



Plano Integrado de Longo Prazo da

# INFRAESTRUTURA

2021-2050



COMITÊ INTERMINISTERIAL DE  
PLANEJAMENTO DA INFRAESTRUTURA  
CIP-INFRA



Comitê Interministerial de Planejamento da Infraestrutura (CIP-INFRA).  
Plano Integrado de Longo Prazo da Infraestrutura: 2021 – 2050 /  
Comitê Interministerial de Planejamento da Infraestrutura (CIP-INFRA). --  
Brasília: Secretaria-Executiva do Comitê/Casa Civil/Presidência da  
República, 2021.  
159 p. : il.

1. Infraestrutura – Investimentos. 2. Infraestrutura – Planejamento –  
Governo Federal. 3. Projetos econômicos. 4. Interesse público. 5.  
Economia brasileira. I. Título.

CDD 338.981  
CDU 338.26(81)

## **COMITÊ INTERMINISTERIAL DE PLANEJAMENTO DA INFRAESTRUTURA**

### **MEMBROS:**

#### **Casa Civil da Presidência da República:**

Jonathas Assunção Salvador Nery de Castro  
Thiago Meirelles Fernandes Pereira

#### **Ministério da Economia:**

Carlos Alexandre Jorge da Costa  
Gabriel Godofredo Fiuza de Bragança

#### **Ministério da Infraestrutura:**

Marcelo Sampaio Cunha Filho  
Tito Lívio Pereira Queiroz e Silva

#### **Ministério de Minas e Energia:**

Marisete Fatima Dadald Pereira  
Bruno Eustaquio Ferreira Castro de Carvalho

#### **Ministério das Comunicações:**

Maria Estella Dantas Antonichelli  
Flavia Duarte Nascimento

#### **Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações:**

Sergio Freitas de Almeida  
Carlos Alberto Flora Baptistucci

#### **Ministério do Meio Ambiente:**

Fernando Wandscheer de Moura Alves  
André Luiz Felisberto França

#### **Ministério do Desenvolvimento Regional:**

Daniel de Oliveira Duarte Ferreira  
Alice de Almeida Vasconcellos de Carvalho

#### **Controladoria-Geral da União:**

José Marcelo Castro de Carvalho  
Marlos Moreira dos Santos

#### **Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos da Presidência da República:**

Joanisval Brito Gonçalves  
Maurício Pazini Brandão

**EQUIPE TÉCNICA:**

**Casa Civil da Presidência da República:**

Priscilla Rosa Pimentel Sganzerla	Subchefia de Articulação e Monitoramento - SAM
Daniel Fernandes de Simões Branco	SAM
Mariana Prado Franceschi de Andrade	Secretaria-Executiva - SE

**Ministério da Economia:**

Fabiano Mezadre Pompermayer	Secretaria de Desenvolvimento da Infraestrutura - SDI
Raul Menezes dos Santos	SDI
Rodolfo Gomes Benevenuto	SDI
Diego Camargo Botassio	SDI
Renato Alves Morato	SDI
João Maria de Oliveira	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA
José Ronaldo de Castro Souza Júnior	IPEA
Marco Antonio F. de H. Cavalcanti	IPEA
Cláudia Perdigão	IPEA
Patieene Alves Passoni	IPEA
Rodrigo Cavalcanti Rabelo	IPEA
Vinicius de Almeida Nery Ferreira	IPEA
Fernando Manoel Ramos	IPEA
Marluce C. Scarabello	IPEA
Aline Cristina Soterroni	IPEA
Leticia Magalhães	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES
Fernando Puga	BNDES
Luciana Capanema	BNDES
Fernanda Garavini	BNDES
Marcelo Miterhof	BNDES
Leticia Pimentel	BNDES
Thiago Miguez	BNDES
Bruno Plattek	BNDES
Filipe de Oliveira	BNDES
Clarissa Taquette	BNDES
Rafael Pimentel	BNDES
Ricardo Cunha	BNDES
Andre Pompeo	BNDES
Thiago Machado Damasceno	BNDES
Monique Perin	BNDES
Lucas Milher	BNDES
Daniel Cardoso	BNDES
Edson Dalto	BNDES
Guilherme Oliveira	BNDES
Renato Santos	BNDES

**Ministério da Infraestrutura:**

Vicente Correia Lima Neto	Secretaria de Fomento, Planejamento e Parcerias - SFPP
Rubem Oliveira De Paula	SFPP
Leandro Rodrigues e Silva EPL	Empresa de Planejamento e Logística - EPL

**Ministério de Minas e Energia:**

Denis de Moura Soares	Secretaria-Executiva - SE
André Luiz Rodrigues Osório	Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético - SPE
Gustavo Santos Masili	SPE

**Ministério das Comunicações:**

Pedro Lucas da Cruz Pereira Araújo	Secretaria de Telecomunicações - SETEL
Hélio Maurício Miranda da Fonseca	SETEL
Marcus Vinicius Galletti Arrais	SETEL
Daniela Naufel Schettino	SETEL
Otávio Viegas Caixeta	Secretaria de Radiodifusão - SERAD
Eduardo Marques da Costa Jacomassi	Agência Nacional de Telecomunicações – ANATEL
Márcio José Mutti Barretto	ANATEL
Yroá Robledo Ferreira	ANATEL
Priscila Honório Evangelista	ANATEL
Danilo Caixeta Carvalho	ANATEL
Edgar Barbosa de Souza	ANATEL
Guido Lorencini Schuina	ANATEL
Vivian Diniz da Silva Brandão	ANATEL

**Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações:**

Johnny Ferreira Dos Santos	Secretaria-Executiva - SE
Ariel Cecílio Garces Pares	SE
Carlos Roberto Colares Gonsalves	SE
Marconi Edson Esmeraldo Albuquerque	SE
Aline Regina Fernandes	SE
Maurício Gonçalves Vieira Ferreira	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

**Ministério do Meio Ambiente:**

Daniel Picolo Catelli	Secretaria-Executiva - SE
-----------------------	---------------------------

**Ministério do Desenvolvimento Regional:**

Karen Cristina Cremer Francisco Sa Teles	Secretaria-Executiva - SE
Marcos Daniel Souza Santos	Secretaria Nacional de Mobilidade e Desenvolvimento Regional e Urbano - SMDRU
Ramson Aragão Gois	SMDRU
Alfredo Assis de Carvalho	Secretaria Nacional de Saneamento – SNS
Helena Buys Gonçalves R. F. da Silva	SNS
Thiago Coelho V. de M. Raposo	SNS
Samuel Weimar Cavalcante e Silva	SNS
Stanley Rodrigues Bastos	Secretaria Nacional de Segurança Hídrica – SNSH
Cristiane Collet Battiston	SNSH
Lucas Bischof Pian	SNSH

**Controladoria-Geral da União:**

Silvestre Henrique Ferreira Cerejo	Secretaria Federal de Controle Interno - SFC
------------------------------------	--

**Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos da Presidência da República:**

Marcelo Conforto de Alencar Moreira	SEAE/PR
Jefferson Gusmão Scofield	SEAE/PR
Joyce Anne Carvalho da Silva	SEAE/PR

