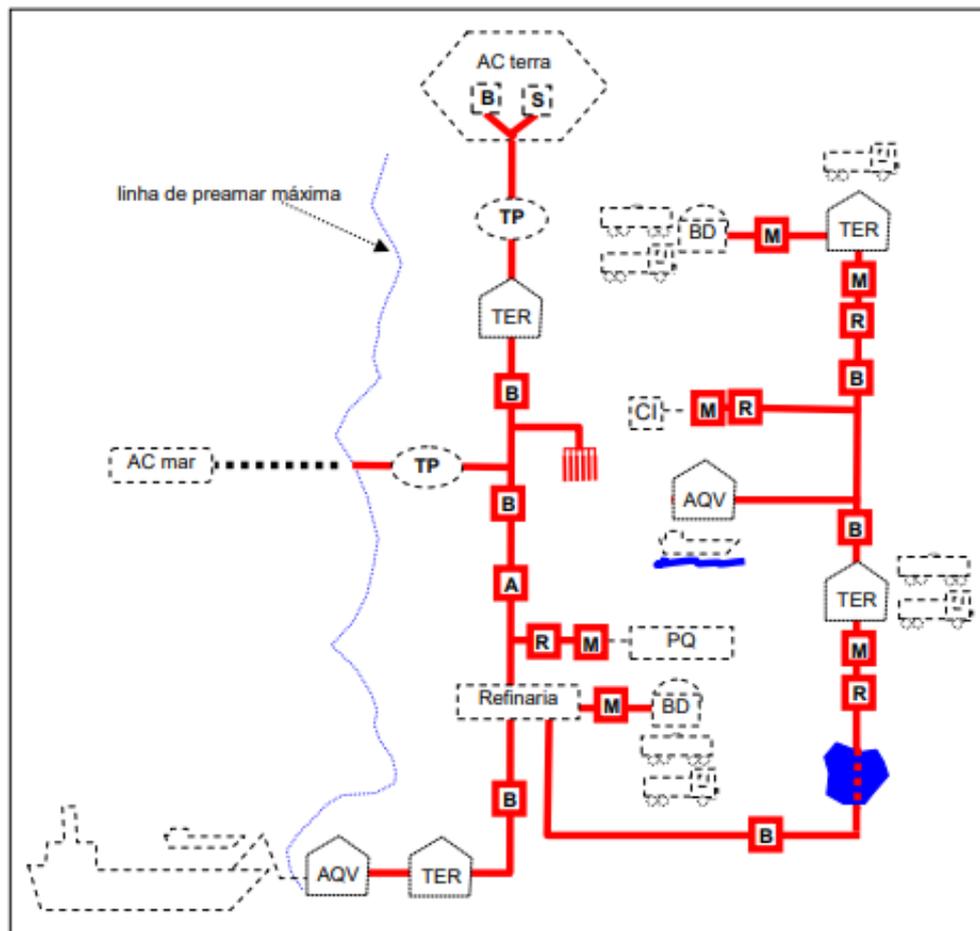


**Legenda da abrangência**



Figura 1 - Abrangência para duto genérico, segundo o RTDT

Fonte: ANP, 2011.



<b>Legenda da abrangência</b>			
	Oleoduto terrestre principal ou ramal		Estação intermediária de bombeamento
	Estação intermediária de reaquecimento		Estação de medição
	Trecho submerso		Armazenamento de petróleo em Tubos Estação de redução, limitação ou alívio de pressão
<b>Legenda das exclusões</b>			
	Área de concessão de produção marítima		Área de concessão de produção terrestre
	Refinaria de petróleo		Terminal Aquaviário
	Base de Distribuição		Terminal Terrestre
	Transporte por Barcaças		Estação inicial de bombeamento
	Transporte Marítimo		Consumidor individual
	Unidade Industrial Petroquímica ou Química		Planta de tratamento de petróleo
			Separador água/petróleo/gás
			Transporte Rodoviário
			Oleoduto submarino

Figura 2 - Abrangência e exclusões para Oleodutos, segundo o RTDT

Fonte: ANP, 2011

A despeito da delimitação empregada, cabe atentar para o fato de que terminais (terrestres e aquaviários) serão contemplados, nas análises, como ponto de origem e destino dos produtos a serem movimentados por meio da dutovia. Ademais, o direcionamento do fluxo de combustíveis nas dutovias poderá ser avaliado considerando seu direcionamento tanto para o interior do território, como para o litoral (terminais aquaviários), levando-se em conta a possibilidade de exportações, ou navegação de cabotagem para transporte de combustíveis para outras regiões do País (abarcando, inclusive a questão da complementariedade do modo dutoviário com o aquaviário).

Nesse sentido, os estudos desenvolvidos no âmbito do PIO deverão considerar as possibilidades para promover o melhor suprimento de derivados em território nacional, como também auxiliar, a partir da análise energética do fluxo de combustíveis, o planejamento logístico com vistas a estimular condições aos agentes econômicos em desenvolver seus projetos, inclusive de exportação (como, por exemplo, para o óleo combustível).

Com relação à natureza dos projetos elegíveis para avaliação, o procedimento para a definição das ofertas e demandas potenciais de combustíveis derivados de petróleo, a serem movimentados pelo modo dutoviário, será único, mas adequável para aplicação tanto em projetos novos (*greenfield*) como aqueles já existentes (*brownfield*), em que se verifique a oportunidade/necessidade de ampliação/expansão de capacidade de transporte dutoviária (em função da introdução de instalações e equipamentos adicionais) ou aumento da extensão/duplicação.

Para projetos *greenfield*, será empreendido o levantamento quantitativo preliminar dos volumes movimentados de derivados de petróleo contemplados nos estudos do PIO, desagregados em nível municipal ou de área imediata, segundo a classificação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE 2017; 2020). A análise georreferenciada das demandas (atuais e projetadas) dos combustíveis permitirá definir visualmente regiões de maior demanda e, de maneira análoga, dos seus pontos de oferta/suprimento. Nesse caso, parte-se da análise visual e do balanço volumétrico das demandas e ofertas existentes para uma posterior delimitação preliminar (geográfica/georreferência) de uma alternativa de corredor para um poliduto e/ou terminal, bem como sistemas associados.

Na hipótese de análise de projetos já existentes, a delimitação do espaço geográfico torna-se mais direta, uma vez que o ativo (duto/terminal) já se encontra estruturado e, muito provavelmente, operacional. Tal análise derivar-se-ia da avaliação da capacidade de dutos em operação, identificando eventuais gargalos de movimentação em função da possibilidade de elevação da saturação dos mesmos ao longo do horizonte de avaliação. Dessa forma, torna-se mais explícita a definição geográfica do ponto de origem e de destino de uma proposta de traçado: partindo-se do projeto existente, seriam mapeadas opções de ampliação/duplicação baseando-se em um balanço volumétrico dos combustíveis nas regiões adjacentes.

### 3. Combustíveis a serem considerados na análise de Demanda e Oferta

---

Considerando a diversidade dos mercados de combustíveis em território nacional, a metodologia de escolha do produto ou produtos a serem transportados deverá avaliar diversos aspectos relacionados à comercialização de combustíveis no Brasil, a saber:

#### a) Análise dos volumes:

Deve-se, inicialmente, avaliar as projeções de demanda de combustíveis para dada região. Em uma primeira abordagem, estudos indicam que, para todo País, o óleo diesel e a gasolina são os principais derivados movimentados. Em alguns casos, deve-se também considerar volumes crescentes de etanol hidratado e anidro que podem ser transportados em polidutos.

Volumes superiores justificam a adoção do modo dutoviário em substituição ao modo rodoviário e outros, apresentando vantagens competitivas para grandes volumes. Uma verificação da estrutura atual de abastecimento (fluxos logísticos) também é fundamental para melhor mapeamento das oportunidades, pois, em alguns locais, já existe alternativa de transporte para os líquidos em substituição ao modo rodoviário, principalmente por cabotagem ao longo da costa.

#### b) Valoração dos produtos

Embora volumes elevados possam ser um indicativo para escolha de dado produto, a valoração do produto, com estimativa de receita deverá ser feita, de modo que produtos com maior valor agregado e que propiciam maior obtenção de receita possam ser priorizados. Para isso, utilizar-se-ão as projeções elaboradas pela EPE, em que os preços dos derivados de petróleo foram definidos a partir de uma relação histórica econométrica com o preço do petróleo Brent, considerando alguns ajustes para cada derivado ao longo do período de uso do duto.

#### c) Avaliação quanto à segurança do abastecimento

Para fins de planejamento energético, a escolha do produto ou produtos a serem transportados deverá considerar também aspectos relacionados à segurança energética, na medida em que, em alguns casos, há importância em fornecer aquele produto, muitas vezes em volumes medianos para promover a garantia de acesso da população ao combustível. A partir dessas análises, é possível selecionar os produtos que serão prioritariamente transportados, não ignorando os demais produtos secundários.

Os dados necessários para as determinações das demandas e das ofertas de combustíveis, ou da movimentação dutoviária entre os polos de suprimento e as bases primárias, serão obtidos, primeiramente, a partir das saídas das ferramentas atualmente utilizadas nos processos e produtos da DPG/SDB, a saber, o Modelo de Planejamento do Abastecimento de Derivados de Petróleo (Plandepe) e o Sistema de Movimentação de Derivados de Petróleo (SMDP<sup>8</sup>). Essas ferramentas constituir-se-ão como ponto de partida para a definição quantitativa, assim como a regionalização, das projeções dos volumes de ofertas e demandas para o horizonte decenal, acompanhando, em grande medida, as premissas do Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) vigente.

---

<sup>8</sup> Sistema desenvolvido pela EPE para gerar projeções de demanda de derivados de petróleo e/ou biocombustíveis e respectiva agregação por base. A metodologia do SMDP considera o critério de agregação (*cluster*) e foi definido a partir da demanda do derivado por município, e sua localização (coordenadas geográficas) com uso do algoritmo *k-mean*, e baseia-se no princípio da economicidade na distribuição de combustíveis. Tal algoritmo é um método de *Clustering*, sendo possível a utilização dos centros de *cluster* para modelar dados (TREVINO, 2016).

Considerando a disponibilidade de modelos e metodologias já validadas, serão contemplados os seguintes derivados de petróleo nas análises do Plano Indicativo de Oleodutos (ciclo 2021/2022):

**Tabela 1 – Combustíveis contemplados nas análises do PIO – ciclo 2021/2022**

<b>Claros</b>	Gasolina A
	Óleo diesel (S-10 e S-500)
	Querosene de aviação (QAV)
<b>Outros</b>	Gás liquefeito de petróleo (GLP)

Alguns dos combustíveis enumerados necessitarão de esforços adicionais para determinação de seus volumes de oferta e demanda, bem como sua localização.

Em relação aos dados históricos de vendas a serem utilizados para a contabilização dos volumes, estes serão provenientes da ANP, usualmente acessados no mês de abril do ano vigente. Os estudos do Plano Indicativo de Oleodutos acompanharão as premissas e projeções do PDE e, também, serão aderentes aos resultados do Plano Nacional de Energia (PNE) vigente. Todavia, no caso de disponibilidade de acesso a dados mais atualizados, caberá avaliar a conveniência e oportunidade em utilizá-los, considerando eventual necessidade de inserção de dados nos modelos SMDP e Plandepe, e com possíveis discrepâncias com o PDE.

O período das informações referente a dados de vendas por municípios, obtidas da ANP, será anual. Dessa maneira, não será considerada, em uma etapa inicial de estruturação dos estudos do PIO, eventuais sazonalidades que possam alterar os volumes durante o decorrer de determinado ano em análise.

## 4. Premissas e Procedimentos Metodológicos

---

Os estudos referentes à expansão e à ampliação da malha de transporte dutoviário, no horizonte de dez anos, tomarão como base avaliações concernentes a planejamentos regionais, estudos de mercado e consultas aos agentes da indústria de petróleo. Diferentemente da abordagem da estimativa da demanda de combustíveis presente no PDE, tal identificação requer um nível maior de informação por parte dos agentes do setor, além de uma metodologia de projeção mais desagregada e mais complexa. Reitera-se, portanto, que o nível de desagregação espacial da demanda constitui-se uma diferença entre os estudos de mercado para o PDE e para o PIO. Além das estimativas das demandas, a estimativa da oferta potencial e análise do balanço volumétrico são fundamentais para mapeamento de traçados elegíveis.

### 4.1. Metodologia de projeção da Demanda Potencial no Plano Indicativo de Oleodutos

O estabelecimento de premissas para a definição da metodologia a ser utilizada no dimensionamento da demanda potencial por combustíveis é condição basilar para a fundamentação das alternativas de traçado potencialmente atrativas aos empreendedores e que, eventualmente, possam vir a atender a ensejos de projetos estruturantes pelo Governo Federal na área de abastecimento e segurança energética.

De maneira associada, será necessário estabelecer as bases para a estruturação do procedimento metodológico dos aspectos relacionados à oferta potencial, ao balanço de oferta e demanda, aos critérios para a avaliação de alternativas, ao meio ambiente (que influenciam o corredor e o traçado preliminar propostos para a avaliação da alternativa) e às premissas de análise de viabilidade técnica e econômica.

Além da questão econômica, a consistência energética é princípio fundamental para o planejamento de longo prazo, dado que assegura que evoluções da oferta e da demanda das diferentes fontes de energia sejam compatíveis entre si e com a trajetória econômica de interesse. O atendimento energético deve levar em conta os agentes relevantes do mercado de energia (produtores, consumidores, governos, associações de classe e instituições multilaterais) e suas interações (EPE, 2014).

Para os estudos do Plano Indicativo de Oleodutos é oportuna a definição de demanda potencial, nos moldes daquela adotada para os estudos das propostas de traçados de gasodutos de transporte pela EPE (2014), guardadas as devidas particularidades intrínsecas ao mercado de gás natural em relação ao mercado de combustíveis líquidos. Definiu-se demanda potencial como aquela que, no horizonte do estudo, não se restringe à infraestrutura de transporte existente. Desse modo, estará associada a uma adição de capacidade de transporte a se realizar. Em contraposição, considera-se como demanda efetiva aquela que pode ser totalmente atendida, dentro do horizonte do estudo, com a capacidade de transporte existente. Enquanto a demanda for parcialmente atendida pela infraestrutura de transporte existente, os conceitos de demanda efetiva e potencial são equivalentes. Quando ocorre a saturação operacional na capacidade de transporte de um duto existente, configura-se potencial restrição à evolução esperada da demanda, o que traz a necessidade de uma eventual adição de capacidade para que a demanda potencial estimada seja realizada.

A projeção de combustíveis líquidos está inserida em uma visão integrada, onde a evolução da demanda por energia é estabelecida a partir do estudo de cenários de longo prazo no qual são delineadas as principais condições de contorno, especialmente as do contexto econômico. A partir dessa visão de longo prazo, recortes temporais de horizontes menores podem ser determinados, obtendo-se, dessa maneira, trajetórias consistentes ao longo do tempo para as variáveis de interesse. Além dos determinantes de longo prazo, os estudos incorporam elementos conjunturais, bem como definições e estratégias de médio prazo, que podem influenciar parâmetros relevantes no horizonte decenal, em especial, as taxas de expansão da economia, ganhos de eficiência energética na mobilidade urbana, alterações na demanda em função de combustíveis substitutos e novas normas e determinações ambientais que se traduzam em regulamentações para a emissão de gases poluentes.

Os estudos do Plano Indicativo de Oleodutos acompanharão as premissas e projeções do PDE 2031 e, também, serão aderentes aos resultados do Plano Nacional de Energia (PNE) vigente. Todavia, no caso de disponibilidade de acesso aos dados mais atualizados, caberá avaliar a conveniência e oportunidade em utilizá-los.

#### 4.1.1. Bases e Polos de Consumo

Para o Plano Indicativo de Oleodutos será adotada como premissa o conceito de bases e polos de consumo para fins de alocação de demanda. De acordo com ESTEVES e BICALHO (2008), os produtos são provenientes das refinarias, das centrais petroquímicas e dos terminais marítimos nos casos de cabotagem e de importação e, posteriormente, são transportados e armazenados nas bases primárias e secundárias. A distribuição dos combustíveis para os postos de revenda é feita por diferentes modos de transporte dependendo da localização e das condições de logística existentes. O fluxo entre refinarias e bases de distribuição é predominantemente feito através de dutos, enquanto a distribuição da base para o cliente final se dá apenas através de transporte rodoviário e aquaviário.

É importante observar que as empresas distribuidoras adquirem produtos de fontes distintas<sup>9</sup>, os quais são armazenados em bases localizadas em diferentes pontos e, posteriormente, comercializam os produtos com agentes de diversas naturezas: postos revendedores, transportadores-revendedores-retalhistas<sup>10</sup> (TRR), e consumidores finais<sup>11</sup>.