**SUMÁRIO:**

<b>1. APRESENTAÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2. PROJEÇÕES SOCIOECONÔMICAS PARA O PERÍODO 2021 – 2050</b>	<b>6</b>
2.1 INTRODUÇÃO	7
2.2 CENÁRIOS MACROECONÔMICOS	7
2.2.1 Cenário de Referência	9
2.2.2 Cenário Transformador	10
2.3 MODELO GLOBIOM-BRASIL	12
2.3.1 Cenários Base do Modelo GLOBIOM-Brasil no Período 2021-2050	13
2.4 MODELO DE EQUILÍBRIO GERAL COMPUTÁVEL	23
2.4.1 A Solução do Modelo	24
2.4.2 Dados e Cenários	27
2.4.3 Análise dos Resultados	29
2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
<b>3. VISÃO DA INFRAESTRUTURA ECONÔMICA PARA OS PRÓXIMOS 30 ANOS</b>	<b>34</b>
3.1 INTRODUÇÃO	35
3.2 TRANSPORTES	37
3.2.1 Perspectivas de curto e médio prazo e o cenário de referência para o investimento em infraestrutura de transportes	37
3.2.2 Identificação do hiato de infraestrutura e o cenário transformador para o investimento de longo prazo em infraestrutura de transportes	40
3.3 TELECOMUNICAÇÕES	44
3.3.1 Perspectivas de curto e médio prazo e o cenário de referência para o investimento em infraestrutura de telecomunicações	44
3.3.2 Identificação do hiato de infraestrutura e o cenário transformador para o investimento de longo prazo em infraestrutura de telecomunicações	45
3.4 ENERGIA ELÉTRICA E GÁS NATURAL	48
3.4.1 Perspectivas de curto e médio prazo e o cenário de referência para o setor de energia elétrica e infraestrutura de gás natural	48
3.4.2 Cenário transformador para o investimento em energia elétrica e gás natural	49
3.5 INFRAESTRUTURA HÍDRICA E SANEAMENTO BÁSICO (ABASTECIMENTO DE ÁGUA, COLETA E TRATAMENTO DE ESGOTO, DRENAGEM URBANA, E RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS)	53
3.5.1 Perspectivas de curto e médio prazo e o cenário de referência para o investimento em infraestrutura hídrica e infraestrutura de Saneamento Básico	53
3.5.2 Identificação do hiato de infraestrutura e o cenário transformador para o investimento de longo prazo em Infraestrutura Hídrica e infraestrutura de Saneamento Básico	55
3.5.2.1 Identificação do hiato de infraestrutura e o cenário transformador para o investimento de longo prazo em Infraestrutura Hídrica	55
3.5.2.2 Identificação do hiato de infraestrutura e o cenário transformador para o investimento de longo prazo em infraestrutura de Saneamento Básico	57
3.5.2.3 Visão consolidada do hiato de infraestrutura e do cenário transformador para o investimento de longo prazo em Infraestrutura Hídrica e Saneamento Básico	60



3.6	INFRAESTRUTURA DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO _____	63
3.6.1	Perspectivas de curto e médio prazo e o cenário de referência para o investimento em infraestrutura de pesquisa e desenvolvimento _____	63
3.6.2	Identificação do hiato de infraestrutura e o cenário transformador para o investimento de longo prazo em infraestrutura de pesquisa e desenvolvimento ____	64
3.7	MOBILIDADE URBANA _____	66
3.7.1	Perspectivas de curto e médio prazo e o cenário de referência para o investimento em infraestrutura de mobilidade urbana _____	66
3.7.2	Identificação do hiato de infraestrutura e o cenário transformador para o investimento de longo prazo em infraestrutura de mobilidade urbana _____	66
3.8	VISÃO GERAL DOS INVESTIMENTOS EM INFRAESTRUTURA _____	70
<b>4.</b>	<b>PROJETOS DE GRANDE PORTE EM ANDAMENTO PARA OS PRÓXIMOS 10 ANOS _____</b>	<b>75</b>
4.1	INTRODUÇÃO _____	76
4.2	TRANSPORTES _____	77
4.3	TELECOMUNICAÇÕES E RÁDIO DIFUSÃO _____	80
4.4	ENERGIA ELÉTRICA _____	82
4.5	INFRAESTRUTURA HÍDRICA _____	84
4.6	SANEAMENTO BÁSICO _____	87
4.7	PESQUISA E DESENVOLVIMENTO _____	89
4.8	MOBILIDADE URBANA _____	91
4.9	VISÃO GERAL _____	94
<b>5.</b>	<b>NOVOS ESTUDOS PARA INFRAESTRUTURA E ESTIMATIVA DE VIABILIDADE SOCIOECONÔMICA _____</b>	<b>96</b>
5.1	SOBRE A ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO PARA ESTIMATIVA DE VIABILIDADE SOCIOECONÔMICA _____	97
5.2	ACB PRELIMINAR NO PILPI 2021 _____	101
5.3	CENÁRIOS DE EXPANSÃO DA INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES DO PNL 2035 _____	104
5.3.1	Contextualização do PNL 2035 e a ACB _____	104
5.3.2	Estimativa de Custos e Benefícios a partir do PNL 2035 _____	107
5.4	EXPANSÃO DA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA INDICADA NO PDE 2030 _____	113
5.4.1	Contextualização do PDE 2030 _____	113
5.4.2	ACB socioeconômica como ferramenta para apoio à decisão no planejamento da oferta de energia elétrica _____	116
5.5	INFRAESTRUTURA DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO _____	127
<b>6.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS _____</b>	<b>152</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____</b>	<b>156</b>

LISTA DE FIGURAS:

Figura 1: Principais entradas e saídas do modelo GLOBIOM para diferentes escalas	13
Figura 2: Choques biofísicos para a produtividade de cana-de-açúcar e soja no Brasil para o ano de 2050, considerando o modelo climático HadGEM-ES e os cenários climáticos RCPs 2.6 e 8.5 – em %. __	16
Figura 3: Distribuição espacial da produção de soja projetada em 2050, cenário sem mudanças climáticas e mediana dos cenários com mudanças climáticas – milhares de toneladas por célula de 50 x 50 km. _____	17
Figura 4: Projeções de produção do GLOBIOM-Brasil para Agricultura <sup>1</sup> , por UF, em milhões de tonelada por ano. _____	19
Figura 5: Projeções de produção do GLOBIOM-Brasil para Agricultura <sup>1</sup> , sem a de cana-de-açúcar, por UF, em milhões de tonelada por ano. _____	19
Figura 6: Projeções de produção do GLOBIOM-Brasil para Pecuária <sup>1</sup> , por UF, em milhões de tonelada por ano. _____	20
Figura 7: Projeções de produção GLOBIOM-Brasil para Ext. Florestal, por UF, em milhões de tonelada por ano. _____	20
Figura 8: Variação Quinquenal do valor da produção da Agricultura por UF – 2020 a 2050 _____	21
Figura 9: Variação Quinquenal do valor da produção da Pecuária por UF – 2020 a 2050 _____	22
Figura 10: Variação Quinquenal do valor da Produção Florestal por UF – 2020 a 2050 _____	22
Figura 11: Esquema de solução do modelo _____	27
Figura 12: Evolução estimada do PIB e da população no horizonte 2018 a 2050. _____	30
Figura 13: Evolução do Valor Adicionado por macrorregião a cada quinquênio e cenário – em R\$ bilhões de 2020. _____	31
Figura 14: Evolução do Valor Adicionado no quinquênio, por Macrossetor e cenário – em R\$ bilhões de 2020. _____	32
Figura 15: Variação da Produtividade por cenário - 2025-2050 _____	32
Figura 16: Evolução do PIB per capita por cenário, valor médio anual do quinquênio – em R\$ de 2020. 33	
Figura 17: Fluxo necessário de investimentos em infraestrutura de transportes, cenários Referência e Transformador (R\$ bilhões de 2020). _____	42
Figura 18: Evolução esperada do estoque de infraestrutura de Transportes, cenários Referência e Transformador (R\$ bilhões de 2020). _____	43
Figura 19: Fluxo necessário de investimentos em infraestrutura de telecomunicações, cenários Referência e Transformador (R\$ bilhões de 2020) _____	47
Figura 20: Evolução de longo prazo do estoque de infraestrutura de telecomunicações, cenários Referência e Transformador (R\$ bilhões de 2020) _____	47
Figura 21: Fluxo necessário de investimentos em infraestrutura de energia elétrica e gás natural, nos cenários de Referência e Transformador (R\$ bilhões de 2020) _____	51
Figura 22: Evolução esperada do estoque de infraestrutura de Energia Elétrica e Gás Natural, cenários Referência e Transformador (R\$ bilhões de 2020). _____	51
Figura 23: Fluxo necessário de investimentos em infraestrutura de Saneamento Básico, cenários Referência e Transformador (R\$ bilhões de 2020). _____	61
Figura 24: Evolução esperada do estoque de infraestrutura de Saneamento Básico, cenários Referência e Transformador (R\$ bilhões de 2020). _____	62
Figura 25: Fluxo necessário de investimentos em infraestrutura de P&D, cenários de Referência e Transformador (R\$ bilhões de 2020) _____	65
Figura 26: Evolução esperada do estoque de infraestrutura de P&D, cenários Referência e Transformador (R\$ bilhões de 2020) _____	65
Figura 27: Fluxo necessário de investimentos em infraestrutura de mobilidade urbana, cenários Referência e Transformador (R\$ bilhões de 2020) _____	68
Figura 28: Evolução esperada do estoque de infraestrutura de mobilidade urbana, cenários Referência e Transformador (R\$ bilhões de 2020) _____	68
Figura 29: Fluxo necessário de investimento em infraestrutura por cenário (R\$ bilhões de 2020). _____	70

Figura 30: Projeção de Investimentos por cenário e setor (R\$ bilhões de 2020).	71
Figura 31: Projeções de investimento em infraestrutura por cenário – em % do PIB.	72
Figura 32: Projeções de estoque de infraestrutura por cenário.	74
Figura 33: Estrutura do Planejamento Integrado de Transportes instituído pelo Ministério da Infraestrutura.	104
Figura 34: Sistema de Indicadores do PNL 2035.	106
Figura 35: Estimativas de benefícios e custos (diferenciais) do cenário Transformador vs Cenário Referência de investimentos em infraestrutura de transportes (R\$ bilhões).	112
Figura 36: Total de custos econômicos estimados para a análise do Caso 3 do PDE 2030	122
Figura 37: Estimativa dos benefícios econômicos do Caso 3 do PDE 2030	122
Figura 38: Resultado dos custos econômicos considerado a externalidade de emissão de gases de efeito estufa na análise do Caso 3	126
Figura 39: Valor Social Presente Líquido estimado para o Caso 3 do PDE 2030	126
Figura 40: Comportamento do número de artigos publicados na base Scopus (linha azul e laranja) e downloads do acervo do Landsat entre 1972 e 2017. Fonte: Zhu et al. (2019)	132
Figura 41: Relação entre resolução espacial e preço	137
Figura 42: Componentes do Fluxo de Caixa Comparativo (D-A).	146
Figura 43: VSPL Acumulado do FCL Comparativo (D-A) para ilustrar o Período de Retorno Econômico – PRE.	147
Figura 44: Sensibilidade da TRE sob variações de componentes do FCL Comparativo (D-A).	149
Figura 45: Análise de Sensibilidade do $\Delta$ VSPL do FCL Comparativo sob variações da TSD.	151

LISTA DE TABELAS:

Tabela 1: Variação quinquenal do PIB para os Cenários de Referência e Transformador – 2015 a 2050	11
Tabela 2: Variação quinquenal da população brasileira – 2015 a 2050	11
Tabela 3: Cenários do modelo GLOBIOM-Brasil	14
Tabela 4: Projeções de produção do GLOBIOM-Brasil, por produto, em mil t/ano.	18
Tabela 5: Nomes das variáveis de resultados do modelo CGE	30
Tabela 6: Estoque de infraestrutura em 2016, estimado por Frischtak e Mourão (2018) – em % do PIB.	35
Tabela 7: Expectativa de malha a ser concedida nos próximos anos	37
Tabela 8: Cenário Base para os Investimentos em infraestrutura de Transporte no curto e médio prazo (R\$ bilhões de 2020)	39
Tabela 9: Cenários de oferta e demanda analisados no PNL 2035.	41
Tabela 10: Cenário de referência para investimentos em infraestrutura de telecomunicações no médio prazo (R\$ bilhões de 2020)	44
Tabela 11: Tendência de curto prazo para os investimentos em infraestrutura de energia elétrica e gás natural (R\$ bilhões de 2020)	48
Tabela 12: Investimentos e estoque estimados para os subsetores de saneamento básico no Cenário Referência (R\$ bilhões de 2020).	54
Tabela 13: Estimativa da necessidade de investimentos em infraestrutura hídrica além do previsto no PNSH.	57
Tabela 14: Necessidade de investimentos em Saneamento Básico de 2019 a 2033 indicadas no PLANSAB (R\$ milhões).	57
Tabela 15: Metas de cobertura de água e esgoto previstas no PLANSAB (em %).	58
Tabela 16: Estimativa de investimento necessários em abastecimento de água e coleta e tratamento de esgoto para se atender o Novo Marco do Saneamento (R\$ milhões).	59
Tabela 17: Investimentos e estoque estimados para os Infraestrutura Hídrica e os subsetores de Saneamento Básico no Cenário Transformador (R\$ bilhões de 2020).	60
Tabela 18 - Cenário de referência para o Investimento em infraestrutura de P&D no médio prazo (R\$ bilhões de 2020)	63
Tabela 19 - Cenário de referência para o investimento em infraestrutura de mobilidade urbana no médio prazo (R\$ bilhões de 2020)	66
Tabela 20: Malha existente e hiato de infraestrutura de mobilidade urbana	67
Tabela 21: Projetos de grande porte de infraestrutura de transporte em estruturação ou implantação*	78
Tabela 22: Projetos de grande porte de infraestrutura de telecomunicações e radiodifusão em fase de estruturação ou implantação	81
Tabela 23: Projetos de grande porte em andamento do setor de energia elétrica	83
Tabela 24: Capacidade Instalada Existente e Contratada do Sistema Interligado Nacional em Dez/2025	83
Tabela 25: Projetos de grande porte de infraestrutura hídrica em andamento com participação do governo federal	85
Tabela 26: Projetos de grande porte de infraestrutura hídrica de iniciativa de governos subnacionais	86
Tabela 27: Projetos de grande porte de infraestrutura de saneamento básico com participação da União atualmente em estruturação ou implantação	88
Tabela 28: Projetos de grande porte de infraestrutura de P&D de iniciativa do governo federal	90
Tabela 29: Projetos de grande porte de Mobilidade Urbana em andamento	92
Tabela 30: Expansão contratada de Geração em MW	113
Tabela 31: Expansão Indicativa no Cenário de Referência do PDE 2030	114
Tabela 32: Estimativa de emissões de gases causadores de efeito estufa para cenários de energia elétrica	123
Tabela 33: Estimativa de emissões de gases causadores de efeito estufa acumulada até 2030 para cenários de energia elétrica.	123
Tabela 34: Levantamento de demanda pública setorial por soluções satelitais (dados preliminares)	131