Em função de necessidade em cada local e estratégias de vendas, o produto refinado é direcionado para os terminais e bases de distribuição. Em geral, junto das refinarias há bases de distribuição, de forma que o produto é enviado diretamente dos tanques da refinaria para os das bases distribuidoras, por meio dutoviário. Outra opção é o envio para os tanques de terminais tanto terrestres como aquaviários, que podem estar junto à refinaria como distante desta; o transporte também é feito por dutos. A partir desses terminais, o produto pode ir tanto para as bases das distribuidoras como para outros terminais e assim sucessivamente, até que chegue às bases de distribuição. Essa movimentação pode ser feita por caminhões, dutos ou navios, no caso de cabotagem entre dois terminais aquaviários. Os terminais marítimos realizam a interface com os navios e barcas, carregando-os para transporte dos derivados por meio aquaviário até outro terminal marítimo, onde os produtos serão descarregados, armazenados, se necessário, e enviados para outro terminal ou base de distribuição. Note-se que esta movimentação envolve operações de carga e descarga de caminhões e navios (TSUCHIDA, 2008).

---

<sup>9</sup> No mercado nacional de comercialização de derivados de petróleo, os produtos gasolina A e óleo diesel A podem ser adquiridos de refinarias (situação mais comum), de centrais petroquímicas ou de outros produtores. O etanol (anidro e hidratado) é adquirido pelas distribuidoras diretamente nas usinas sucroalcooleiras. Assim, as distribuidoras adquirem gasolina A dos produtores e etanol anidro nas usinas e distribuem gasolina C e demais gasolinas (aditivadas e do tipo premium) aos postos revendedores. Adquirem, ainda, das refinarias, óleo diesel A e biodiesel, para distribuição do óleo diesel B com percentual mínimo de biodiesel aos postos revendedores. Por fim, adquirem etanol hidratado combustível das usinas produtoras de etanol para comercialização com os postos revendedores (ESTEVES e BICALHO, 2008).

<sup>10</sup> Estes agentes são autorizados a comercializar óleo diesel, óleo combustível, graxas, lubrificantes, e querosene iluminante. Os TRR só podem adquirir os produtos que comercializam exclusivamente dos distribuidores autorizados pela ANP, inexistindo, entretanto, restrições quanto à relação comercial entre os próprios agentes de TRR. A regulamentação da atividade de transportador revendedor retalhista foi revista pela ANP, e consta da Resolução ANP nº 08/2007 (ESTEVES e BICALHO, 2008).

<sup>11</sup> Consumidores de combustíveis automotivos são, em regra, atendidos pelos postos revendedores. Entretanto, alguns consumidores podem optar por adquirir combustíveis diretamente da distribuidora (que disponibiliza pontos de abastecimento nas instalações das frotas) ou dos TRR. Outros consumidores finais, como indústrias, fazendas, cooperativas, hospitais e outros também podem optar por adquirir produtos diretamente dos TRR (exceto gasolina, etanol e GLP) ou dos distribuidores (a figura dos grandes consumidores foi regulamentada pela Resolução ANP nº 34/2007). A legislação vigente permite, ainda, que estes consumidores importem diretamente derivados de petróleo, exceto gasolina e óleo diesel, após anuência prévia da ANP (ESTEVES e BICALHO, 2008).

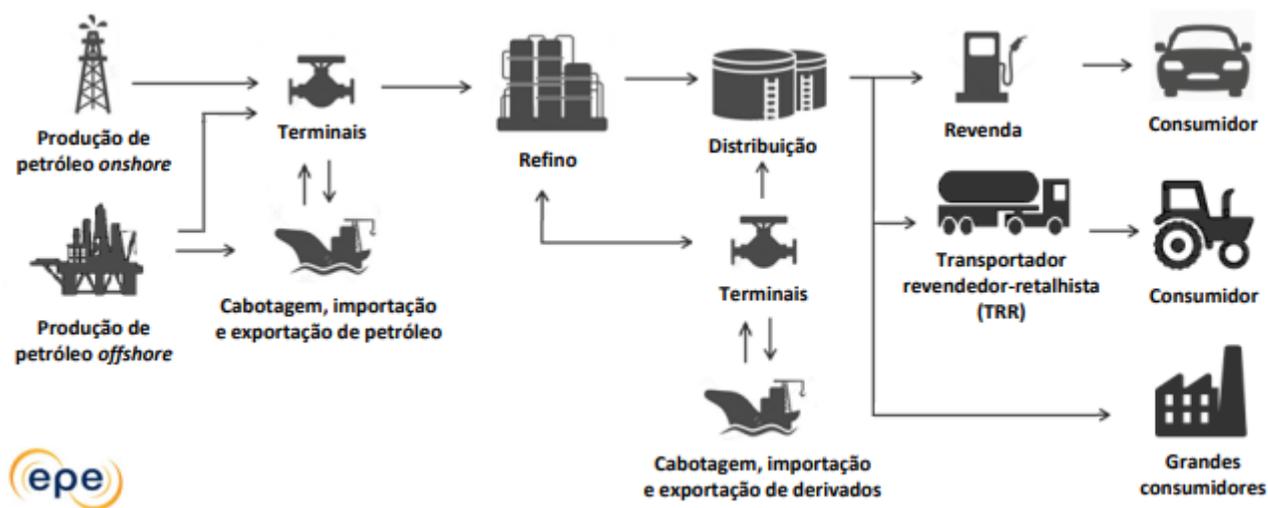


Figura 3 - Fluxograma esquemático do sistema de abastecimento de derivados de petróleo no Brasil

Fonte: EPE.

No caso de produto importado, este entra no País por meio de terminais aquaviários; a partir daí, pode ser encaminhado para as bases de distribuição. Para alguns produtos e casos específicos, como o caso da nafta petroquímica e do querosene de aviação (QAV), não se tem a figura da base distribuidora; o produto é enviado diretamente da refinaria ou terminal para a central petroquímica ou aeroporto. Uma vez nas bases de distribuição, os produtos podem ser vendidos ao mercado, sendo a distribuição feita por meio rodoviário ou aquaviário pelas empresas distribuidoras, ou podem ser transportados para outras bases de distribuição, secundárias, por rodovia, ferrovia ou hidrovía (ANP, 2015).

A localização das instalações (bases primárias e secundárias) tem importância extrema, uma vez que as transferências de produtos ocorrem a fim de aproximar os estoques dos mercados consumidores, de modo a reduzir os custos com o transporte rodoviário para os postos revendedores. Além da localização das bases de distribuição, seu correto dimensionamento minimiza o tempo de espera de caminhões-tanque que levarão o produto ao cliente final<sup>12</sup> (ESTEVEES e BICALHO, 2008).

#### 4.1.2. Procedimentos para definição da Demanda Potencial

A projeção da demanda de combustíveis é um procedimento complexo, uma vez que envolve diversas premissas como o crescimento global da economia (ou mesmo local, em casos específicos), consumo esperado de energia, padrões de consumo de cada combustível, participação do combustível na matriz energética de transporte do País ou região, preço dos combustíveis (e de energéticos substitutos/concorrentes) e seu efeito na penetração no mercado e na sua utilização; além de fatores exógenos (eletrificação; transição energética, etc.). Ao mesmo tempo, é pertinente a verificação do tipo de mercado a ser atendido em cada centro (residencial, comercial, industrial, matéria-prima, geração de energia, etc.), em termos de diversidade de consumidores, perfil e sazonalidade da demanda, entre outros.

Considerando as premissas e conceitos apresentados, a definição das demandas potenciais por combustível no Brasil e a elaboração de mapas possibilitará uma visão espacial da localização das demandas por todo o território nacional.

<sup>12</sup> Quanto menor o tempo de espera no atendimento em uma determinada base, maior o número de viagens que os caminhões podem efetuar para os clientes finais, o que representa economia de recursos para a empresa.

Uma sensibilidade na seleção das localidades a serem atendidas pelo trajeto dutoviário será necessária, uma vez que um projeto de poliduto pode ser interessante não apenas para garantir o suprimento a um único grande centro de consumo, ao final de um trajeto, mas pode ser benéfico, em termos de projeto estruturante, ao capturar/atender a diversas outras demandas em seu trajeto. Eventualmente, o somatório dessas demandas fragmentadas pode não superar a demanda de uma única região imediata. Mas a possibilidade de obter economias de escopo, com o transporte de derivados diversos (e, inclusive, com alguns pontos de entrega no decorrer do traçado proposto – atendendo a mercados com necessidades específicas de combustível) poderia compensar o atendimento a demandas intermediárias<sup>13</sup>.

Para isso, alguns processos metodológicos serão necessários, a saber: Tratamento dos Dados e critérios de agrupamentos fundamentados em Definições Regionais.

#### 4.1.2.1 Tratamento dos Dados

Nos estudos do Plano Indicativo de Oleodutos, buscar-se-á, sempre que oportuno – e possível - a definição da demanda de combustíveis por consumidores, identificando o município e tipologia de projeto (projetos de expansão de consumo, projetos *greenfield*<sup>14</sup>; projetos de substituição de combustível atual). Eventualmente, uma demanda potencial suficientemente pequena que não viabilize um poliduto poderá ser considerada nos estudos de demanda potencial, mas sem seu respectivo encaminhamento para detalhamento nos estudos de ampliação ou expansão da malha dutoviária.

O tratamento das informações coletadas será realizado de maneira a possibilitar projeções da demanda de combustíveis de maneira georreferenciada<sup>15</sup>. Assim, poderão ser identificados visualmente potenciais consumidores que não são atendidos pela infraestrutura existente para que, em uma etapa posterior, seja feita a análise da viabilidade de atendimento.

As projeções das demandas serão obtidas utilizando a metodologia existente e o ferramental desenvolvido pela EPE, a saber, o SMDP. Para isso, serão utilizados dados históricos de comercialização dos combustíveis considerados por municípios<sup>16</sup>, fornecidos anualmente pela ANP à EPE, por meio de acordo entre as instituições, contendo Termo de Compromisso de Manutenção de Sigilo, usualmente acessados até o mês de abril do ano vigente. O período das informações referente a dados de vendas, obtidas da ANP, será anual. Dessa maneira, não será considerada, em uma etapa inicial de estruturação dos estudos do Plano Indicativo de Oleodutos, eventuais sazonalidades que possam alterar os volumes durante o decorrer de determinado ano em análise.

Com base no histórico de vendas das distribuidoras de combustíveis é possível disponibilizar projeções regionalizadas das demandas (oriundos de modelos da EPE), uma vez que o SMDP realiza uma segregação da projeção da demanda dos derivados, de acordo com o ciclo vigente do PDE e PNE, e participações dos municípios, por bases de distribuição.

---

<sup>13</sup> Na questão levantada, do atendimento a demandas intermediárias na rota (com a necessidade, ou não, de novos terminais), há a possibilidade de distribuição da demanda, ao longo da extensão total do duto, com retiradas de volumes e produtos específicos. Para compensar a vazão, o duto poderia apresentar, em trechos posteriores/finais diâmetros menores (dutos telescópicos). Nessa situação, para cada diâmetro ou conjunto de diâmetros selecionados, realizar-se-á uma otimização do bombeamento, procurando o menor valor. Começa-se com os maiores diâmetros e termina-se com diâmetro (ou diâmetros) menores, uma vez que geram maior custo unitário. Cada terminal retiraria apenas o seu volume solicitado e o restante do produto, se existir, segue para o próximo terminal.

<sup>14</sup> Os projetos industriais novos ("*greenfield*") com probabilidade baixa de realização deverão ser descartados da composição da demanda potencial do PIO.

<sup>15</sup> As demandas que eventualmente não possam ser localizadas em nível municipal serão alocadas dentro da área de atendimento das bases de distribuição atualmente existentes. A projeção da demanda potencial de combustíveis poderá ser computada como o resultado da soma das projeções das demandas na área de cada base de distribuição.

<sup>16</sup> A ANP disponibiliza à EPE o histórico de venda das distribuidoras por produto (com especificação) e por município.

Adicionalmente à desagregação realizada pelo SMDP<sup>17</sup>, a localização por bases poderá contemplar, nos próximos ciclos do Plano, não somente derivados de petróleo (GLP, gasolina, QAV, óleo combustível e óleo diesel), mas também biocombustíveis, considerando a possibilidade de transportá-los em polidutos, juntamente com outros combustíveis, e não unicamente em dutos dedicados. No entanto, será necessário verificar a disponibilidade dos pontos receptores/pontos de entrega de terminais destinados ao recebimento de cada um dos combustíveis. Para o caso da geração termelétrica que se utilize de óleo diesel ou óleo combustível, poderá ser avaliada, também em ciclos futuros do Plano, a evolução de consumo de óleo diesel e/ou óleo combustível e uma eventual perspectiva, no horizonte de análise do PIO, de uma substituição por outro energético, como o gás natural<sup>18</sup>.

Ressalta-se que, na atual proposta metodológica para o Plano Indicativo de Oleodutos, os dados serão obtidos a partir de informações oriundas principalmente da ANP, não havendo, até o momento, a perspectiva de uma solicitação específica aos agentes de mercado para o envio e informações. Porém, é importante destacar que informações pontuais, especialmente de projetos que possam se configurar como ponto de oferta, ou mesmo um projeto-âncora para o consumo, serão relevantes para uma melhor análise, não somente em termos de propostas de rotas e traçados (georreferenciamento), mas para contabilização da demanda potencial existente e o balanço volumétrico de cada combustível a ser movimentado por meio de dutovias.

#### 4.1.2.2. Definições Regionais (Regiões Geográficas Imediatas)

Embora, em etapas seguintes de avaliação econômica do projeto, far-se-á necessário buscar, sempre que possível e oportuno, o tratamento da análise de cada combustível de maneira desagregada<sup>19</sup>, para dimensionamento dos dutos será adotado o procedimento de agrupamento das demandas. Tal artifício, para fins de simplificação, consiste em consolidar diferentes combustíveis em uma contabilização única de volume previsto para definição de premissas fluido-hidráulicas e posterior dimensionamento o duto. Sendo assim, para o agrupamento será necessária a agregação das demandas municipais projetadas. Para tanto, deverá ser adotado o conceito de Regiões Imediatas, instituído pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

A Divisão Regional do Brasil, definida pelo IBGE (IBGE, 2017; 2020), consiste no agrupamento de estados e municípios em regiões com a finalidade de atualizar o conhecimento regional do País e viabilizar a definição de uma base territorial para fins de levantamento e divulgação de dados estatísticos. Em razão da maior heterogeneidade do território, houve uma revisão das unidades subestaduais do espaço brasileiro

---

<sup>17</sup> Apesar de não ser a função primária do SMDP, ele será a base para a definição dos estudos de demanda para as propostas de traçados do PIO. A partir de uma análise mais agregada, pode-se partir para um detalhamento, a nível municipal, buscando identificar demandas específicas (ou de determinado combustível em particular – ou em função do elevado volume).

<sup>18</sup> Nesse contexto, a projeção de demanda das usinas termelétricas a óleo combustível também está relacionada à expectativa de despacho médio das usinas existentes e das novas adições de capacidades ao parque gerador projetadas no horizonte do PDE, ou seja, considerando a geração elétrica a partir de outras fontes de geração, como o gás natural.

<sup>19</sup> Projetos específicos (em andamento ou previstos no horizonte decenal de análise) podem necessitar de atendimento de serviço dutoviário (e de tancagem) específicos, como usinas de biocombustíveis. Mesmo sendo o objetivo primário a análise do fluxo das movimentações dutoviárias para suprimento do mercado nacional de combustíveis, é fundamental contemplar, também, projetos que paralelamente contemplem as estratégias dos agentes econômicos do segmento de *downstream* nacional. Um exemplo ilustrativo seria a evolução do abastecimento de combustíveis automotivos em uma megalópole, ou região metropolitana com alta densidade populacional. Combustíveis como óleo diesel B e gasolina C seriam os mais demandados. Mesmo sendo pouco provável uma ruptura na tendência de consumo dessas regiões, há de se considerar fatores como eventuais políticas mandatárias de descarbonização, aprimoramento de processos que conduzam à maior eficiência energética ou, mesmo, da aceleração da eletrificação de veículos leves e de passageiros. Essas premissas podem afetar, em diferentes magnitudes, os volumes requeridos dos diferentes combustíveis que estiverem sendo movimentados via oleodutos. Ao se analisar a movimentação de maneira agregada, sem distinção da composição da carga, perde-se o benefício de analisar a demanda de maneira mais estratificada, com desdobramentos para as diferentes classes (ou categorias) de consumo.

(mesorregionais e microrregionais), que foram denominadas de Regiões Geográficas Intermediárias e Regiões Geográficas Imediatas, respectivamente<sup>20</sup>. Essas escalas oferecem um retrato mais detalhado do território brasileiro e dos seus atributos.