Tabela 35: Sumário dos dados básicos de entrada dos cenários alternativos da lista curta _____	134
Tabela 36: Imagens geradas e distribuídas em 2020. _____	135
Tabela 37: ORÇAMENTO 2022: FONTE 2 21A1.0001: OPERAÇÃO DE SATÉLITES _____	135
Tabela 38: Coeficientes técnicos para projeção de custos e benefícios dos cenários alternativos _____	136
Tabela 39: CAPEX – Estimativa dos investimentos incrementais iniciais para os cenários alternativos _____	138
Tabela 40: Estimativa do valor social do CAPEX para o Cenário D _____	138
Tabela 41: OPEX – Estimativa dos custos operacionais anuais para os cenários alternativos _____	139
Tabela 42: Estimativa de custos operacionais a custo de fatores – OPEX _____	140
Tabela 43: BENEX – Benefícios diretos e externalidades positivas _____	142
Tabela 44: Estimativa de Benefícios Diretos a custo de fatores _____	143
Tabela 45: Estimativas de Externalidades positivas a custo de fatores _____	143
Tabela 46: Resumo dos cenários: VSPL total, descontado a uma TSD = 8,5%, num horizonte temporal de 30 anos. _____	145
Tabela 47: Resumo dos cenários: VSPL incremental, descontado a uma TSD=8,5%,num horizonte temporal de 30 anos. _____	145
Tabela 48: Fluxo de Caixa Líquido Comparativo – Cenário (D – A) - Resumido _____	146
Tabela 49: Comparação dos Indicadores _____	147
Tabela 50: Análise dos pontos de inflexão e elasticidade no cenário D. _____	148
Tabela 51: Variação do Custo Unitário da Imagem Transmitida por satélite - Variação em dados de entrada _____	149
Tabela 52: Variação do Valor Unitário da Imagem Gerada - Variação em dados de entrada _____	150
Tabela 53: Variação do Valor Unitário da Imagem Distribuída - Variação em dados de entrada _____	150
Tabela 54: Variação nos custos da imagem transmitida, gerada e distribuída - Variação em dados de entrada _____	150
Tabela 55: Referências de análise da TRE comparada à TSD _____	150
Tabela 56: Variação da TSD (i) - limites máximo, mínimo e quartis - $\Delta$ _____	150

LISTA DE QUADROS:

Quadro 1: Critérios para considerar projetos de infraestrutura hídrica como de grande porte _____	84
Quadro 2: Custo Social do Carbono _____	99
Quadro 3: Avaliação de Impacto Ex-post e a calibração de parâmetros para a ACB _____	100
Quadro 4: Relação de Planos Setoriais de Infraestrutura e data de publicação ou revisão mais recente _____	101
Quadro 5: Custos de Expansão e Operação do Caso 3(demanda de referência) _____	119
Quadro 6: Fatores de Conversão equivalentes para as fontes consideradas na Expansão Indicativa ____	120
Quadro 7: Fatores de Conversão calculados para aplicação nos valores agregados de custo _____	120
Quadro 8: Situação Atual _____	129
Quadro 9: Expansão almejada _____	130
Quadro 10: Lista longa de alternativas estratégicas consideradas _____	133
Quadro 11: Fatores críticos de sucesso dos cenários da lista curta de alternativas estratégicas _____	133

# 1. APRESENTAÇÃO



O Decreto nº 10.526, de 20 de outubro de 2020 instituiu o Comitê Interministerial de Planejamento da Infraestrutura (CIP-Infra) e o Plano Integrado de Longo Prazo da Infraestrutura (PILPI). Este é o relatório da primeira versão do PILPI, que abarca o período de 30 anos entre 2021 e 2050. O CIP-Infra, de acordo com o Decreto 10.526/2020, é responsável pela elaboração e aprovação do PILPI e suas atualizações, bem como por promover a compatibilidade e a integração entre as políticas e os planejamentos setoriais que compõem a infraestrutura do Governo federal, mantida a autonomia de cada Ministério na governança e na definição das prioridades.

O PILPI, conforme estabelecido no Decreto nº 10.526/2020, tem o objetivo de:

- fomentar investimentos em infraestrutura para aumentar a qualidade e o estoque de infraestrutura do País;
- contribuir para o aumento da produtividade da economia e para a geração de empregos qualificados;
- fornecer uma visão de longo prazo para orientar os investimentos em infraestrutura que envolva os seus diversos setores, de forma a aumentar a atratividade à participação privada e a qualidade do gasto público;
- enfatizar as qualidades ambientais, sociais e de governança dos projetos dos setores de infraestrutura;
- harmonizar as premissas e os cenários de longo prazo utilizados como base para o planejamento dos setores de infraestrutura elaborado pelo Governo federal; e
- promover a compatibilidade entre os diversos planos setoriais que compõem a infraestrutura do Governo federal, inclusive quanto à inter-relação e à complementariedade entre setores e projetos.

O estoque de capital de infraestrutura no Brasil, composto por estradas de rodagem, ferrovias, portos, canais, açudes, adutoras, usinas geradoras de energia elétrica, linhas de transmissão e redes de comunicação, entre outras, é muito inferior, proporcionalmente ao tamanho da economia, ao estoque observado de países membros da Organização para a Cooperação do desenvolvimento Econômico (OCDE). Essa carência de infraestrutura, às vezes combinada a uma deficiência de qualidade, tornam excessivamente onerosas diversas atividades produtivas, reduzindo a competitividade de nossas exportações e contribuindo para a baixa produtividade total da economia.