As Regiões Geográficas Imediatas têm na rede urbana o seu principal elemento de referência. Essas regiões são estruturas a partir de centros urbanos próximos para a satisfação das necessidades imediatas das populações, tais como: compras de bens de consumo duráveis e não duráveis; busca de trabalho; procura por serviços de saúde e educação; e prestação de serviços públicos. As Regiões Geográficas Imediatas respeitam as divisões das Unidades da Federação, mesmo quando a unidade regional coesa ultrapassa os limites estaduais<sup>21</sup>. Por fim, para cada Região Geográfica Imediata existe um polo articulador de seu território: o polo, que pode ser um município isolado ou um arranjo populacional, dá nome a essa região<sup>22</sup> (IBGE, 2017). Já as Regiões Geográficas Intermediárias correspondem a uma escala intermediária entre as Unidades da Federação e as Regiões Geográficas Imediatas. Os nomes das Regiões Geográficas Intermediárias foram definidos a partir do polo de maior hierarquia urbana<sup>23</sup>.

#### 4.1.3. Determinação dos volumes de Demanda Potencial

Levando-se em consideração as premissas e conceitos anteriormente expostos, alinhada com as necessidades imediatas do Plano Indicativo de Oleodutos, é apresentada uma proposta para determinação dos volumes de demanda dos combustíveis analisados no Plano. A Figura 4 apresenta, de forma esquemática, o processo para obtenção das demandas potenciais georreferenciadas.

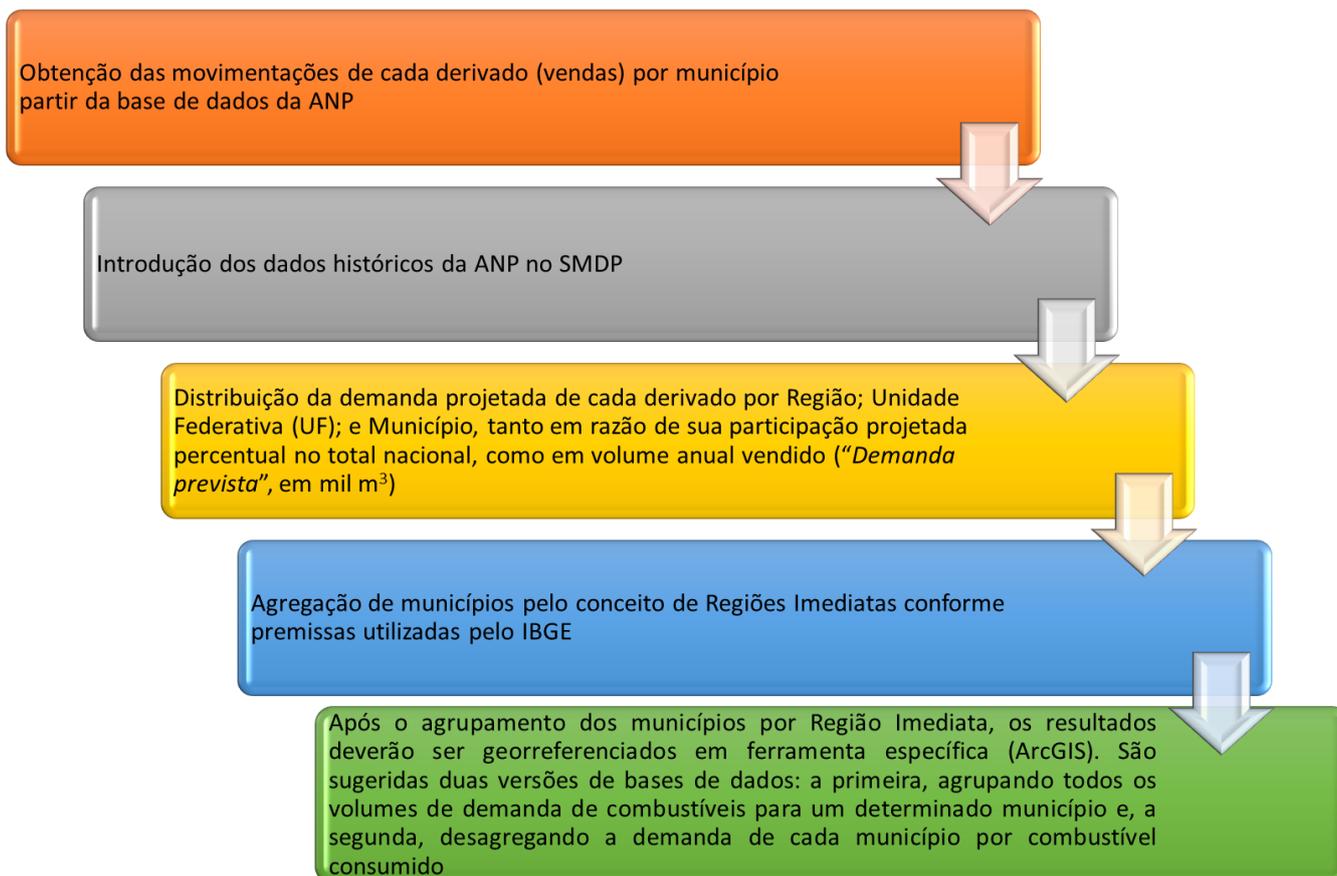
---

<sup>20</sup> A Divisão Regional do Brasil em Regiões Geográficas 2017 é o quadro regional vigente para fins de divulgação estatística do IBGE. A presente regionalização substitui as Micro e Mesorregiões Geográficas de 1990 na tabulação do IBGE.

<sup>21</sup> Como é o caso, por exemplo, dos Municípios de Petrolina/PE e Juazeiro/BA.

<sup>22</sup> Os nomes das Regiões Geográficas Imediatas foram definidos a partir do polo de maior hierarquia urbana, com base nos seguintes critérios gerais: (i) no caso de o polo de maior hierarquia urbana ser composto por um arranjo populacional, utilizou-se o nome desse recorte; e (ii) havendo mais de um polo de mesma hierarquia, estipulou-se a seguinte regra: se as populações dos polos urbanos forem equivalentes, o nome da Região Geográfica Imediata é formado pelos nomes de todos os polos de mesma hierarquia, ordenados pelo tamanho da população; e se a população de um dos polos urbanos superar em 50% a população do(s) outro(s) polo(s), o nome da Região Geográfica Imediata é igual ao do polo de maior população (IBGE, 2017).

<sup>23</sup> Havendo mais de um polo de mesma hierarquia, foram adotados os seguintes critérios gerais: i) se as populações dos polos urbanos forem equivalentes, o nome da Região Geográfica Intermediária é formado pelos nomes de todos os polos de mesma hierarquia, ordenados pelo tamanho da população; e ii) se a população de um dos polos urbanos superar em 50% a população do(s) outro(s) polo(s), o nome da Região Geográfica Intermediária é igual ao do polo urbano de maior população (IBGE, 2017).



**Figura 4 -Procedimentos para cálculo da demanda de combustíveis**

A ferramenta SMDP irá apresentar a demanda de cada derivado por Região; Unidade Federativa (UF); e Município, tanto em razão de sua participação projetada percentual no total nacional, como em volume anual vendido. Finalizada essa etapa, para cada combustível, estará disponível o volume de demanda projetada por município, para cada ano do período definido para o estudo. Para simplificação do número de informações, será realizada uma agregação de municípios, utilizando-se os critérios de Regiões Imediatas, do IBGE. Ato seguinte, os volumes de demanda por combustíveis são georreferenciados no *software* ArcGIS Pro.

Cabe ressaltar que o SMDP busca representar a realidade do mercado de *downstream* nacional de maneira simplificada. Apesar de não serem representadas em sua integralidade, todo o volume movimentado pelas bases é computado no modelo.

#### 4.1.4. Delimitação das áreas de atendimento dos Terminais de combustíveis

A partir do procedimento de definição das demandas potenciais por Regiões Imediatas, foi implementado procedimento para delimitação das áreas de atendimento de cada terminal de combustíveis, associado à determinada alternativa de traçado de poliduto.

Preliminarmente, realizou-se a contabilização dos volumes totais das demandas potenciais, para o ano de 2031<sup>24</sup>, dos possíveis combustíveis a serem movimentados pelo poliduto para atendimento de determinada Região Imediata. Cabe ressaltar que foram englobados na contabilização da demanda de GLP, gasolina, óleo diesel (S10 e S500) e QAV.

<sup>24</sup> Dada a premissa de manter os estudos do PIO aderentes ao Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE), o ano em questão corresponde ao último ano projetado nas análises do PDE 2031.

As informações referentes a cada Região Imediata foram georreferenciadas no *software* ArcGIS Pro, possibilitando visualizar, de acordo com uma graduação de cores, as regiões com maior demanda projetada no território nacional. A observância seguinte foi procurar estabelecer uma trajetória preliminar de duto que possibilitasse a conexão/atendimento a um maior número de regiões, priorizando aquelas de maior demanda e, em seguida, aquelas com a segunda maior grandeza<sup>25</sup>.

Uma vez georreferenciadas as demandas das Regiões Imediatas de interesse, realizou-se a análise com maior grau de detalhamento, evidenciando, dentro de cada região, seus municípios integrantes detentores das maiores demandas potenciais identificadas<sup>26</sup>. Para uma avaliação mais apropriada do terreno, utilizou-se o *software* ArcGIS Pro, com apoio contingente da ferramenta Google Earth, a fim de identificar formações geográficas no percurso pretendido das instalações.

Para a determinação dos novos terminais a serem construídos, associados a uma alternativa de trajetória de traçado de polidutos, foram priorizadas regiões próximas às principais cidades (em termos de volume projetado de demanda) e, também, que fossem atendidas por rodovias. Um distanciamento de grandes centros urbanos é necessário, em virtude de medidas de segurança, mas a conexão a um eixo viário (por exemplo, rodoviário) é necessário para escoamento dos combustíveis por modo complementar ao poliduto, para atendimento a uma base de secundária de distribuição, TRR, ou mesmo, postos de revenda.

Utilizando-se das ferramentas disponíveis no ArcGIS Pro, foi gerada, para cada um dos terminais avaliados, uma área de atendimento, abrangendo uma distância de 200 quilômetros de alcance pelo modo rodoviário<sup>27</sup>. Nos casos em que haveria a possibilidade de circunstancial superposição das regiões de atendimento de dois ou mais terminais próximos, a ferramenta do ArcGIS Pro possibilitou desagregar, a partir de critérios geográficos e de infraestrutura rodoviária, as áreas atendidas referentes a cada terminal.

Partindo-se, então, desta delimitação de atendimento dos terminais (sem sobreposição de áreas), foi identificada a extensão da área geográfica de atendimento de dado terminal, bem como a demanda de cada município abrangido nessa nova delimitação espacial. Ao totalizar as demandas potenciais dos municípios contidos nessa delimitação espacial de atendimento de um terminal, obteve-se a demanda potencial (*service area*) daquele terminal em questão. Tal procedimento foi replicado para cada terminal avaliado no estudo. Ademais, utilizou-se a premissa de que a distribuição da demanda intramunicipal é homogênea à sua área territorial.

A ferramenta do ArcGIS Pro utilizada para a determinação das *service areas* denomina-se *Generate Service Areas (Ready to Use)*<sup>28</sup>. O procedimento determina as áreas de serviço ao redor dos novos terminais (*greenfield*) propostos. Uma área de serviço é uma região que abrange todas as ruas que podem ser acessadas dentro de uma determinada distância ou tempo de viagem de uma ou mais instalações. Por exemplo, a área de serviço de uma instalação inclui todas as ruas que podem ser alcançadas em 10 minutos a partir dessa instalação. Utilizou-se como parâmetro uma viagem de caminhão numa distância rodoviária de 200 km a partir dos terminais. Optou-se também por gerar áreas de serviços não sobrepostas.

Os dados são exportados para uma planilha eletrônica do *Microsoft Excel*, contendo informações sobre a demanda potencial de cada município (total, e desagregado por combustível) e sua extensão total, assim como

---

<sup>25</sup> Foi adotada a paleta de cores gerada pelo ArcGIS Pro, em correspondência ao volume projetado da demanda potencial (por área imediata e, também, em seus municípios componentes). Nesse sentido, foram priorizadas as áreas que apresentavam a coloração vermelha e, em seguida, a coloração laranja.

<sup>26</sup> Como exemplo ilustrativo, para o atual ciclo do PIO 2021/2022, verificou-se como áreas de interesse, para eventual alternativa de traçado do duto e de terminais associados, as regiões de Londrina, Campo Grande, Rondonópolis e Cuiabá. Além de quesitos associados ao relevo/formações geológicas para delimitação da alternativa de traçado, algumas regiões foram incorporadas pela oportunidade de atendimento a uma demanda considerada relevante (em termos volumétricos, ou mesmo, estratégicos para a logística de abastecimento de combustíveis), como Presidente Prudente.

<sup>27</sup> Segundo Figueiredo (2006), 84% das entregas das distribuidoras pelo modo rodoviário acontecem em um raio de até 200 km das bases de distribuição.

<sup>28</sup> É uma ferramenta *Ready To Use* dos serviços de geoprocessamento do *ArcGIS Online*, baseada no algoritmo de Dijkstra, e que usam dados hospedados no próprio *software* (ESRI, 2021a; 2021b).

a área total do município contida na área de atendimento do terminal e a demanda potencial baseada nessa área.

Com o dimensionamento de cada terminal, procede-se com a etapa de análise da capacidade dos dutos. Para cada trecho da alternativa de traçado do poliduto, é calculada a respectiva movimentação necessária para o atendimento da demanda de todos os terminais conectados a um poliduto. Conforme os combustíveis são movimentados ao longo da dutovia, os volumes necessários ao atendimento da demanda potencial são entregues nos terminais intermediários (sendo descontados do volume total sendo transportado) até alcançar o ponto final de entrega do poliduto.

Para os dutos que se originam de oleodutos já operacionais, o cálculo da capacidade para movimentação de uma carga adicional de combustíveis é realizado a partir de estimativas da movimentação histórica observada. São observadas tanto a capacidade máxima<sup>29</sup>, quando a capacidade operacional<sup>30</sup> do duto existente, a fim de verificar o percentual de saturação.

Foi possível observar, em análises preliminares mensais do histórico de movimentação<sup>31</sup>, alguns dutos cuja capacidade operacional não permitiria realizar plenamente a movimentação de todo volume projetado de combustíveis para atendimento à demanda potencial. Para esses casos, as análises do Plano Indicativo de Oleodutos serão realizadas mediante as devidas ressalvas, inclusive, podendo-se optar pela movimentação de apenas alguns combustíveis selecionados (observando-se o perfil de consumo dos terminais e das localidades atendidos pelo duto).

Para a orçamentação dos dutos e dos terminais, utilizou-se a data base de junho de 2021 para estabelecimento dos custos monetários (Capex e Opex). Assim, a base de informações constantes das ferramentas de cálculo de dimensionamento e de orçamentação, tanto para dutos como a de terminais<sup>32</sup>, foram ajustados a partir de índices inflacionários<sup>33</sup>.

Em ciclos posteriores do Plano Indicativo de Oleodutos, devem ser realizados os respectivos estudos de viabilidade econômica a partir dos custos inerentes à implementação dos projetos dutoviários elencados, mensurando sua rentabilidade e a monetização de seus benefícios. Eventualmente, serão conduzidas, para cada alternativa de traçado, análise de sensibilidades em relação ao balanço volumétrico (Origem – Destino) e de fatores macroeconômicas, a fim de avaliar impactos nos indicadores de análise de viabilidade financeira do projeto que podem resultar de possíveis alterações nos valores de algumas premissas. De maneira complementar, buscar-se-á a identificação de eventuais riscos ao projeto e possibilidades de respostas.

#### 4.1.5. Questões associadas à competitividade

##### 4.1.5.1. *Competitividade entre combustíveis*

Em análises associadas a projetos de gasodutos (indústria de rede), é primordial considerar a competitividade do gás natural frente a energéticos substitutos. A despeito de suas qualidades intrínsecas (por exemplo, combustão mais limpa, homogênea e eficiente), o gás natural precisa ter preço competitivo para motivar o consumidor final a usá-lo ao invés de a seu substituto. No caso do petróleo e de seus derivados,

---

<sup>29</sup> Máximo volume mensal de produtos que o Transportador pode movimentar em uma Instalação de Transporte entre Pontos de Recepção e de Entrega, considerando todas as estações de bombeamento e tanques, bem como possíveis expansões e ampliações nesta instalação.

<sup>30</sup> Máximo volume mensal de produtos que o Transportador pode movimentar em uma Instalação de Transporte entre Pontos de Recepção e de Entrega, consideradas as condições operacionais vigentes.

<sup>31</sup> Obtidos, principalmente, a partir da página eletrônica da Petrobras Transporte S.A. (Transpetro, 2021).

<sup>32</sup> A EPE realizou contratações, entre 2018 e 2021, que permitiram o desenvolvimento desse ferramental.

<sup>33</sup> Entre os fatores de correção utilizados, ressaltam-se os índices inflacionários desenvolvidos e disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Economia (IBRE), da Fundação Getúlio Vargas (FGV).

existem nichos que se configuram um mercado cativo, dificultando sua substituição por alternativas energéticas.

Entretanto, é possível que o atendimento (tanto no momento presente como no médio/longo prazo) a um segmento específico de mercado, ou classe de demanda, possa ser influenciado pelo preço relativo dos combustíveis substitutos. Nessas hipóteses, a análise de viabilidade de um novo projeto de poliduto, ou mesmo de ampliação, deverá contemplar, em ciclos futuros do Plano Indicativo de Oleodutos, essas possibilidades de preferência de um combustível em detrimento a outros (exemplo: preferência para a demanda de biocombustíveis em detrimento a combustíveis fósseis podem sinalizar a oportunidade de um duto dedicado a biocombustíveis do que um poliduto, cuja capacidade necessitaria ser compartilhada com outros derivados de petróleo).

Para efeito da avaliação econômica dos projetos de oleodutos identificados, será pertinente considerar diferentes trajetórias de preços dos combustíveis movimentados. Essas trajetórias podem se pautar naquelas desenvolvidas no âmbito dos estudos para o PDE. Caso se verifique um cenário de preço de combustível (a ser movimentado no duto proposto) mais competitivo que o de seu(s) substituto(s), haverá possivelmente uma variação na resposta da demanda potencial decorrente de um preço relativo mais favorável.

#### *4.1.5.2. Competitividade entre modos de transporte de combustíveis líquidos*

De modo geral, configuram-se três tipos de fluxos existentes na distribuição de combustíveis: fluxos primários (das refinarias e usinas de etanol para as bases de distribuição), fluxos de transferência (entre bases) e fluxos de entrega (das bases para os clientes). Na cadeia logística de distribuição de combustíveis, os fluxos primários de diesel e gasolina (retiradas das refinarias e transporte para os terminais e as bases primárias) são basicamente realizados por transporte dutoviário e aquaviário. Já o etanol sai das usinas/centros coletores para as bases primárias e secundárias por etanoldutos, rodovias e ferrovias. Os principais modos de transferência para bases de distribuição são o ferroviário e o rodoviário, enquanto as entregas varejistas são 100% rodoviárias e quase sempre de curta distância (FIGUEIREDO, 2006). Boa parte das escolhas relativas à localização das bases de distribuição (primárias e secundárias) fundamentou-se na utilização de ferrovias e dutos, modos mais adequados para transferências de grandes volumes do que o modo rodoviário (ESTEVES e BICALHO, 2008).

De acordo com FIGUEIREDO (2006), para a distribuição de combustíveis, o modo rodoviário seria adequado para rotas de curta distância e de baixo volume; os modos ferroviário e dutoviário seriam indicados para rotas de alto volume (tanto em curta quanto em longas distâncias, sendo que neste último caso a cabotagem poderia também ser uma opção viável).

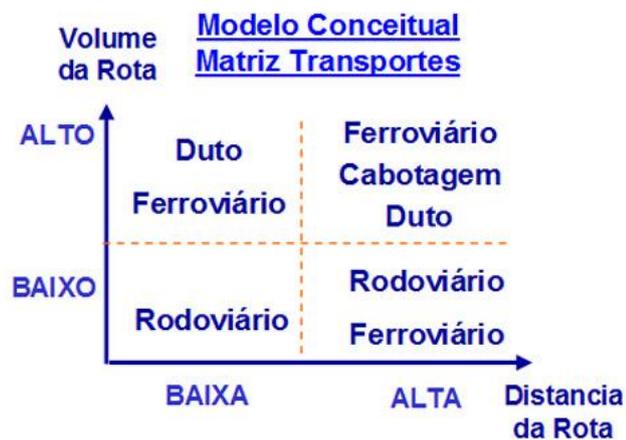


Figura 5 - Modelo Conceitual da Matriz de Transportes de Transferências

Fonte: Figueiredo, 2006.

Os custos de movimentação de combustíveis referem-se à movimentação dos produtos, incluindo os fretes de transferência, entre refinarias, terminais e bases, e variam conforme a localização física das instalações de cada distribuidora (fazendo com que a opção ótima seja aproximar suas bases primárias dos pontos de entrega dos produtos e as secundárias dos principais centros de comercialização). Uma base primária pode ser atendida por várias refinarias ou terminais, os quais podem realizar o abastecimento utilizando vários modos de transporte. O custo anual de transporte para abastecer uma base primária desde cada origem (seja refinaria ou terminal) é função da distância entre o ponto de fornecimento e a respectiva base, do modo de transporte adotado, do custo unitário de transporte em cada modo, da fração de volume movimentada, e da frequência de ocorrência da referida movimentação (ESTEVES e BICALHO, 2008).

Para a determinação da viabilidade econômica de um projeto dutoviário para o transporte de combustíveis, será necessário incluir nas análises o custo de oportunidade de se empregar um modo de transporte alternativo para a movimentação. Ressalta-se a importância para a análise da viabilidade econômica de um projeto o custo do transporte dos combustíveis, sendo o custo por unidade de massa inversamente proporcional ao tamanho da carga transportada (quanto maior a carga transportada menor o custo por unidade de massa).

A competição na movimentação de combustíveis por modo substituto (tal como rodoviário, ferroviário ou, mesmo, a cabotagem) pode vir a inviabilizar um projeto de oleoduto, uma vez que o estabelecimento de uma infraestrutura dutoviária implica investimentos elevados em ativos fixos e específicos, tornando os custos unitários do combustível movimentado por meio de dutovia extremamente sensíveis ao volume movimentado e ao número de usuários. No entanto, apesar das substanciais economias de escala e escopo proporcionadas pela modalidade dutoviária, essa opção de suprimento pode ser beneficiada pela complementariedade de um sistema de transporte intermodal e/ou multimodal<sup>34</sup>. Atendimentos a regiões específicas, por exemplo, podem vir a ser realizados pelo modo de transporte rodoviário.

<sup>34</sup> O transporte intermodal consiste na integração dos serviços de mais de um modo de transporte, com emissão de documentos independentes, onde cada transportador assume responsabilidade por seu transporte. São utilizados para que determinada carga percorra o caminho entre o remetente e seu destinatário, entre diversos modos existentes, com a responsabilidade do embarcador. Já o transporte multimodal corresponde à integração dos serviços de mais de um modo de transporte, utilizados para que determinada carga percorra o caminho entre o remetente e seu destinatário, entre diversos modos existentes, sendo emitido apenas um único conhecimento de transporte pelo único responsável, que é o operador de transporte multimodal (OTM) (BRASIL, 2021).

Preconiza-se que, para efeito de definição final de uma proposta de traçado de oleoduto, sejam realizadas as análises de viabilidade econômica do projeto do duto considerando-se a eventual captura, ou complementariedade, de cargas transportadas por modos concorrentes já existentes, presentes na área de influência do traçado. Tal análise comparativa deverá contemplar não apenas o volume transportado e a distância, mas os custos associados ao transporte, incluindo o frete, para que se avalie a viabilidade econômica e os custos associados a cada opção de modo de transporte.

## 4.2. Identificação da Oferta Potencial

Similarmente ao procedimento apresentado para quantificação e agregação da demanda, a delimitação dos volumes ofertados dos derivados consistirá na utilização dos resultados dos fluxos logísticos do Plandepe, tais como: processamento de refinarias e movimentação de petróleo e derivados (incluindo importação e exportação). Para cada combustível analisado no escopo do Plano Indicativo de Oleodutos, serão identificados os *outputs* referentes à projeção dos volumes disponíveis nas diversas instalações e terminais e em sua agregação por bases, nos diferentes anos do horizonte.

Basicamente, a oferta potencial total se constitui no somatório dos *outputs* das refinarias e na importação (derivados de petróleo), juntamente com a produção e importação de biocombustíveis. As movimentações inter-regionais, assim como as importações, são necessárias para complementar a produção das regiões deficitárias.

A oferta pode ser complementada tanto por importação, originária de terminais aquaviários, como do recebimento de outros estados/regiões (comércio interestadual). Determinante será a definição para a contabilização dos volumes existentes em terminais como pontos de oferta para a rede dutoviária em estudo. Ao final, para cada opção de traçado avaliada, o volume a ser despachado deverá ser igual ao que será retirado.

Deve-se buscar um agrupamento de ofertas similar ao que vier a ser utilizado para a demanda. Entretanto, caso a identificação em regiões imediatas não seja plenamente possível, será avaliada a viabilidade de se empregar a metodologia utilizada nos estudos de apoio ao programa Abastece Brasil (MME, 2019; MME, 2020; EPE, 2020). Para esse método, utilizou-se o conceito de área de atendimento<sup>35</sup> para delimitação da atividade de refino, estando também incorporados os ativos associados (terminais de armazenamento e dutos)<sup>36</sup>. Considerou-se a área de atendimento como parte da cadeia de abastecimento de derivados de petróleo, que compreende o fornecimento de produtos das refinarias e terminais aos polos de distribuição (bases primárias e secundárias). Assim, as análises formuladas não incluíram a etapa até o consumidor final (postos de revenda), ainda que existente na cadeia da maioria dos combustíveis.

## 4.3. Balanço de Demanda e Oferta

O principal objetivo do balanço de combustíveis é avaliar o equilíbrio de mercado e as eventuais restrições de oferta no horizonte de análise. Além disso, caso se identifique algum desequilíbrio entre demanda e oferta de combustíveis, cabe localizar quais seriam as magnitudes das eventuais restrições e as regiões atingidas. Com base na configuração da infraestrutura de oleodutos existentes no País e das alternativas de sua expansão identificadas nos estudos do Plano Indicativo de Oleodutos, serão calculados os balanços de demanda e oferta potenciais de combustíveis.

---

<sup>35</sup> Utilizou-se uma metodologia de agregação de polos de abastecimento em *clusters*, com o propósito de apresentar, de forma simplificada, uma indicação da área geográfica atendida pelas refinarias para o ano de 2019.

<sup>36</sup> Assim como as refinarias, os terminais apresentam áreas de atendimento a partir da oferta de produtos recebidos nos portos e modos de transporte existentes para a movimentação de derivados de petróleo para as bases.

Considerando-se que as alternativas identificadas no Plano devem ser entendidas dentro das condições de oferta e demanda previstas no ciclo correspondente do PDE, quaisquer alterações nos condicionantes no ciclo seguinte podem acarretar mudança no elenco de alternativas identificadas. Nesse sentido, por exemplo, ofertas adicionais não previstas no ciclo 2021-2031 e que se revelem no próximo ciclo podem tornar economicamente viáveis em análises posteriores. Inversamente, reduções nas perspectivas de oferta e/ou de demanda em um novo ciclo podem retirar alternativas do elenco identificado no ciclo anterior.

Será definido quais serão efetivamente os pontos de oferta, assim como a quantidade de cada combustível a ser ofertada em cada região. Refinarias serão, naturalmente, um ponto de entrada na rede. Entretanto, será necessário considerar os terminais aquaviários (que recebem combustíveis por cabotagem ou por importação) e os terminais terrestres.

Em relação à oferta, as distribuidoras preferencialmente retiram combustíveis das refinarias de modo a atender os mercados das regiões localizadas no entorno de cada unidade. Esta operação, entretanto, nem sempre é possível, tendo em vista que nem todas as refinarias produzem combustíveis em volume suficiente para atender à demanda da região onde se localizam, havendo déficits regionais de combustíveis líquidos nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste. As distribuidoras incorrem, ainda, em custos relativos à manutenção de estoques estáticos, em condições para utilização quando necessário, e os custos de oportunidade associados ao valor do estoque imobilizado. Os custos de armazenagem envolvem itens como custo de mão-de-obra (própria/terceirizada) e custos variáveis de carga e de descarga dos produtos nas origens e destinos, e variam conforme o volume movimentado (há economias de escala na atividade de armazenagem) (ESTEVEZ e BICALHO, 2008).

As demandas e ofertas potenciais projetadas são georreferenciadas com o objetivo de identificar eventuais pontos de origem (oferta potencial) e destino (demanda potencial) que permitam definir uma possível opção de ligação a ser avaliada. O georreferenciamento da demanda potencial é detalhado ao nível do município ou da microrregião, de acordo com as condições de sigilo de informações (não permitir identificar informações dos agentes). O georreferenciamento da oferta potencial parte da unidade produtiva, mas é agregado por ponto de entrada na malha devido às condições de sigilo de informações (impedir a identificação dos agentes).

O critério base de avaliação que deverá orientar a proposição de uma alternativa nos estudos do Plano Indicativo de Oleodutos é a existência de demanda potencial em determinada área de influência regional e, em seguida, a identificação da disponibilidade de oferta potencial para o seu atendimento.

A identificação do par ordenado Origem e Destino constitui um dos insumos necessários para as delimitações de alternativas de traçados e posteriores simulações de fluxo dos produtos movimentados no poliduto. Tendo em vista que tanto a produção quanto a demanda evoluem ao passar dos anos, a matriz de origem e destino é um parâmetro temporal, devendo ser definida para cada período de análise, em um determinado cenário. Na formulação dos pares ordenados de oferta e demanda, a agregação dos volumes projetados de oferta de combustíveis deverá ser compatível ao agrupamento escolhido para a estimativa de projeção de demanda dos mesmos.

Opções de ligação origem-destino onde não há identificação de demanda potencial pelos estudos da EPE não se colocam como alternativas. Similarmente, caso não haja identificação de oferta potencial disponível de determinado combustível para o período estudado, a opção de ligação origem-destino não avançará no processo de detalhamento. Nesta etapa, também se avalia o balanço preliminar de demanda e oferta potenciais de combustíveis na malha dutoviária pertinente, a fim de atestar que o atendimento das opções de ligação origem-destino seja consistente com a disponibilidade total de combustível previsto.

Confirmada a disponibilidade de oferta potencial para o atendimento da demanda potencial, define-se uma alternativa para avaliação. Ressalva-se que, em um novo ciclo dos estudos do PIO, havendo modificações na oferta potencial que viabilize o atendimento de uma demanda potencial anteriormente desconsiderada, a opção de ligação origem-destino relacionada poderá ser avaliada como uma alternativa nos estudos.

Confirmada a classificação da alternativa como um poliduto de transporte, testa-se a premissa de atendimento à demanda máxima. A partir de bases de dados para avaliação de investimentos em infraestruturas de oleodutos de transporte, terminais e sistemas associados, espera-se obter a indicação da infraestrutura viável de modo a minimizar a distância entre os pontos de oferta e as demandas. As informações obtidas nessa etapa são basicamente o dimensionamento dos dutos (inclusive suas eventuais estações de bombeamento) a serem construídos ou ampliados. O atendimento de determinada demanda potencial pode ocorrer por meio de mais de uma configuração de infraestrutura, que pode incluir mais de uma solução de engenharia (seja a inclusão de *loops*, de estações de bombeamento ou a criação de um novo poliduto).

Na impossibilidade de agrupar as ofertas de refinarias e terminais em regiões imediatas, deve-se verificar a possibilidade de utilizar o critério de regiões intermediárias. O ideal é que se mantenha o mesmo princípio metodológico para o agrupamento dos volumes, sem que se perca a capacidade de analisar os mapas georreferenciados, em função da redução do detalhamento das subdivisões regionais, e nas ordens de grandeza dos valores.

Após a comparação entre a demanda existente na proposta de percurso do duto, com a oferta existente a partir de um terminal<sup>37</sup>, verifica-se a demanda potencial que poderia ser atendida. Após a construção e análise dos cenários logísticos (dutos + terminais e sistemas associados), segue-se com a identificação e pré-dimensionamento da infraestrutura logística, para cada cenário proposto. Dentro do escopo proposto para a primeira etapa do Plano Indicativo de Oleodutos, finaliza-se com uma análise prévia de viabilidade financeira e dos riscos associados a cada alternativa.

#### 4.3.1. Mercados Potenciais e área de atendimento das Refinarias

A criação de mapas dos mercados potenciais, a partir da localização das ofertas e demandas potenciais e do Balanço Volumétrico permite a identificação de possíveis novas rotas de dutos e o cálculo dos investimentos necessários, incluindo terminais associados. Tal procedimento, apesar de exigir um esforço adicional em um primeiro momento (destinado ao levantamento de dados e geração de planilhas, além de alimentação de ferramenta de georreferenciamento, no caso o ArcGIS Pro), auxiliará na escolha de projetos *greenfield*, uma vez que Regiões Imediatas com maior intensidade de demanda de combustíveis se mostrarão como *clusters* de direcionamento dos traçados dos dutos.

Neste sentido, foram criados mapas que apresentam a origem de oferta dos principais derivados de petróleo (óleo diesel, gasolina e GLP), refinarias selecionadas e as cidades potencialmente atendidas por cada unidade. Para a construção dos mapas foram usados os dados do último ano da projeção do PDE 2031. A presente seção tem como objetivo apresentar a metodologia utilizada para a identificação das áreas potenciais para a instalação de novos dutos ou ampliação de dutos existentes, a partir do cruzamento dos dados de destino dos derivados (pontos de demanda), das origens dos derivados (pontos de oferta) e da infraestrutura logística existente, conforme dados do Ministério de Infraestrutura (MINFRA, 2020).