Uma série de estudos reconhece a importância de uma base adequada de infraestrutura como forma de promover desenvolvimento econômico. Outros trabalhos, de maneira complementar, demonstram que a qualidade dos investimentos em infraestrutura está diretamente relacionada ao tamanho dos benefícios econômicos por eles gerados. No caso específico do Brasil, publicações recentes<sup>1</sup> de entidades como Banco Mundial, Fundo Monetário Internacional e Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) apontam para a necessidade de se implementar um planejamento com horizonte de longo prazo e que considere as diversas infraestruturas de

---

<sup>1</sup> - “How to close Brazil’s Infrastructure GAP in Times of Austerity”, World Bank Group, 2017, <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/28286?show=full>

- Avaliação da Gestão do Investimento Público no Brasil, FMI (PIMA), nov/2018, <https://www.imf.org/en/Publications/CR/Issues/2018/11/29/Brazil-Technical-Assistance-Report-Public-Investment-Management-Assessment-46147>

- Desafios da Nação - Volume 2 Capítulo 11 - Planejamento Integrado de Infraestrutura, IPEA, 2018, [https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=34502&Itemid=433](https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=34502&Itemid=433)



maneira integrada como passo importante para que mais e melhores investimentos sejam feitos nesses setores e se evite a recorrência de problemas relacionados à execução desses projetos. Tal percepção é corroborada por sondagens feitas pelo próprio governo junto a agentes do setor privado<sup>2</sup> e por achados de auditorias de órgãos de controle como Controladoria Geral da União (CGU) e Tribunal de Contas da União (TCU)<sup>3</sup>.

A perspectiva de restrição orçamentária para os próximos anos impõe a necessidade de atração de maior participação do setor privado nos investimentos de infraestrutura. Nesse sentido, um plano de longo prazo para a infraestrutura cumpre um papel especialmente importante de fornecer um horizonte de oportunidades aos investidores, em especial o estrangeiro, que possui, naturalmente, custos adicionais relacionados à sua instalação e aprendizado sobre o mercado local, quando comparado aos investidores domésticos. Ainda sobre a agenda internacional, o Plano deve contribuir também para o esforço brasileiro de adequação às boas práticas de governança incentivadas pela OCDE entre os seus países-membros, como está descrito no documento *“OECD Recommendation on the Governance of Infrastructure”*.<sup>4</sup> Com maior atratividade dos projetos de investimento em infraestrutura ofertado pelo governo aos investidores privados, abre-se espaço para direcionar os escassos recursos do orçamento público a projetos de benefícios difusos e de maior risco.

Nesse sentido, propôs-se a instituição de um Plano Integrado de Longo Prazo da Infraestrutura (PILPI), que não somente consolidasse os planos setoriais existentes, mas que promovesse a compatibilização entre parâmetros e metodologias utilizadas no exercício de planejamento da infraestrutura, assim como a disseminação de boas práticas entre os setores (uns com processos mais maduros que outros), permitindo que em futuro próximo o governo federal conte com uma disponibilidade maior de projetos com potencial de gerar benefícios à sociedade e à economia em geral.

A viabilidade do Plano depende também de uma instância colegiada que reúna órgãos de centro de governo e os ministérios responsáveis pelas políticas setoriais de infraestrutura. Dessa forma, é possível conciliar prioridades e dirimir eventuais conflitos entre políticas e projetos. O CIP-Infra possui esse papel. Nele, a Casa Civil, o Ministério da Economia, a Controladoria-Geral da União e a Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos da Presidência da República representam o centro de governo. Já os ministérios setoriais são representados pelo Ministério de Minas e Energia, o Ministério do Desenvolvimento Regional, o Ministério das Comunicações, o Ministério da Infraestrutura, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações e o Ministério do Meio Ambiente.

O PILPI é elaborado a partir da consolidação dos planos setoriais de infraestrutura, deverá ser atualizado a cada dois anos e utilizar, a cada atualização, as informações mais recentes disponibilizadas nos planos setoriais. Conforme o artigo 4º do Decreto nº 10.526/2020, a primeira publicação do PILPI deve ocorrer até 31 de dezembro de 2021. Para a elaboração desta primeira versão do PILPI foram considerados os seguintes planos setoriais:

- a) Em transportes, o Plano Nacional de Logística 2035 (PNL 2035), publicado em 2021;

---

<sup>2</sup> Relatório de Conjuntura Desafios ao Aumento do Investimento Privado em Infraestrutura no Brasil, SAE/PR, 2018, <https://www.gov.br/secretariageral/pt-br/noticias/2018/agosto/sae-apresenta-estudo-sobre-desafios-do-investimento-privado-em-infraestrutura-no-brasil>.

<sup>3</sup> Acórdão 1.205/2015-TCU-Plenário; Acórdão 2272/2019-TCU-Plenário; Acórdão 1327/2020 – TCU – Plenário.

<sup>4</sup> Disponível em <https://www.oecd.org/gov/infrastructure-governance/recommendation/>.

- b) Em Telecomunicações, o Plano Estrutural de Redes de Telecomunicações (PERT 2019-2024), atualizado em 2021;
- c) Em energia, o Plano Nacional de Energia 2050 (PNE 2050), publicado em 2020 e o Plano Decenal de Energia 2030 (PDE 2030) publicado em 2021;
- d) Em infraestrutura hídrica, o Plano Nacional de Segurança Hídrica 2035 (PNSH 2035), publicado em 2019;
- e) Em saneamento básico, o Plano Nacional de Saneamento Básico 2033 (PLANSAB 2033), atualização publicada em 2018,<sup>5</sup> e o Plano Nacional de Resíduos Sólidos 2040 (PLANARES 2040), colocado em consulta pública em 2020.

O setor de mineração foi considerado explicitamente nas perspectivas de crescimento econômico, conforme levantamento de potenciais novas minas realizado pelo MME. Estudos realizados pela academia, bancos de desenvolvimento e associações do setor privado também foram usados para complementar as informações, assim como análises de necessidades de projetos específicos por parte dos ministérios setoriais de infraestrutura. Alguns desses planos usaram premissas de crescimento demográfico e econômico distintas das aqui apresentadas, o que demandou algum ajuste nas projeções de demanda por serviços de infraestrutura de cada setor e, eventualmente, na estimativa de necessidade de investimentos em alguns setores. Também foram feitas atualizações dos projetos de infraestrutura já em andamento e, conseqüentemente, do estoque de infraestrutura já em vias de entrar em operação, ou pelo menos com a decisão para sua implantação já definida. Por fim, novos projetos também foram identificados a partir desses planos e análises adicionais, e, com o nível de detalhamento das informações disponíveis, foram desenvolvidas as estimativas de viabilidade socioeconômica.

Em linha com a Estratégia Federal de Desenvolvimento (EFD),<sup>6</sup> o PILPI trabalha com dois cenários econômicos, que, por sua vez, refletem dois cenários para o investimento em infraestrutura: O Cenário Transformador e o Cenário Referencial. Segundo a EFD o Cenário Transformador busca retratar para a sociedade o potencial de melhora qualitativa e substancial da economia ao se adotar reformas estruturais que aumentem a produtividade (qualificação de mão-de-obra, simplificação tributária, melhoria do ambiente de negócios, etc.). Para a infraestrutura, em particular, isso significa aumentar o patamar de investimentos, em comparação à média das quatro últimas décadas, e a superação de hiatos entre demanda e oferta de infraestrutura, que se configuraram em virtude dessa carência de investimentos. Alternativamente, o Cenário de Referência ilustra a hipótese em que os ganhos de produtividade alcançados sejam mais modestos, incorporando avanços mais recentes em termos regulatórios e institucionais, mas considerando que não haverá, no horizonte de planejamento, novos avanços substanciais nessa agenda de aumento de produtividade.

Nesse contexto, o Cenário de Referência não deve ser confundido como aquele a que se atribui maior probabilidade de acontecer ou como primeiro objetivo do governo federal. Pelo contrário, esse cenário deve ser tomado como um contrafactual ou uma linha de base comparativa em relação ao Cenário Transformador. Ao longo deste documento, esses cenários são normalmente

---

<sup>5</sup> A versão final do PLANSAB ainda não foi concluída, pois não conta com a aprovação de todos os Conselhos aos quais ele foi submetido (Conselhos Nacionais de Saúde, Recursos Hídricos, e Meio Ambiente).  
Versão utilizada:  
[https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSDRU/ArquivosPDF/Versao\\_Conselhos\\_Resolu%C3%A7%C3%A3o\\_Alta\\_-\\_Capa\\_Atualizada.pdf](https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSDRU/ArquivosPDF/Versao_Conselhos_Resolu%C3%A7%C3%A3o_Alta_-_Capa_Atualizada.pdf).

<sup>6</sup> A Estratégia Federal de Desenvolvimento foi instituída por meio do Decreto 10.531, de 26 de outubro de 2020.

mostrados em conjunto, de maneira que o contraste entre ambos destaca a necessidade de se continuar a agenda de avanços institucionais que favoreçam a realização do investimento em infraestrutura, na busca da consecução do Cenário Transformador.

Além desta Apresentação, o restante do relatório está organizado da seguinte forma: o próximo capítulo apresenta as projeções demográficas e socioeconômicas apresentadas a todos os setores de infraestrutura, considerando também alguns cenários temáticos, quando aplicável; o terceiro capítulo discute as estimativas de necessidade de investimentos em infraestrutura de cada setor, num horizonte de 30 anos (atendendo ao estabelecido no inciso I do art. 4º do Decreto nº 10.526/2020), assim como as estimativas de investimento da iniciativa privada e dos entes subnacionais no horizonte de 10 anos (inciso III do art. 4º do Decreto nº 10.526/2020); o quarto capítulo apresenta os projetos de grande porte em andamento que dependam de iniciativa do Governo Federal (inciso IV do art. 4º do Decreto nº 10.526/2020); o quinto capítulo apresenta os novos projetos grande porte de infraestrutura, isto é, em análise inicial de planejamento, que dependam de iniciativa do Governo Federal e as estimativas de viabilidade socioeconômica (inciso II do art. 4º do Decreto nº 10.526/2020); e, por fim, o capítulo 6 resume a principais conclusões do plano e discute os próximos passos para o processo de sua atualização a cada dois anos.

## 2. PROJEÇÕES SOCIOECONÔMICAS PARA O PERÍODO 2021 – 2050



## 2.1 Introdução

A utilização de cenários de longo prazo como ferramenta de planejamento integrado tem aumentado muito nos últimos anos. Muito em função do desenvolvimento de modelagens econômicas consistentes, mas também por conta da necessidade de uma visão integrada de longo prazo. A estimação desses cenários, fundamentada na integração de diversos modelos, é útil para aprofundar o planejamento de políticas públicas e suas análises de impactos, mas também para antecipar correções necessárias e retroalimentar a formulação dessas políticas.

Este estudo apresenta projeções de fundamentos da economia brasileira para dois cenários no período de 2021 a 2050. Combinando três modelagens econômicas: modelo macroeconômico de crescimento, modelo GLOBIOM de estimação de produção agrícola, pecuária e florestal e um Modelo de Equilíbrio Geral Computável (EGC) Dinâmico com abertura setorial e regional. Os resultados de estimatórias de variação do PIB e de produção agropecuária para o período são utilizados como dados exógenos para o modelo EGC Dinâmico. Desse modo, a estimação de fundamentos econômicos nas dimensões setoriais e regional é obtida a partir da integração de modelos macroeconômicos micro fundamentados.

O objetivo principal deste capítulo é apresentar os resultados de previsões de fundamentos econômicos produzidas. A partir de simulações realizadas utilizando-se do modelo EGC dinâmico, avaliar-se-á esses fundamentos e sua variação no período estudado, principalmente em relação ao nível de emprego, produção e produtividade nas dimensões regional e setorial.

Além desta introdução, este capítulo conta com 6 seções. Na próxima seção é apresentada a metodologia desenvolvida pelo IPEA para estimar cenários macroeconômicos. Também nessa seção são mostradas as definições que caracterizam os dois cenários estimados além das próprias estimatórias de crescimento do Produto Interno Bruto. Na terceira seção é apresentado o modelo GLOBIOM, adaptado para o Brasil. Esse modelo, que se baseia no uso da terra, nas emissões e nos impactos sobre a biodiversidade, foi utilizado para estimar a produção de 29 produtos agropecuários e florestais.

O Modelo de Equilíbrio Geral Computável recursivo e dinâmico é apresentado na quarta seção. Além de seus fundamentos teóricos, essa seção mostra como o modelo é resolvido. Na seção 4 são apresentados todos os dados utilizados no modelo EGC, de onde eles são obtidos e combinados com os dados dos outros modelos e a definição dos cenários para os quais o modelo é utilizado. A seção 5 apresenta alguns dos resultados e as análises para os principais fundamentos nas dimensões setoriais e regionais. Essa estratégia é adotada em função da grande quantidade de resultados gerada pelo tamanho das dimensões setoriais e regionais. Por fim, são apresentadas as considerações gerais sobre o estudo, as previsões e sua importância.

## 2.2 Cenários Macroeconômicos

O crescimento do PIB de um país ao longo de determinado intervalo de tempo pode ser decomposto nas contribuições advindas da evolução dos fatores de produção (capital e trabalho) e da produtividade da economia, que basicamente representa o nível de eficiência do país na transformação de insumos em produtos. Cavalcanti e Souza Júnior (2018) estudaram o caso brasileiro para o período de 1950 a 2016 e formularam os determinantes do crescimento do produto per-capita no período. Os autores decomuseram o produto per-capita em função da evolução de cada um de seus componentes: i) acumulação de capital físico em geral, expresso

no aumento da intensidade do capital por trabalhador; ii) aumento da quantidade de trabalhadores relativamente ao tamanho da população; e iii) aumento da produtividade da economia.

Parte-se da ideia de que o crescimento do PIB do país pode ser explicado em função das trajetórias de acumulação de fatores de produção definidos de forma ampla – capital e trabalho – e da evolução do nível de eficiência com que a economia transforma tais fatores em produto – isto é, da evolução da produtividade da economia. Supõe-se que a estrutura produtiva da economia possa ser representada pela função de produção do tipo Cobb-Douglas com retornos constantes de escala, mostrada na equação abaixo:

$$Y_t = A_t^* E_t^\beta K_t^\alpha (h_t L_t)^{1-\alpha}$$

onde  $Y_t$  é o PIB;  $K_t$  é o estoque de capital (corrigido pela utilização);  $L_t$  é a oferta de trabalho (corrigida pela ocupação);  $E_t$  é o estoque de capital de infraestrutura;  $h_t$  é o capital humano por unidade de trabalho;  $A_t^*$  é a produtividade total dos fatores líquida de  $E$  e  $h$ <sup>7</sup>.