---

<sup>37</sup> As análises serão realizadas a partir de dados anuais. Dessa forma, não será possível exame dos efeitos de sazonalidade (mensal) e do perfil de oferta dos produtos nos terminais e em refinarias. No entanto, a depender do projeto, poderá ser verificada a possibilidade de os processos a serem utilizados conseguirem incorporar fatores operacionais relevantes para o balanço volumétrico, tais como: razões de bombeamento nas refinarias; tamanho mínimo e máximo de batelada por produtos; limitações para o horário de funcionamento dos terminais, etc.

#### 4.3.1.1. Desenvolvimento

Uma vez que o nível de detalhamento das informações disponíveis varia dependendo da refinaria, a construção dos mapas não seguiu uma metodologia única. No caso das refinarias, objeto de desinvestimento<sup>38</sup> (à venda) pela Petrobras (Reman, RNEST, RLAM, Repar, Refap, Regap, SIX e LUBNOR)<sup>39</sup>, os dados necessários foram obtidos por meio dos *teasers* disponibilizados pela estatal, que apresentavam as zonas de influência<sup>40</sup> das refinarias e seus potenciais mercados. Para as demais refinarias avaliadas (Replan, Revap, Recap, RPBC e Reduc)<sup>41</sup> foram utilizadas informações do Grupo de Fluxos Logísticos (GFL), fornecidas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP)<sup>42</sup> e informações disponíveis no *site* da Petrobras a respeito do mercado atendido por cada refinaria (PETROBRAS, 2021).

Após a definição das regiões com a apresentação dos potenciais mercados das refinarias, passou-se para a análise das demandas obtidas após o tratamento de dados e definições regionais, conforme premissas, conceitos e procedimentos metodológicos descritos anteriormente. Em uma etapa final, os dados foram inseridos em um aplicativo de sistema de informação geográfica, o ArcGIS Pro, para a elaboração dos mapas de interesse, agrupando-se os municípios de destino dos combustíveis em Regiões Imediatas de acordo com a classificação do IBGE<sup>43</sup>. Para facilitar a visualização, foram gerados um mapa para cada refinaria. Optou-se por ressaltar o montante recebido (soma dos derivados) por cada região, atribuindo uma cor de acordo com uma escala gerada automaticamente, onde o verde representa os menores montantes para aquele fornecedor, e vermelho os maiores.

#### 4.3.1.2. Mapas

Os mapas gerados a partir das projeções de demanda distribuídas pela metodologia do SMDP para o PDE são apresentados a seguir. As cores dos mapas refletem a magnitude da demanda nas distintas regiões imediatas, limitada à indicação da atual proprietária quanto ao mercado potencial.

##### a. Refinarias em processo de desinvestimento

Os mercados potenciais para RNEST, RLAM, Repar, Reman, Regap e Refap são apresentados nas Figuras 6 a 11 a seguir, tendo sido elaborados a partir dos estudos de projeção de demanda da EPE (2021), associados às informações da Petrobras (2019a).

---

<sup>38</sup> Por meio do Termo de Compromisso de Cessação de Prática, a Petrobras se comprometeu a alienar integralmente os ativos: Refinaria Abreu e Lima (RNEST), Unidade de Industrialização de Xisto (SIX), Refinaria Landulpho Alves (RLAM), Refinaria Gabriel Passos (REGAP), Refinaria Presidente Getúlio Vargas (REPAR), Refinaria Alberto Pasqualini (REFAP), Refinaria Isaac Sabbá (REMAN); Lubrificantes e Derivados de Petróleo do Nordeste (LUBNOR) e seus respectivos Ativos de Transporte (conjuntamente “Ativos Desinvestidos”) (CADE, 2019).

<sup>39</sup> Dentre as refinarias que estão em desinvestimento, optou-se pela não geração dos mapas das unidades SIX e LUBNOR, por serem de capacidade reduzida e mercado reduzido de combustíveis.

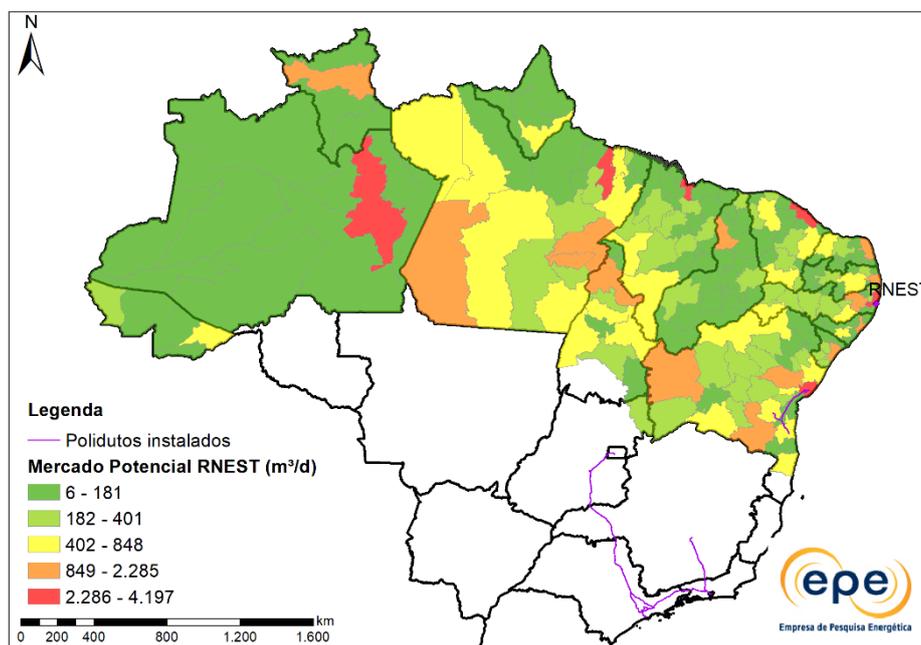
<sup>40</sup> Conforme definição da Petrobras.

<sup>41</sup> Refinaria Planalto de Paulínia (Replan), Refinaria Henrique Lage (Revap), Refinaria de Capuava (Recap), Refinaria Presidente Bernardes (RPBC) e Refinaria Duque de Caxias (Reduc).

<sup>42</sup> O GFL foi criado em 2012 pela ANP com o objetivo de avaliar os fluxos logísticos de produção, transporte e armazenagem de combustíveis no Brasil, mapeando os fluxos, diagnosticando os fatores de risco e formulando ações de mitigação de restrição ou de interrupção no abastecimento.

<sup>43</sup> As regiões geográficas imediatas são agrupamentos de municípios que têm como principal referência a rede urbana e possuem um centro urbano local como base, mediante a análise do IBGE. Para sua elaboração foram levadas em consideração a conexão de cidades próximas através de relações de dependência e deslocamento da população em busca de bens, prestação de serviços e trabalho.

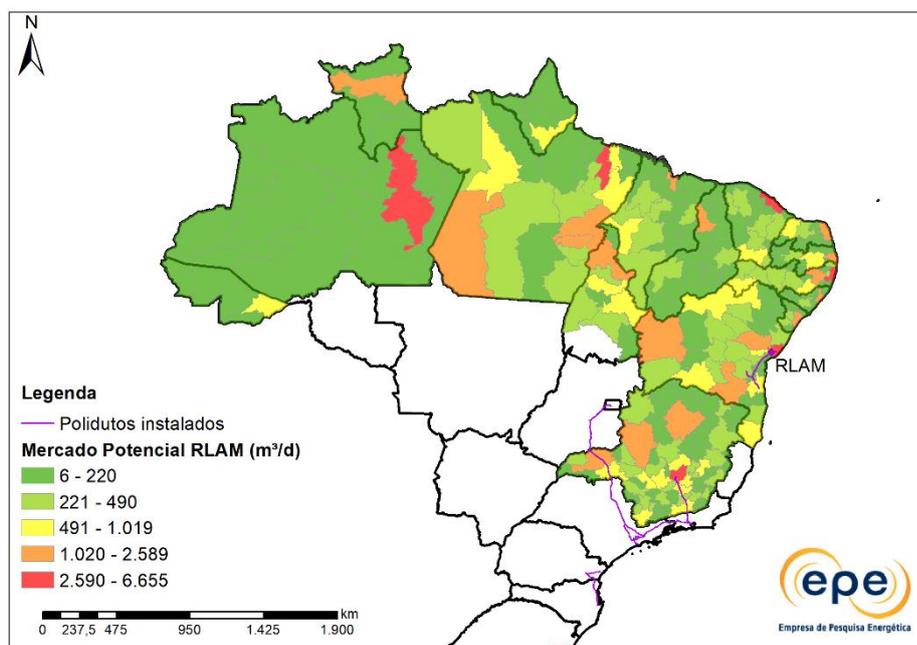
O mercado potencial da RNEST (Figura 6) é caracterizado como a Região Norte (exceção ao estado de Rondônia e sul do estado de Tocantins), a Região Nordeste (exceto o extremo sul do estado da Bahia), bem como uma fração do estado de Goiás. É importante frisar que existiria competição entre refinarias distintas sobre a área delimitada.



**Figura 6 - Mercado Potencial da RNEST**

Fonte: Elaboração própria a partir de EPE (2021) e Petrobras (2019a).

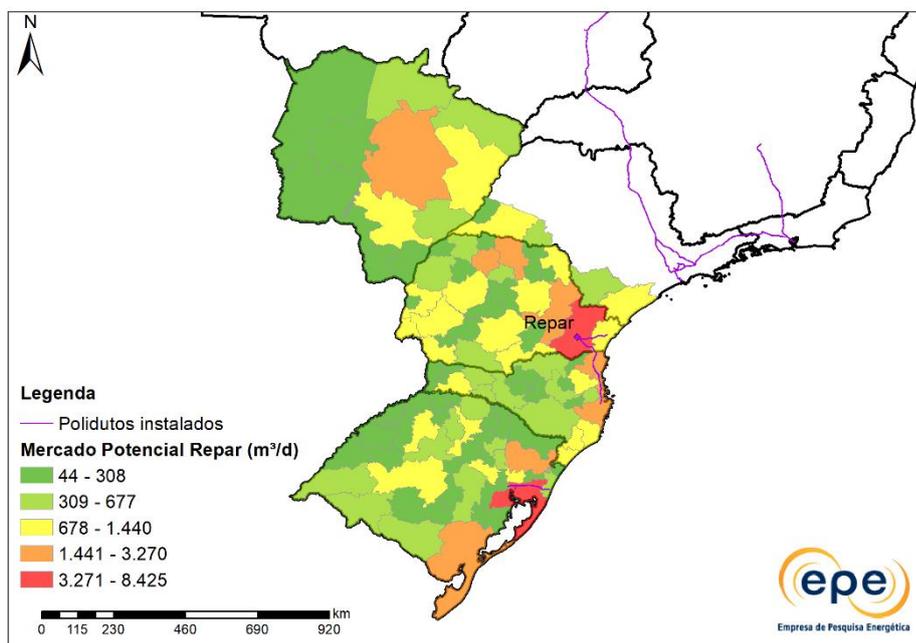
A Figura 7 apresenta o mercado potencial da RLAM, que englobaria a Região Norte (exceção ao estado de Rondônia e sul do estado de Tocantins), a Região Nordeste, bem como o estado de Minas Gerais. Observa-se que a RLAM competiria pelo mercado com outras refinarias.



**Figura 7 - Mercado Potencial da RLAM**

Fonte: Elaboração própria a partir de EPE (2021) e Petrobras (2019b).

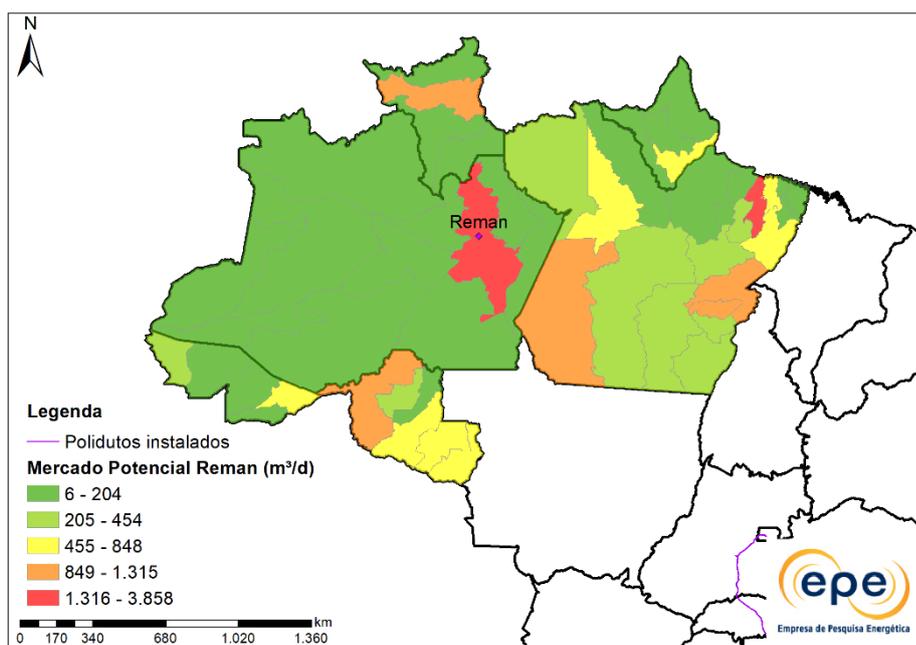
O mercado potencial da Repar é apresentado na Figura 8, caracterizando-se pela Região Sul, o estado de Mato Grosso do Sul, bem como áreas do estado de São Paulo próximas à divisa com o estado do Paraná, havendo competição, principalmente com a Refap por parte deste mercado.



**Figura 8 - Mercado Potencial da Repar**

Fonte: Elaboração própria a partir de EPE (2021) e Petrobras (2019c).

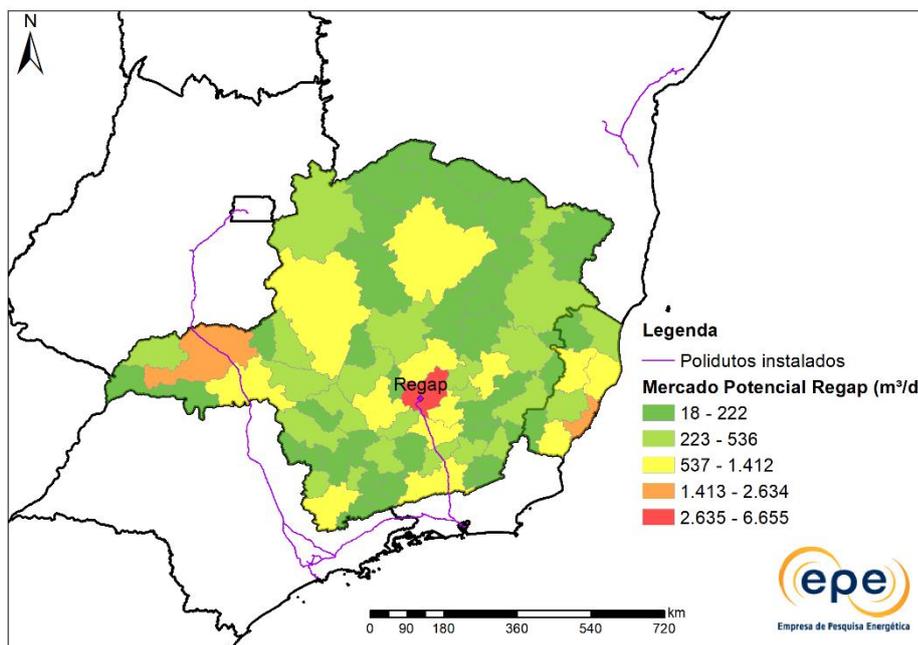
A Reman possui como mercado potencial a Região Norte do Brasil (ilustrado na Figura 9), exceto o estado de Tocantins, tendo que competir com outras refinarias por este mercado.



**Figura 9 – Mercado Potencial da Reman**

Fonte: Elaboração própria a partir de EPE (2021) e Petrobras (2019d).

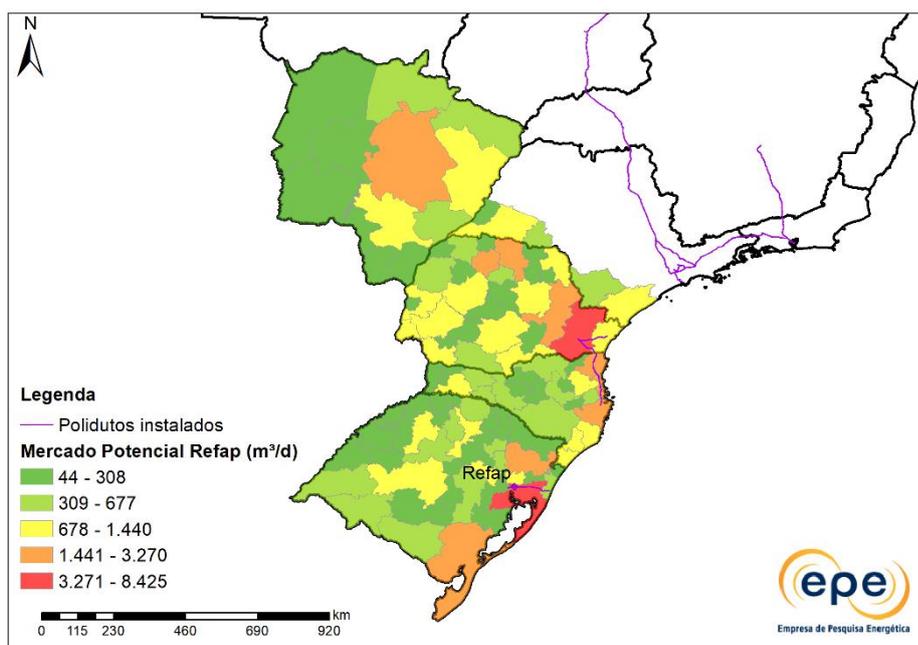
O mercado potencial da Regap (Figura 10) seria restrito aos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, tendo que competir com outras refinarias, como por exemplo a RLAM, por este mercado.



**Figura 10 - Mercado Potencial da Regap**

Fonte: Elaboração própria a partir de EPE (2021) e Petrobras (2019e).

O mercado potencial da Refap é apontado como a Região Sul do País, o estado de Mato Grosso do Sul e regiões de São Paulo próximas ao estado do Paraná, como pode ser observado na Figura 11. Cabe ressaltar que existem outras refinarias disputando parte deste mercado.



**Figura 11 - Mercado Potencial da Refap**

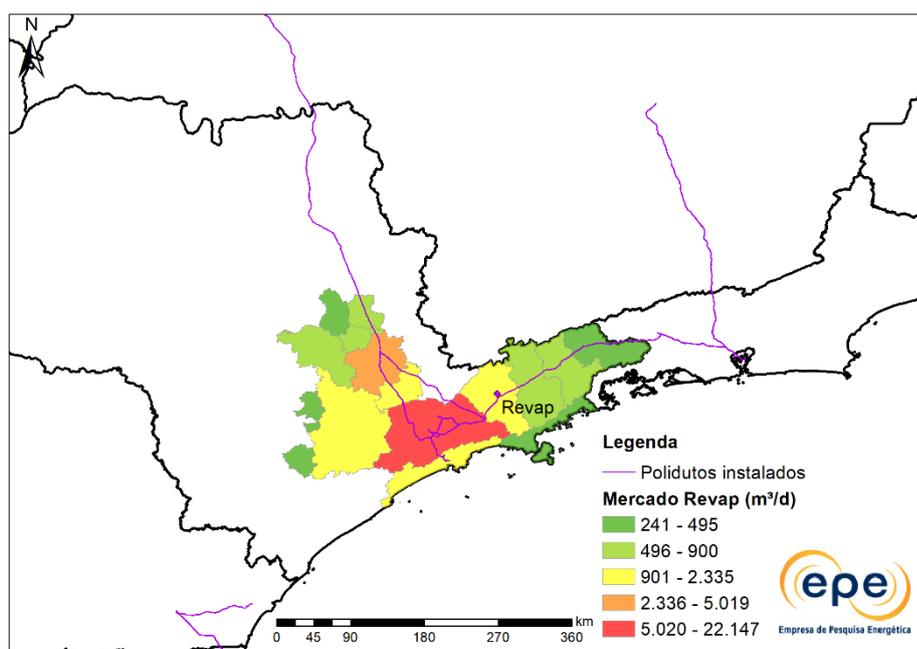
Fonte: Elaboração própria a partir de EPE (2021) e Petrobras (2019f).

### a. Refinarias que serão mantidas como ativos da Petrobras

Os mercados potenciais para Revap e Replan, elaborados a partir dos estudos de projeção de demanda da EPE (2021) e informações do GFL (ANP, 2015), são apresentados a seguir.

O mercado potencial da Revap está ilustrado na Figura 12, caracterizando-se por atender, principalmente a região imediata de São Paulo e o Vale do Paraíba. Já a Replan, cujo mercado potencial encontra-se retratado na Figura 13, é a maior refinaria em território brasileiro e isso se traduz na extensão do seu mercado potencial, caracterizado pelo atendimento ao estado de São Paulo, principalmente em áreas que não são atendidas pelas outras refinarias do sistema Petrobras (como Revap, RPBC e Recap), Sul de Minas Gerais e Triângulo Mineiro, estado de Goiás e Distrito Federal, bem como os estados de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Rondônia e Acre.

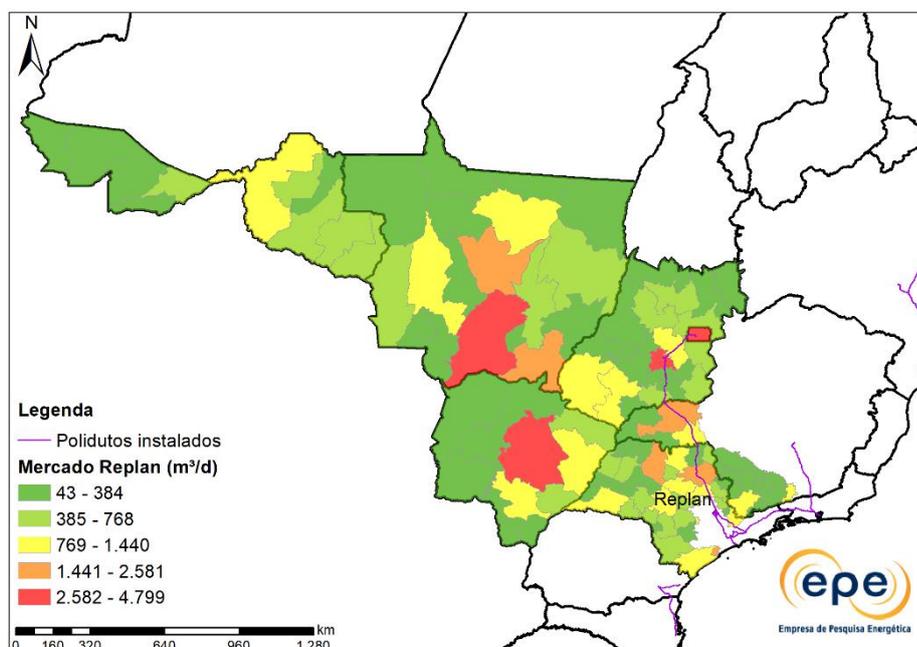
Diante das análises efetuadas, é necessário ressaltar que a metodologia empregada buscou retratar uma “fotografia” da situação no ano de 2030, para fins meramente ilustrativos<sup>44</sup>, não tendo sido realizados testes de mercado ou assemelhados. Considera-se somente o aspecto logístico, a partir da observação das infraestruturas existentes (como terminais e dutos), restringindo-se às movimentações (vendas) realizadas entre refinarias e regiões atendidas. Este informe apresenta nos mapas um levantamento dos municípios atendidos ou potenciais mercados de cada refinaria, representados por regiões imediatas do IBGE.



**Figura 12 - Mercado Potencial da Revap**

Fonte: Elaboração própria a partir de EPE (2021) e ANP (2015).

<sup>44</sup> Não foi objetivo do referido exercício retratar, em momento algum, o conceito de mercado relevante geográfico, “áreas de influência” ou “zona de influência”.



**Figura 13 - Mercado Potencial da Replan**

Fonte: Elaboração própria a partir de EPE (2021), ANP (2015) e MInfra (2020).

#### 4.3.2. Elementos de construtibilidade de dutos associados à definição preliminar de Demanda e Oferta

Frequentemente se projeta e constrói um duto com base no potencial da oferta ou da demanda. Quanto maior o porte do projeto de um duto, menor o custo unitário da energia transportada. Após sua construção, busca-se o desenvolvimento do mercado visando atingir a capacidade nominal do duto no menor curto espaço de tempo possível. Dessarte, o levantamento do volume de demanda potencial conjunta dos combustíveis, a serem movimentados via poliduto durante sua vida útil, deverá observar os pontos de pico<sup>45</sup>. Tal fator será relevante para se determinar qual a capacidade máxima que o duto necessitará apresentar para atender os volumes demandados.

A relevância de um acurado dimensionamento da capacidade de movimentação de um duto, a partir do volume previsto para atendimento da demanda potencial, especialmente em momentos de pico, será relevante a fim de possibilitar economias de escala para o projeto, favorecendo a viabilidade econômica do empreendimento durante sua vida útil. O horizonte de planejamento da logística de transporte de combustíveis pelo modo dutoviário deve ser de pelo menos 25 anos, considerando o tempo de maturação e de execução de um projeto de dutos.

Cada mercado apresenta um perfil característico de demanda, dependendo do número de consumidores atendidos, do tipo de utilização do combustível (transporte, residencial, comercial, industrial, etc.) e do regime contínuo ou intermitente de consumo.

<sup>45</sup> Nesse sentido, será avaliado o período de *ramp-up* do duto, sendo o tempo considerado da implantação da nova alternativa de infraestrutura de transporte até a consolidação da captação da demanda potencial. Esse período caracteriza-se por ter uma demanda inferior à demanda potencial, porém, tal diferença é minimizada no decorrer dos anos.

Para uma determinada quantidade a ser transportada em uma determinada distância, quanto maior for o diâmetro do duto maior será seu custo (investimento e custos operacionais). Por outro lado, quanto maior for o diâmetro do duto menor será o custo da potência (investimento e custos operacionais) para compensar a perda de energia devido aos efeitos de fricção e viscosidade do fluido transportado. A composição desses dois custos apresenta um ponto mínimo que é o diâmetro econômico para a realização desse transporte (BORGES, 2010).

Para uma determinada distância, quanto maior for a quantidade transportada maior será o diâmetro econômico e menor será o custo por unidade transportada, ocorrendo um efeito escala (quanto maior a escala menor será o custo unitário)<sup>46</sup>. Entretanto, como a variação do diâmetro é discreta, em função da disponibilidade de diâmetros comercialmente produzidos, esse efeito escala também é discreto, havendo faixas de vazão para um mesmo diâmetro econômico (BORGES, 2010).

Para uma determinada escala (quantidade a ser transportada), quanto maior a distância maior será o custo por unidade transportada, variando de uma forma diretamente proporcional à distância (maiores custos unitários para maiores distâncias). Para uma escala maior, o custo por unidade transportada será sempre menor que o de uma escala menor, em função do efeito escala mencionado anteriormente. A economia de escala é obtida durante a fase de planejamento do duto, pois as medidas passíveis de serem tomadas para o aumento da capacidade de transporte (após sua construção efetiva) tendem a aumentar os custos em um percentual maior que o aumento de capacidade<sup>47</sup>, implicando no crescimento do custo por unidade transportada.

Como normalmente o custo da tubulação (material e instalação) representa a maior parcela do investimento para a implantação de um sistema de dutos, este deve ser planejado para uma demanda futura de transporte, estimada com base no mercado atual e em taxas de crescimento previstas para a demanda dos produtos transportados. Normalmente, considera-se um determinado período para o crescimento da demanda, após o qual considera-se uma demanda constante. Ressalta-se que as taxas reais de crescimento, função do comportamento da economia, podem ser maiores ou menores do que o planejado, gerando diferenças entre a produção de transporte prevista e a realizada.

A falta de planejamento pode gerar o risco de ter um transporte incapaz de acompanhar o crescimento da demanda com qualidade. Por outro lado, cabe verificar se o consumo de derivados identificado gera escala suficiente para justificar a construção de novos dutos. O correto dimensionamento assegura uma capacidade adequada ao sistema e promove uma logística eficiente, disponibilizando ao consumidor o maior volume de combustível no menor tempo e custos possíveis.

A viabilidade econômica de um projeto dutoviário somente será passível de ser verificada em um segundo momento (após a definição da oferta e demanda, e da proposição de uma alternativa de traçado), com análises de fluxo de caixa e similares. Entretanto, já será possível descartar, em análise preliminar, regiões com demandas pouco significativas.

---

<sup>46</sup> Esse efeito de escala decorre do fato que o aumento do diâmetro causa um aumento de custo da ordem de grandeza da relação de diâmetros e um aumento da quantidade transportada de mais que o quadrado dessa relação (BORGES, 2010).

<sup>47</sup> Normalmente, calcula-se o diâmetro econômico de um duto para uma dada capacidade nominal. Mas, com o diâmetro econômico escolhido, pode-se ter uma operação mais econômica se o duto operar em vazão diferente da capacidade nominal. Um alto fator de utilização (razão da demanda média pela capacidade nominal) será obtido se a demanda está próxima da capacidade nominal.

Gasolina e óleo diesel, naturalmente, serão os derivados com maior demanda entre os produtos a serem movimentados nos dutos e, nesse sentido, os principais motivadores de um novo projeto dutoviário. Caso seja considerado o atendimento a um cliente específico, em função de estratégia de planejamento energético associada à segurança de abastecimento, combustíveis como o QAV, o GLP e o óleo combustível poderão ser priorizados, mesmo que os volumes a serem movimentados sejam inferiores aos produtos claros<sup>48</sup>. O importante a ser garantida é a observância às limitações técnicas (capacidade máxima<sup>49</sup>, operacional<sup>50</sup> e contratada<sup>51</sup>, por exemplo) e legais nas operações dos dutos de transporte propostos.

---

<sup>48</sup> Exemplos de situações: no caso de priorização no abastecimento de aeroportos (QAV); atendimento de mercados específicos, visando o aumento da participação do uso determinada classe de consumo (GLP); favorecimento de logística de exportação e de atendimento a térmicas bicombustível (óleos combustível e diesel) em detrimento ao gás natural. Especialmente para o último exemplo, uma dificuldade para o aproveitamento desta oportunidade é o investimento na logística para o atendimento de um mercado interrompível e/ou imprevisível. É difícil justificar investimentos em novas infraestruturas de abastecimento sem uma previsão adequada do montante e periodicidade da demanda. Por fim, ressalta-se que se tratam de possibilidades, unicamente válidas após as necessárias análises técnicas e econômicas.

<sup>49</sup> Máximo volume mensal de produtos que o Transportador pode movimentar em uma Instalação de Transporte entre Pontos de Recepção e de Entrega, considerando todas as estações de bombeamento e tanques, bem como possíveis expansões e ampliações nesta instalação.

<sup>50</sup> Máximo volume mensal de produtos que o Transportador pode movimentar em uma Instalação de Transporte entre Pontos de Recepção e de Entrega, consideradas as condições operacionais vigentes.

<sup>51</sup> Máximo volume mensal de produtos que o Transportador se obriga a movimentar para o Carregador entre Pontos de Recepção e de Entrega em uma Instalação de Transporte.

## 5. Considerações acerca das alternativas de traçado

---

Inicialmente, a alternativa de traçado de poliduto será definida pela ligação em segmentos de reta (menor distância) dos pontos de origem (oferta potencial) e de destino (demanda potencial). Em seguida, será verificado se a alternativa avaliada pode ser caracterizada como oleoduto de transporte (ou se são casos de oleodutos de transferência ou escoamento). Caso não se adeque ao conceito de oleoduto de transporte, a alternativa será desconsiderada da análise do PIO.

No caso da análise socioambiental, processo que será desenvolvido pela Superintendência de Meio Ambiente (SMA), serão realizados estudos cartográficos e de sensibilidade ambiental para definição do corredor e de um traçado preliminar para a alternativa em estudo (a qual será inicialmente realizada por análises preliminares da Superintendência de Derivados de Petróleo e Biocombustíveis - SDB). O percurso<sup>52</sup> da alternativa de poliduto pode sofrer modificações significativas após a análise socioambiental. Em razão disso, as alternativas em avaliação passam por nova etapa de estudo de viabilidade técnico-econômica e de confirmação da configuração de infraestrutura da alternativa. Caso a alternativa permaneça viável nesta nova configuração, dar-se-á prosseguimento à avaliação.

Após a consolidação das alternativas consideradas viáveis (com traçado preliminar), parte-se para a elaboração de uma avaliação mais detalhada de seus investimentos a partir de estimativa de custos realizada em nível detalhado. Nesta etapa, modela-se o duto a partir de uma base de dados de custo mais robusta, utilizando-se o ferramental de orçamentação desenvolvido, com o propósito de verificar os estudos preliminares de viabilidade técnico-econômica simplificada (EVTE simplificado). Ao fim desse processo, é realizada avaliação consolidada das alternativas de oleodutos que foram consideradas viáveis pelos critérios de análise.

Outros procedimentos a serem adotados na definição das opções de traçados de polidutos podem ser aprimorados a partir da metodologia utilizada para a definição dos traçados de gasodutos de transporte. A utilização de ferramentas de SIG (Sistema de Informação Geográfica) para sobreposição e análise das informações permitiu a identificação das áreas mais favoráveis à implantação dos gasodutos, bem como daquelas áreas de maior complexidade (unidades de conservação, terras indígenas, núcleos urbanos, florestas e outros ecossistemas importantes), tanto sob o ponto de vista socioambiental quanto econômico-constructivo, configurando-se em áreas que devem ser evitadas. Tais áreas condicionam a identificação das alternativas de localização dos traçados preliminares (EPE, 2014).