Assim, também conforme discutido em Cavalcanti e Souza Júnior (2018) e IPEA (2020), a retomada do crescimento sustentado em ritmo compatível com as necessidades da sociedade brasileira depende, de um lado, da manutenção de um ambiente macroeconômico estável, calcado no equilíbrio monetário e fiscal; e, de outro lado, na adoção de um amplo conjunto de medidas microeconômicas, voltadas para o aumento do investimento e da produtividade. Em ambas as dimensões, porém, a extensão e a magnitude das medidas e políticas requeridas para atingir os resultados almejados dependem de reformas constitucionais e/ou de outras medidas que requerem aprovação no Congresso Nacional. No que diz respeito à manutenção da estabilidade macroeconômica, a chave reside na aprovação das reformas constitucionais que viabilizariam o equilíbrio fiscal de longo prazo.

No que se refere ao conjunto de medidas de cunho microeconômico que poderiam incentivar o crescimento do investimento e da produtividade no país, pode-se destacar: i) a melhoria do aparato regulatório, em especial no setor de infraestrutura; ii) a reforma tributária, voltada para a simplificação das obrigações tributárias e para melhor alocação de recursos entre as atividades produtivas; iii) a ampliação e aperfeiçoamento dos instrumentos financeiros de longo prazo; iv) a eliminação ou redução de várias imperfeições do mercado de crédito, incluindo aspectos jurídicos, visando maior eficiência na alocação dos recursos; v) a adoção de políticas adequadas de incentivo à inovação e de parceria público-privada; e vi) a redução de barreiras tarifárias e não tarifárias ao comércio exterior.

A depender do grau de avanço na implementação dessa ampla gama de medidas, é possível visualizar três diferentes cenários para a economia brasileira no período 2020-2031, que serviram de base para a Estratégia Federal de Desenvolvimento, estabelecida no Decreto 10.531, de 26 de outubro de 2020:

1. *Cenário de Referência*: supõe-se a aprovação das reformas requeridas para o equilíbrio fiscal de longo prazo e, por conseguinte, para a estabilidade macroeconômica. Contudo, o avanço nas reformas microeconômicas seria modesto, de modo que não haveria ganhos significativos em termos de produtividade e de crescimento no longo prazo, relativamente à trajetória observada

---

<sup>7</sup> Todos os dados – estoques de capital físico, de infraestrutura e humano – foram desenvolvidos pelo Ipea e foram divulgados de forma detalhada, por meio de Textos para Discussão. As projeções demográficas, por sua vez, foram desenvolvidas pelo IBGE e divulgadas em 2020.

nas últimas décadas. Supõem-se também projeções conservadoras para o crescimento da escolaridade e do capital humano.

2. *Cenário Transformador*: considera-se, além da aprovação das reformas que viabilizariam o equilíbrio fiscal de longo prazo, também a efetiva implementação de um amplo e profundo conjunto de medidas voltadas para o aumento da produtividade e do investimento na economia. Além disso, adotam-se projeções otimistas para o aumento da escolaridade e do capital humano, resultando em maior potencial de crescimento no longo prazo.

3. *Cenário de Desequilíbrio Fiscal*: supõe-se a não aprovação das reformas fiscais necessárias para o equilíbrio das contas públicas. Na ausência (ou insuficiência) de reformas que permitissem conter a elevação dos gastos públicos obrigatórios, as contas públicas permaneceriam em trajetória explosiva, o que aumentaria a desconfiança dos investidores e os prêmios de risco requeridos para financiar a dívida pública. Nesse cenário, a probabilidade de ocorrência de uma crise de confiança que impossibilitasse o refinanciamento da dívida seria elevada, com consequências adversas para a estabilidade e o crescimento econômico.

Neste estudo utilizam-se os dois primeiros cenários da Estratégia Federal de Desenvolvimento e, para isso, toma-se as previsões de crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) de 5 em 5 anos em ambos os cenários, extrapolando as projeções até 2050. Nas estimações apresentadas por Cavalcanti e Souza Júnior (2018) e Ipea (2020), supõe-se que o cenário internacional seja neutro, não ajudando nem atrapalhando de forma significativa a evolução das variáveis domésticas. Isso significa assumir que os preços de commodities se manteriam relativamente estáveis em torno dos níveis atuais; que as taxas de juros internacionais, apesar de crescentes, se estabilizariam em níveis inferiores aos que prevaleceram até a crise financeira internacional; e que os fluxos de capital também se manterão estáveis. O objetivo dessas premissas era avaliar os resultados alternativos de escolhas que dependem apenas de políticas feitas internamente.

### 2.2.1 Cenário de Referência

No Cenário de Referência, Cavalcanti e Souza Júnior (2018) partem de uma situação de subutilização dos fatores de produção em 2018, supõem que a aprovação das reformas requeridas para o equilíbrio fiscal de longo prazo possibilitaria a gradual convergência da economia para uma trajetória de crescimento balanceado. Nesse cenário, a evolução do PIB depende dos parâmetros do processo de acumulação de capital humano e dos valores de equilíbrio das seguintes variáveis: i) taxas de poupança e investimento; ii) razão entre o investimento em infraestrutura e o investimento total; iii) taxa de crescimento da produtividade total de fatores; iv) taxa de utilização do capital; e v) taxa de ocupação da mão de obra.

Na ausência de reformas microeconômicas profundas, tais parâmetros seguiriam basicamente os padrões médios observados nas últimas décadas; em particular, no período a taxa de investimento média seria de 18% do PIB, a proporção do investimento em infraestrutura corresponderia a 10% do total e o crescimento da produtividade total de fatores seria nulo. A evolução do capital humano foi projetada nesse cenário com base no pressuposto de que o padrão etário da escolaridade brasileira observada em 2017 se estende para as décadas seguintes. Assume-se, em particular, que as pessoas estudem até a faixa etária de 20 a 29 anos, que é o ápice dos anos de escolaridade de 2017 – essas coortes mais escolarizadas se perpetuam no tempo, fazendo com que a população envelheça com mais anos de estudo ao longo do tempo. Supõe-se, ainda, que o retorno auferido pelo nível de escolaridade (em termos de produtividade) seja mantido constante no período.



### 2.2.2 Cenário Transformador

No Cenário Transformador, Cavalcanti e Souza Júnior (2018) seguem os mesmos passos descritos anteriormente. Diferentemente do Cenário de Referência, porém, considerou-se que, além da aprovação das reformas que viabilizariam o equilíbrio fiscal de longo prazo, também seria implementado um amplo e profundo conjunto de medidas voltadas para o aumento do investimento e da produtividade da economia.

Em De Negri, Araújo e Bacelette (2018), são discutidas várias dessas medidas, que envolveriam: i) melhor aparato regulatório e disponibilidade de instrumentos financeiros adequados para investimentos em infraestrutura; ii) reforma tributária, voltada para a simplificação das obrigações tributárias e para a melhor alocação de recursos entre as atividades produtivas; iii) maior qualificação do capital humano, o que dependeria do aumento da qualidade da educação e, em particular, da maior eficiência dos gastos públicos em saúde e educação; iv) maior eficiência do mercado financeiro e de capitais na alocação dos recursos, o que dependeria da eliminação ou redução de várias imperfeições de mercado, incluindo aspectos jurídicos; v) aumento (em termos de quantidade e qualidade) dos investimentos em pesquisa de desenvolvimento (P&D), o que requereria, entre outros fatores, políticas adequadas de incentivo e de parceria público-privada; e vi) ambiente de negócios mais estável e competitivo, o que dependeria fundamentalmente de melhor aparato regulatório e jurídico e maior abertura comercial.