As alternativas de traçados preliminares, que definem diferentes corredores de passagem, considerarão, inicialmente, uma largura de 20 km. Em função do comprimento do duto, entre outros aspectos, a largura dos corredores propostos pode ser modificada, sendo indicado o motivo para a alteração. Estudos posteriores definirão a melhor localização do traçado do duto dentro deste corredor preferencial. A partir do traçado preliminar são identificados elementos da paisagem com possibilidade de interferir na implantação do duto como, por exemplo, travessias de recursos hídricos, rodovias, linhas de transmissão, dentre outros com intuito de fornecer informações necessárias para a composição de custos de cada alternativa de modo a possibilitar a comparação entre elas.

---

<sup>52</sup> Após a análise ambiental, a partir do percurso, serão definidos o corredor e, posteriormente, o traçado do oleoduto.

## 5.1. Metodologia de seleção de alternativas de rotas e definição de traçados de dutos

A presente seção tem por objetivo abordar os critérios e procedimentos técnicos aplicáveis para seleção das alternativas de traçados a serem contempladas nos estudos preliminares do Plano Indicativo de Oleodutos. A etapa de definição do traçado do poliduto é a base para se iniciar os estudos subsequentes do empreendimento. A partir do traçado definido e do comprimento total, é feita a estimativa das quantidades de dutos a serem comprados, assim como o levantamento das áreas que serão objeto de aquisição/desapropriação, a definição do escopo dos serviços de construção e montagem e a estimativa do custo do projeto.

O *software* a ser empregado para mapeamento das demandas e ofertas será o ArcGIS Pro. Em etapa posterior da análise (quando da definição de parâmetros construtivos e de orçamentação do projeto), será utilizado, de maneira complementar, o Google Earth Pro em razão da necessidade de maior detalhamento e refinamento do traçado<sup>53</sup>.

### 5.1.1. Condicionantes para seleção de Rota

A seleção da rota é um processo de identificação de restrições, evitando áreas indesejáveis e mantendo a viabilidade econômica do duto. Desviar o duto de obstáculos pode ser muito custoso. A rota ideal é uma linha reta da origem até o destino, contudo, restrições ambientais, de projeto e de construção geralmente alteram o trajeto mais curto.

Nos trechos de novos dutos, a definição dos traçados preliminares buscará atender, especialmente, a premissa de evitar a interferência direta em unidades de conservação de Proteção Integral ou em terras indígenas. Ademais, outros critérios poderão ser utilizados, na definição de alternativas de traçados preliminares, para minimizar os impactos socioambientais da construção e operação dos dutos, tais como: i) a preferência pelo acompanhamento de estradas existentes visando facilitar o acesso e diminuir a necessidade de abertura de novas estradas que possam acarretar aumento da fragmentação de ecossistemas e a intensificação de vetores de desmatamento; e ii) preferência por áreas com relevo de menor gradiente e áreas com menor suscetibilidade à erosão e movimentos de massa. A rota do duto deverá passar o mais próximo possível dos centros de consumo identificados e de grandes consumidores.

Para os dutos onde seja identificada a necessidade de duplicação, com intuito de minimizar os impactos ao meio ambiente, tais como supressão de vegetação e fragmentação de *habitats*, será considerada a viabilidade de compartilhamento da servidão de dutos existentes. Para tanto, avalia-se o traçado dos dutos utilizando imagens de satélite e base cartográfica disponíveis. Nos trechos dos dutos onde a duplicação não pode seguir o traçado existente, a definição deste novo trecho seguirá a metodologia utilizada na definição de novos dutos.

Abaixo, são enumerados os princípios balizadores para definição de faixas de dutos, fundamentados nos preceitos enumerados por Vasconcelos (2009):

#### **i. Evitar sempre que possível a necessidade de supressão de matas nativas**

As matas nativas devem ser preservadas, só as atingindo em situações em que seja impraticável um desvio, ou que um desvio venha a inviabilizar, técnica ou economicamente, um duto e, mesmo neste caso, deve-se procurar atingir a menor extensão e em local de menor densidade de árvores.

---

<sup>53</sup> Será observado, quando da realização das avaliações de propostas de traçados, a existência de base de informações georreferenciadas já utilizadas em outros projetos de infraestrutura pela EPE, bem como o seu grau de atualização. Outrossim, as bases deverão conter não apenas a indicação das instalações existentes e operacionais, mas também de projetos indicativos (que possua relativo grau de certeza de sua efetiva construção e operacionalização dentro do horizonte de análise do projeto dutoviário).

## **ii. Entre mata nativa e reflorestamento, optar pela área reflorestada**

Por reflorestamento, deve-se entender uma área de floresta plantada com objetivo de permanência. Ou seja, não será removida ou cortada para quaisquer fins, quer seja comercial ou de pesquisa. Os critérios de menor extensão e densidade devem também ser observados.

## **iii. Entre reflorestamento e silvicultura, preferir sempre silvicultura**

As áreas de silviculturas são áreas de florestas verdes com árvores destinadas à aplicação comercial. Exemplo clássico é o caso de florestas de eucaliptos. Os critérios de menor extensão e densidade devem ser observados.

## **iv. Entre silvicultura e áreas de pastagem ou agricultura, preferir estas últimas**

As áreas de pastagens e agricultura devem ser usadas por já estarem sujeitas a ações antrópicas intensas.

## **v. Minimizar a movimentação de terra na fase de construção**

As áreas de relevo muito movimentado devem ser minimizadas. Caso atingidas, deve-se reduzir a movimentação de terra, evitando-se, ao máximo, cortes e aterros. Ou seja, o duto deve ser posicionado preferencialmente em situação perpendicular às curvas de nível.

## **vi. Diretriz com o menor comprimento possível**

O duto tem um custo diretamente proporcional ao seu comprimento e à região da instalação. Logo, o menor comprimento possível deve ser perseguido, analisadas as condições do terreno. As condições anteriormente descritas devem ser atendidas, e os desvios necessários devem ser feitos para que não ocorra uma inviabilidade técnica ou ambiental.

## **vii. Minimizar a quantidade de interferências**

O caminhamento deve se desenvolver de forma a evitar interferências e obras especiais. Esses casos têm um custo de construção muito elevados e pode ser melhor aumentar o comprimento do duto e evitar atingir duas interferências ou a mesma interferência mais de uma vez. Exemplos: fazer duas travessias em um rio em local que este se desenvolve em curva – a mesma análise se aplica a uma estrada.

## **viii. Proximidade de estradas vicinais**

A existência de estradas é fator importante para facilidade de construção, montagem e manutenção de um duto. Porém, deve-se ter em mente que uma estrada é um facilitador também do vetor de crescimento urbano e onde podem ser construídas edificações de uso coletivo, como igrejas ou clubes, que levam a uma condição de projeto mais rigorosa com o aumento da classe de locação e, conseqüentemente, maior custo de construção. Deve-se considerar, também, que as estradas, normalmente, têm critérios técnicos de definição de caminhamentos distintos de dutos e seguir diretamente ao lado delas normalmente aumentaria o comprimento e o custo de implantação do projeto dutoviário. A melhor solução de conciliação desses interesses é manter o duto com um afastamento razoável da estrada porque, dessa forma, as ocupações futuras, laterais à estrada não afetarão o duto ao longo da sua vida útil e não haverá prejuízo para a utilização da estrada como elemento facilitador da logística de construção e manutenção.

## **ix. Situar preferencialmente a lateral da faixa junto às divisas de propriedades**

A fim de provocar o menor impacto social possível, o duto deve ser locado nas divisas de propriedades de forma a não inviabilizar o uso da terra pelo proprietário e também para minimizar a quantidade de propriedades atingidas, facilitando a negociação das terras.

## **x. Evitar áreas de domínio público**

As áreas que têm uso público, porém com fins distintos, como ferrovias, faixas de estradas etc., devem ser evitadas porque seu uso, normalmente, está associado ao pagamento de uma taxa de contribuição que costuma ser mais onerosa a curto e longo prazos do que a utilização de áreas particulares.

#### **xi. Evitarocar a faixa em locais de brejos, afloramentos, terrenos de baixa suportaçãoo, encostas e terrenos suscetíveis a deslizamentos**

Esses tipos de solo levam a uma necessidade maior do ponto de vista de proteções de faixa e do próprio duto, onerando o valor total da obra.

#### **xii. Cruzamentos em locais planos, sem afloramento, longe de habitaçõoes, ortogonais com o eixo da interferência**

Os cruzamentos do duto com interferências pré-existentes, como estradas asfaltadas e ferrovias, são obras especiais, feitas por máquinas especiais e com um custo mais elevado que o custo de implantação normal. Assim, essas obras especiais devem ser feitas no menor comprimento possível, ou seja, ortogonais ao eixo da interferência. A instalação em locais planos também facilita bastante a construção e montagem.

#### **xiii. Travessias com cavalotes mais curtos e ortogonais aos leitos dos rios, em áreas sem erosão ou exploraçãoo mineral**

As travessias de rios são itens que mais requerem cuidado em uma construção de dutos. O custo construtivo é o de maior valor unitário de uma obra de dutos. Por essas razões, é mais conveniente fazer primeiro a seleção desses locais de travessias e, somente após essas escolhas, realizar as adaptações e desvios necessários ao traçado do duto, de maneira a conformá-lo com a situação da travessia. Áreas de erosão visíveis ou de exploraçãoo mineral devem ser evitadas por serem pontos de risco à estabilidade do duto.

#### **xiv. Evitar locais com aglomerações de edificações**

Os critérios de projeto de um duto requerem aumento de espessura, aproximação e válvulas e outras medidas de segurança adicionais, sempre que este se aproxima de regiões com moradias ou áreas industriais, onde haja grande concentraçãoo de pessoas. Esses princípios também se aplicam às praças, igrejas e aos campos de futebol. Esses tipos de locais devem ser evitados e, sempre que possível, é prudente localocar o duto a uma distância de pelo menos 500 metros, desde que não ocorra um aumento substancial de comprimento. Dessa forma, será preservada a segurança das instalações e das pessoas, a análise de risco será minimizada, e as instalações de segurança serão as convencionais, resultando em um custo de construção e montagem mais adequado. Além das situações existentes, devem ser pesquisados dados históricos visando conhecer o movimento do vetor de crescimento urbano na situação real, além da previsãoo legal estabelecida nos planos diretores dos municípios.

#### **xv. Considerar o comprimento desenvolvido**

As variações de relevo levam a um acréscimo de comprimento no duto, comparado às medidas feitas no plano horizontal. O comprimento corrigido, com as variações de relevo, ou seja, o comprimento medido em três dimensões é sempre maior que o medido na projeção horizontal. Quando for necessário algum desvio ou mudança de traçado, deve-se levar em conta o comprimento desenvolvido, e não somente o comprimento progressivo (na projeção horizontal). Dependendo do tipo de relevo, essa variaçãoo pode chegar a mais de 10%, o que pode levar a uma decisãoo de caminhamento inadequada se esse fator for desconsiderado.

#### **xvi. Reservas minerais, ambientais, indígenas e locais de captaçãoo de águas**

Essas regiões são protegidas por leis específicas. O caminhamento do duto deve evitar esse tipo de interferência devido à dificuldade de liberaçãoo legal e ambiental.

#### **xvii. Paralelismos com linhas de transmissãoo**

As linhas de transmissãoo provocam uma corrente induzida no duto normalmente metálico. No ponto em que essa corrente deixa o duto, ocorre uma corrosãoo do material e uma falha no sistema. Para minimizar o problema, os paralelismos devem ser evitados, cruzando-se as linhas de transmissãoo da forma mais ortogonal possível e mantendo-se um afastamento que será calculado no projeto em funçãoo da tensãoo, tipo de solo, tipo de revestimento do duto etc. Do ponto de vista prático, um afastamento de 500 metros resolve mais de 90% dos problemas.

### 5.1.2. Ordenamento do processo de definição da rota

A partir das imagens de satélite disponíveis no *software Google Earth Pro* e de bases cartográficas disponibilizadas pelos órgãos oficiais, foi conduzido o seguinte roteiro:

- a. Identificar áreas a evitar e áreas que são vantajosas entre os pontos A (origem) e B (destino);
- b. Desenhar uma linha entre os pontos A e B considerando as restrições levantadas anteriormente;
- c. Desenhar rotas alternativas;
- d. Fazer um esboço da rota preliminar;
- e. Estabelecer o comprimento da rota preliminar;
- f. Avaliar as várias considerações/restrições de cada rota alternativa;
- g. Procurar por oportunidades de combinar as melhores partes das diversas alternativas de rota;
- h. Redesenhar/refinar a rota;
- i. Reavaliar cada rota e escolher a solução ótima do ponto de vista de custo (estimado).

Para a composição do traçado do duto, a ferramenta desenvolvida opera com interligação de trechos, que variam entre 20 km e 200 km. Como critério de otimização do processo de composição do traçado final do poliduto, a EPE utilizou-se da premissa simplificadora de estabelecer uma margem de erro de 5 km nas delimitações de extensões do duto, quando georreferenciadas nos mapas topográficos<sup>54</sup>.

### 5.1.3. Base de dados para procedimentos de georreferenciamento

Para delimitação dos corredores, definição das diretrizes de referência e elaboração das figuras utilizam-se as informações das seguintes bases de dados:

- Aeródromos Privados e Públicos – Agência Nacional de Aviação Civil (Anac);
- Áreas Prioritárias para a Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira – Ministério do Meio Ambiente (MMA);
- Áreas urbanas – Empresa Brasileira de Agropecuária (Embrapa);
- Banco de dados do Sistema de Gerenciamento do Patrimônio Arqueológico – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (Iphan);
- Base Cartográfica Integrada do Brasil ao Milionésimo Digital, incluindo hidrografia divisão territorial e sistema viário – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE);
- Cavidades Naturais Subterrâneas – Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (Cecav);
- Comunidades Quilombolas certificadas por município – Fundação Cultural Palmares (FCP);
- Declividade em Percentual do Relevo Brasileiro – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM);
- Estradas, rios e corpos d'água – *Open Street Map*;

---

<sup>54</sup> Diante desta simplificação, dutos que são modulados para os cálculos de viabilidade econômica podem ter sua extensão global reduzida em até 5 km (por exemplo, um duto de 153 km de extensão pode ser calculado como 150 km).

• Hispometria - *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer* – Aster – United States Geological Survey (USGS);

• Imagens de satélite – Google Earth Pro;

• Processos Minerários – Agência Nacional de Mineração (ANM);

• Projetos de Assentamento – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra);

• Projetos Elétricos Planejados e Existentes – Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel);

• Reserva Particular do Patrimônio Natural – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMbio);

• Sítios arqueológicos (Iphan);

• Terras Indígenas – Fundação Nacional do Índio (Funai);

• Territórios Quilombolas (Incra);

• Traçado georreferenciado de linhas de transmissão e subestações existentes e planejadas (EPE).

• Unidades de Conservação Federais e Estaduais (MMA; Eletrobras).

## 6. Limitações metodológicas e aprimoramentos oportunos

---

As principais limitações presentes na metodologia adotada para o ciclo do Plano Indicativo de Oleodutos 2021/2022, são:

- A dificuldade de análise em função da multiplicidade de combustíveis sendo abordados conjuntamente, cada um com suas características físico-químicas, logísticas e econômicas intrínsecas;
- O estudo não contempla, em uma etapa inicial, interligações dutoviárias. Haveria necessidade de *software* específico para simulações fluido-hidráulica das vazões na malha de dutos;
- O presente ciclo não contemplou a análise de polidutos para biocombustíveis e outros derivados de petróleo, como o óleo combustível e a nafta petroquímica. Os próximos estudos buscarão incorporar não somente a análise do balanço volumétrico desses combustíveis, como também suas características físico-químicas e econômicas/comerciais, na indicação de alternativas de traçados de polidutos e terminais associados;
- Considerou-se que a demanda de combustíveis se encontra distribuída de modo homogêneo em todo município, podendo interferir nas demandas alocadas por Região Imediata.
- Não foram consideradas, na elaboração deste Plano (ciclo 2021/2022), as perdas de volume dos combustíveis líquidos com a interface, devido à miscibilidade entre as frações transportadas. Em termos operacionais, no próximo ciclo, avaliar-se-á a possibilidade de introduzi-las como melhoria das ferramentas existentes.

Tendo em vista que as alternativas identificadas no Plano devem ser entendidas dentro das condições de oferta e demanda previstas no ciclo correspondente do PDE, quaisquer alterações nos condicionantes no ciclo seguinte podem acarretar em mudança no elenco de alternativas de traçado identificadas. Assim, por exemplo, ofertas adicionais de derivados não previstas no ciclo 2021-2031 e que se revelem no próximo ciclo podem tornar elegível uma alternativa que não tenha sido recomendada no presente ciclo. Inversamente, reduções nas perspectivas de oferta e/ou de demanda em um novo ciclo podem retirar alternativas do elenco identificado no ciclo anterior. O essencial para a ratificação da alternativa é que a mesma possa ser fundamentada nos estudos do ciclo em questão.

De maneira similar, os estudos de alternativas de traçados, publicados em uma primeira versão do PIO (ciclo 2021/2022) estarão condicionados à revisão em função dos estudos socioambientais associados ao traçado do poliduto, instalações complementares e terminais associados. Em caso de alguma impossibilidade, ou avaliação que conteste o percurso originalmente proposto, adequações à trajetória poderão ser efetuadas em uma etapa de validação do percurso final.

Entre os possíveis aprimoramentos e análises, a serem desenvolvidos em ciclos vindouros, de maneira a complementar o estudo até então concebido, estão:

- Incorporação de cenários para análises de sensibilidade na avaliação da demanda potencial e da oferta potencial;
- Determinação de volumes e tarifas que maximizam o faturamento do empreendimento, assegurando a competitividade do duto frente aos modos de transporte concorrentes;
- Avaliação de que maneira a escolha do mercado a ser atendido (mercado interno ou externo/exportação) poderia viabilizar (ou inviabilizar) o projeto de duto;
- Avaliação de como incorporar a capacidade de armazenamento de refinarias, terminais e distribuidoras de maneira integrada para atendimento da logística de abastecimento abordada no Plano Indicativo de Oleodutos<sup>55</sup>.

---

<sup>55</sup> Ocasionalmente, a tancagem de uma refinaria armazena não somente os materiais intermediários e acabados daquela planta, mas também é utilizada para armazenar produtos importados ou produzidos em outras refinarias. Além disso, as decisões de níveis de estoque a serem mantidos por fornecedores e distribuidores passam pelos custos e disponibilidade de espaço nas instalações de terminais, refinarias e bases de distribuição. A consideração também é válida para as capacidades de armazenamento de produtores de biocombustíveis.

## 7. Considerações finais

---

O Plano Indicativo de Oleodutos compreende a estruturação de metodologia voltada à realização de estudos de viabilidade técnica e econômica, os quais serão utilizados para a seleção de opções envolvidas em projetos de oleodutos de transporte e sistemas associados, estruturados de acordo com as práticas atualmente empregadas na indústria petrolífera. Em última instância, o Plano permitirá um melhor assessoramento da EPE, junto ao MME, no planejamento das condições de infraestrutura necessárias para o setor energético nacional.

A EPE vem aprimorando seu conhecimento técnico e desenvolvendo ferramentas com vistas a viabilizar a elaboração do Plano Indicativo de Oleodutos, havendo perspectivas da Diretoria de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis (DPG) de que tal Plano constitua em um processo sistemático e periódico de suporte ao planejamento da expansão do transporte dutoviário nacional e do planejamento energético brasileiro. O referido Plano deverá considerar o comportamento esperado da demanda por combustíveis, as previsões de produção e de oferta desses energéticos e as condições da infraestrutura existente para o atendimento da demanda futura.

Os direcionamentos, enumerados no presente documento, visam auxiliar na estruturação do cálculo do balanço volumétrico entre as trajetórias de oferta e a demanda potenciais de combustíveis líquidos no Brasil e possibilitam a geração de mapas, com vistas a fornecer suporte aos estudos sistemáticos e periódicos que compõem o Plano Indicativo de Oleodutos. A partir do desenvolvimento da metodologia, será possível identificar as áreas candidatas à instalação de novos dutos ou a expansão de dutos existentes, a partir do cruzamento dos dados de destino dos derivados (pontos de demanda), das origens dos derivados (pontos de oferta) e da infraestrutura logística existente.

Uma visão estratégica para os setores de infraestrutura é determinante para a garantia de continuidade do crescimento econômico nacional. A redução da assimetria de informação sobre potenciais de demanda e de oferta, conjuntamente com as avaliações de condicionantes socioambientais e propostas de traçados, contribuirão para a elaboração do Plano Indicativo de Oleodutos, o qual auxiliará na promoção de investimentos em polidutos de transporte de derivados de petróleo e biocombustíveis no Brasil.

## Referências Bibliográficas

---

ANAC. AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL, (2021). *Cadastro de Aeródromos públicos e provados*. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/setor-regulado/aerodromos/cadastro-de-aerodromos>>. Acesso em: 23 nov. 2021.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, (2021). *Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico – SIGEL*. Disponível em: <<https://sigel.aneel.gov.br/Down/>>. Acesso em: 23 nov. 2021.

ANM. AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO, (2021). *Processos Minerários (arquivos vetoriais)*. Disponível em: <<http://www.anm.gov.br/assuntos/ao-minerador/sigmine>>. Acesso em: 23 nov. 2021.

ANP. AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, (2011). *Regulamento Técnico de Dutos Terrestres – RTDT*. ANP. Disponível em: <[https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/seguranca-operacional-e-meio-ambiente/arq/res\\_anp\\_6\\_2011\\_anexoi.pdf](https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/seguranca-operacional-e-meio-ambiente/arq/res_anp_6_2011_anexoi.pdf)>. Acesso em: 23 nov. 2021.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. (2015). Grupo de Avaliação dos Fluxos Logísticos de Produção, Transporte e Armazenagem de Combustíveis – GFL. *Fluxos logísticos de produção, transporte e armazenagem de gasolina a e de óleo diesel a no Brasil (ANP, 2015)*. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/livros-e-revistas/arquivos/fluxos-logisticos-producao-transporte-armazenamento.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2021.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. (2021). *Normas e Legislação Aplicável para Oleodutos*. ANP. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/armazenamento-e-movimentacao-de-produtos-liquidos/oleodutos-de-transporte-e-transferencia/oleodutos-de-transporte-e-transferencia/normas-e-legislacao-aplicavel-para-oleodutos>>. Acesso em: 23 nov. 2021.

BORGES, P. R., (2010). *Planejamento de Gasodutos*. Roncada Consultoria. Documento interno, 21/05/2010.

BRASIL, D., (2021). *Transporte Intermodal ou Multimodal? Saiba quando escolher cada um*. Gestão de Transporte, Transportadora. Hivecloud. Disponível em: <<https://www.hivecloud.com.br/post/transporte-intermodal-e-multimodal>>. Acesso em: 13. Dez. 2021.

CADE. CONSELHO ADMINISTRATIVO DE DEFESA ECONÔMICA, (2019). *Termo de Compromisso de Cessaçã de Prática*. Disponível em: <[https://sei.cade.gov.br/sei/modulos/pesquisa/md\\_pesq\\_documento\\_consulta\\_externa.php?DZ2uWeaYicbuRZEFhBt-n3BfPLlu9u7akQA8mpB9yOfbx5eD8vU7hfNPDc1HQ8Mo2wUUI\\_pMBwmHa9QywbQVDVJnIUcKbu0aQsg2fy2ggM6fjABY7XMTQWI3Q5i7QbJ](https://sei.cade.gov.br/sei/modulos/pesquisa/md_pesq_documento_consulta_externa.php?DZ2uWeaYicbuRZEFhBt-n3BfPLlu9u7akQA8mpB9yOfbx5eD8vU7hfNPDc1HQ8Mo2wUUI_pMBwmHa9QywbQVDVJnIUcKbu0aQsg2fy2ggM6fjABY7XMTQWI3Q5i7QbJ)>. Acesso em: 23 nov. 2021.

CECAV. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS, (2021). *Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE)*. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/cecav/canie.html>>. Acesso em: 23 nov. 2021.

ELETROBRAS. CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS, (2011). *Mapoteca de Unidades de Conservação. [DE/EG/EGA]*. Rio de Janeiro: versão: fevereiro de 2011.

EMBRAPA. EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, (2017). *Identificação, mapeamento e quantificação das áreas urbanas do Brasil*. Campinas, Comunicado Técnico 4, maio de 2017. 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: 23 nov. 2021.

EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, (2014). *Plano Decenal de Expansão da Malha de Transporte Dutoviário – PEMAT 2022*. EPE. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-166/Relat%C3%B3rio%20final%20PEMAT.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2021.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. (2016). *Estudos do Plano Decenal de Expansão da Malha de Transporte Dutoviário – PEMAT 2024*. EPE/MME, maio de 2016.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. (2020). *Mercado e áreas de influência das refinarias e dos terminais – Balanço oferta e demanda*. Nota de Esclarecimento, SDB/Abastecimento.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. (2021). *Sistema de Informações Geográficas do Setor Energético Brasileiro - WebMap EPE*. Disponível em: <<https://gisepeprd.epe.gov.br/webmapepe/>>. Acesso em: 23 nov. 2021.

ESRI (2021a). *Service area analysis layer*. Network Analyst solvers. Disponível em: <<https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/analysis/networks/service-area-analysis-layer.htm>>. Acesso em: 13 dez. 2021.

ESRI (2021b). *Generate Service Areas (Ready To Use)*. Network Analysis toolset. Disponível em: <<https://pro.arcgis.com/en/pro-app/2.7/tool-reference/ready-to-use/itemdesc-generate-service-areas.htm>>. Acesso em: 13 dez. 2021.

ESTEVES, H.; BICALHO, L., (2008). *Aspectos técnico-econômicos da logística de distribuição de combustíveis no Brasil*. IPB1726\_08. Rio Oil & Gas 2008.

FCP. FUNDAÇÃO CULTURAL PALMARES, (2021). *Comunidades Remanescentes de Quilombos*. Disponível em: <[http://www.palmares.gov.br/?page\\_id=37551](http://www.palmares.gov.br/?page_id=37551)>. Acesso em: 23 nov. 2021.

FIGUEIREDO, R. (2006). *Gargalos logísticos na distribuição de combustíveis brasileira*. Ilos. Disponível em: <<https://www.ilos.com.br/web/gargalos-logisticos-na-distribuicao-de-combustiveis-brasileira>>. Acesso em: 23 nov. 2021.

FUNAI. FUNDAÇÃO NACIONAL DO ÍNDIO, (2021). *Delimitação das Terras Indígenas do Brasil*. Disponível em: <<http://www.funai.gov.br/index.php/shape>>. Acesso em: 23 nov. 2021.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, (2017). *Divisão regional do Brasil em regiões geográficas imediatas e regiões geográficas intermediárias*. IBGE, Coordenação de Geografia. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv100600.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2021.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. (2020). *Regiões de influência das cidades: 2018*. IBGE, Coordenação de Geografia. - Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101728>>. Acesso em: 23 nov. 2021.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. (2021). *Base Cartográfica Integrada ao Milionésimo*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 23 nov. 2021.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. (2016). *Base dos Municípios Brasileiros*. Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/organizacao\\_do\\_territorio/malhas\\_territoriais/malhas\\_municipais/municipio\\_2016/Brasil/BR/](ftp://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2016/Brasil/BR/)>. Acesso em: 23 nov. 2021.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. (2021). *Shapefile das Regiões Geográficas Imediatas*. Disponível em: <[https://geoftp.ibge.gov.br/organizacao\\_do\\_territorio/divisao\\_regional/divisao\\_regional\\_do\\_brasil/divisao\\_regional\\_do\\_brasil\\_em\\_regioes\\_geograficas\\_2017/shp/RG2017\\_rgi\\_20180911.zip](https://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/divisao_regional/divisao_regional_do_brasil/divisao_regional_do_brasil_em_regioes_geograficas_2017/shp/RG2017_rgi_20180911.zip)>. Acesso em: 23 nov. 2021.

ICMBIO. INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE, (2021). *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 em: 23 nov. 2021.

INCR. INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA, (2021a). *Projetos de Assentamento*. Disponível em: <<http://acervofundiario.incr.gov.br/geodownload/geodados.php>>. Acesso em: 23 nov. 2021.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. (2021b). *Terras Quilombolas*. Disponível em: <<http://acervofundiario.incr.gov.br/geodownload/geodados.php>>. Acesso em: 23 nov. 2021.

IPHAN. INSTITUTO NACIONAL DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL, (2021). *Sistema de Gerenciamento do Patrimônio Arqueológico*. Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/1699/>>. Acesso em: 23 nov. 2021.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, (2018). *Sítios Arqueológicos Georreferenciados*. Disponível em: <[http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/shapefile\\_cnsa\\_2018.zip](http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/shapefile_cnsa_2018.zip)>. Acesso em: 23 nov. 2021.

MINFRA. MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA, (2020). *Corredores Logísticos Estratégicos. Volume VI – Petróleo e Combustíveis*. Disponível em: <<https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/imagens/2020/09/RelatorioCorredoresLogisticosEstratgicosPetroleoCombustveis.pdf>>. Acesso em: 28 maio 2021.

MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, (2021a). *Áreas Prioritárias para a Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira – Probio*. Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>>. Acesso em: 23 nov. 2021.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_, (2021b). *Unidades de Conservação Federais e Estaduais*. Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>>. Acesso em: 23 nov. 2021.

MME. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, (2019). *Subcomitê Novo Cenário Downstream*. MME. Disponível em: <<http://antigo.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/acoes-e-programas/programas/abastece-brasil/subcomites>>. Acesso em: 23 nov. 2021.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_, (2020). *Relatório do Subcomitê Novo Cenário Downstream - Tema: Infraestrutura para movimentação de derivados de petróleo*. Abastece Brasil, MME. Disponível em: <<http://antigo.mme.gov.br/documents/36220/1123057/Relat%C3%B3rio+Subcomit%C3%AA+Novo+Cen%C3%A1rio+Downstream+Infraestrutura+v19+v2+final.pdf/36e9115a-dbc7-4499-233f-ecc109c442cf>>. Acesso em: 23 nov. 2021.

PETROBRAS. PETRÓLEO BRASILEIRO S.A., (2019a). *Relação com Investidores. Resultados e Comunicados. 2019. Teaser RNEST*. Disponível em: <<https://www.investidorpetrobras.com.br/resultados-e-comunicados/teasers/>>. Acesso em: 20 maio 2020.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_, (2019b). *Relação com Investidores. Resultados e Comunicados. 2019. Teaser RLAM*. Disponível em: <<https://www.investidorpetrobras.com.br/resultados-e-comunicados/teasers/>>. Acesso em: 20 maio 2020.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_, (2019c). *Relação com Investidores. Resultados e Comunicados. 2019. Teaser Repar*. Disponível em: <<https://www.investidorpetrobras.com.br/resultados-e-comunicados/teasers/>>. Acesso em: 20 maio 2020.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_, (2019d). *Relação com Investidores. Resultados e Comunicados. 2019. Teaser Reman*. Disponível em: <<https://www.investidorpetrobras.com.br/resultados-e-comunicados/teasers/>>. Acesso em: 20 maio 2020.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_, (2019e). *Relação com Investidores. Resultados e Comunicados. 2019. Teaser Regap*. Disponível em: <<https://www.investidorpetrobras.com.br/resultados-e-comunicados/teasers/>>. Acesso em: 20 maio 2020.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_, (2019f). *Relação com Investidores. Resultados e Comunicados. 2019. Teaser Refap*. Disponível em: <<https://www.investidorpetrobras.com.br/resultados-e-comunicados/teasers/>>. Acesso em: 20 maio 2020.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_, (2020). *Oleodutos de Transporte e Transferência*. Petrobras. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/armazenamento-e-movimentacao-de-produtos-liquidos/oleodutos-de-transporte-e-transferencia>>. Acesso em: 23 nov. 2021.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_, (2021). *Refinarias 2021*. Disponível em: <<https://petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/principais-operacoes/refinarias/>>. Acesso em: 28 maio 2021.

RENNÓ, M.; LEMGRUBER, N., (2009). *O Ciclo de Vida de Um Empreendimento de Dutos*. In: Engenharia de Dutos, org. José Luiz de França Freire. Rio de Janeiro: ABCM.

SOUZA, C.; FERREIRA FILHO, V., (2010). *Avaliação de uma rede duto-rodoviária de distribuição de derivados de petróleo*. ISSN 2175-6295 Rio de Janeiro- Brasil, 12 e 13 de agosto de 2010. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/spolm/sites/www.marinha.mil.br.spolm/files/73744.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2021.

TREVINO, A., (2016). *Introduction to K-means Clustering*. Oracle AI and Data Science Blog. Disponível em: <<https://blogs.oracle.com/datascience/introduction-to-k-means-clustering>>. Acesso em: 24 jul. de 2020.

TSUCHIDA, T. (2008). *Modelagem da localização de pólos de venda de derivados de petróleo*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industria, PUC-Rio. Disponível em: <<https://web.tecgraf.puc-rio.br/press/publication/Tsuchida2008/Tsuchida2008.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2021.

USGS. UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY, (2021). *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER)*. Disponível em: <<https://gdex.cr.usgs.gov/gdex/>>. Acesso em: 23 nov. 2021.

VASCONCELOS, E. (2009). *Estudo de Traçado*. In: FREIRE, J. (org.). *Engenharia de dutos*. Rio de Janeiro: ABCM, 2009.