A adoção desse amplo conjunto de medidas representaria uma ruptura significativa em relação à atual estrutura de incentivos para a poupança, o investimento e as atividades produtivas em geral, acarretando impacto substancial no potencial de crescimento econômico brasileiro via aumento da eficiência. Neste cenário, supõe-se que, a taxa de investimento média atingiria 19,5% do PIB, a proporção do investimento em infraestrutura corresponderia a 18,5% do total e o crescimento da produtividade total de fatores seria de 0,5% a.a. A evolução do capital humano foi projetada com base em pressupostos otimistas de aumento contínuo dos níveis de escolaridade de cada nova coorte ao longo das próximas décadas, o que induziria também maior taxa de participação no mercado de trabalho, potencializando o crescimento em termos *per-capita* para um dado crescimento da produtividade (Guimarães e Turra, 2017). As demais hipóteses se manteriam inalteradas em relação ao Cenário de Referência.

Abaixo, na Tabela 1, apresenta-se as estimações de crescimento, expressos em variação do PIB de 5 em 5 anos, já atualizadas para o ano base de 2020. Tal adaptação tornou-se necessária em função das estimações produzidas neste estudo que empregou Modelo de Equilíbrio Geral Computável Dinâmico com periodicidade quinquenal.



Tabela 1: Variação quinquenal do PIB para os Cenários de Referência e Transformador – 2015 a 2050

Período	Cenário de Referência	Cenário Transformador
	PIB (% acum. em 5 anos)	PIB (% acum. em 5 anos)
2016-2020	- 3,2	- 3,2
2021-2025	5,0	9,7
2026-2030	10,8	18,5
2031-2035	8,1	14,7
2036-2040	6,2	13,4
2041-2045	5,6	12,6
2046-2050	4,9	11,5

Pela Tabela 1 pode-se observar que os dois cenários expressam variações de PIB significativamente diferentes desde os primeiros quinquênios até o último. Cabe registrar que em ambos os cenários já se encontram computados os efeitos da pandemia para o ano de 2020 (IPEA, 2020). Desse modo, os resultados utilizados para período 2016-2020 foram os que efetivamente ocorreram.

De maneira análoga ao que foi feito para as estimações de crescimento, as previsões de variação populacional utilizadas no Modelo de Equilíbrio Geral Computável Dinâmico são as mesmas do modelo macroeconômico, mas agregadas em periodicidade quinquenal, conforme é mostrado na Tabela 2.

Tabela 2: Variação quinquenal da população brasileira – 2015 a 2050

Período	PIA	População	% PIA	%
2016-2020	146.756.243	211.755.692	69,30	4,07
2021-2025	150.013.809	219.029.093	68,49	3,43
2026-2030	151.794.581	224.868.462	67,50	2,67
2031-2035	152.742.395	229.173.685	66,65	1,91
2036-2040	152.587.549	231.919.922	65,79	1,20
2041-2045	150.180.195	233.149.625	64,41	0,53
2046-2050	146.024.124	232.933.276	62,69	- 0,09

Nela percebe-se que a taxa de crescimento da população brasileira vai decrescer no período. Inclusive, no último período há a previsão de diminuição da população. Também, conforme a Tabela 2, a participação da População em Idade Ativa (PIA)<sup>8</sup>, em relação ao total da população, deverá decrescer durante todo o período. Em termos absolutos, a PIA atinge seu ápice no quinquênio 2031-2035, decrescendo a partir daí.

<sup>8</sup>O IBGE considera População em Idade Ativa todos os indivíduos entre 14 e 65 anos. A PIA é subdividida em População Economicamente Ativa – PEA (ocupados e desocupados), e População Não Economicamente Ativa – PNEA.

## 2.3 Modelo GLOBIOM-Brasil

O modelo GLObal BIOSphere Management model (GLOBIOM)<sup>9</sup> é um modelo econômico de equilíbrio parcial que utiliza estratégia *bottom-up*, com foco nos principais setores relacionados às mudanças de cobertura e uso do solo: agropecuária, floresta e bioenergia. Conforme Soterroni *et al.* (2016), esse modelo tem sido desenvolvido no *International Institute for Applied Systems Analysis* (IIASA) desde 2007, seguindo a mesma base do modelo ASM-GHG. As principais características do GLOBIOM são as relacionadas a seguir.

1) **Modelo de equilíbrio de mercado:** o GLOBIOM é construído sobre os pressupostos da teoria neoclássica<sup>10</sup>. Ajustes endógenos nos preços de mercado implicam igualdade entre oferta e demanda para cada produto e região. O equilíbrio é único, ou seja, os agentes não têm interesse em mudar suas ações, uma vez que o equilíbrio é alcançado.

2) **Modelo de otimização:** o objetivo do problema de otimização é o de maximizar a soma dos excedentes econômicos dos consumidores e dos produtores. Os preços não são explícitos, mas são obtidos da solução dual das equações de balanço de mercado<sup>11</sup>.

3) **Modelo de equilíbrio parcial:** o GLOBIOM tem como foco os setores de agricultura, pecuária, florestas e bioenergia. Os outros setores da economia não estão incluídos no modelo. Os setores da agropecuária e florestas estão integrados no modelo e competem pelo uso da terra.

4) **Modelo de equilíbrio espacial de preço:** é uma categoria específica dos modelos de equilíbrio parcial e de programação linear, sendo útil na análise de fluxos inter-regionais de commodities. O modelo se baseia na suposição de que as mercadorias são homogêneas e, dessa forma, a diferença de preço entre duas possíveis regiões é dada apenas pelo custo de transporte. Essa característica permite a representação de fluxos de comércio bilaterais entre regiões

5) **Modelo dinâmico recursivo:** o GLOBIOM é executado para intervalos de tempo de dez anos através de dinâmica recursiva. Ao contrário de modelos totalmente dinâmicos, os agentes econômicos não consideram os valores futuros dos parâmetros ao longo de vários períodos de tempo. A decisão ótima tomada no período  $t$  depende apenas de decisões que os agentes tomaram no período  $t - 1$ . No início de cada novo período, as condições iniciais do uso da terra são atualizadas a partir das soluções obtidas no período anterior. O modelo é atualizado para cada período de simulação por meio de fatores exógenos, como o crescimento do produto interno bruto (PIB) e o da população.

Grande parte dos resultados obtidos com a utilização do Modelo GLOBIOM vem da representação dos fatores (drivers) de mudança do uso da terra em duas escalas geográficas diferentes, como mostrado na Figura 1. Todas as variáveis relacionadas à terra, como a mudança do uso da terra, o cultivo de culturas, a produção madeireira e os números da pecuária, são expressas de acordo com as variáveis locais. A demanda final, as quantidades de processamento, os preços e o comércio são obtidos em um nível regional. No GLOBIOM, fatores regionais influenciam a alocação do uso do solo em nível local. As restrições locais influenciam no

---

<sup>9</sup> Mais informações sobre o modelo GLOBIOM estão disponíveis em: [www.globiom.org](http://www.globiom.org).

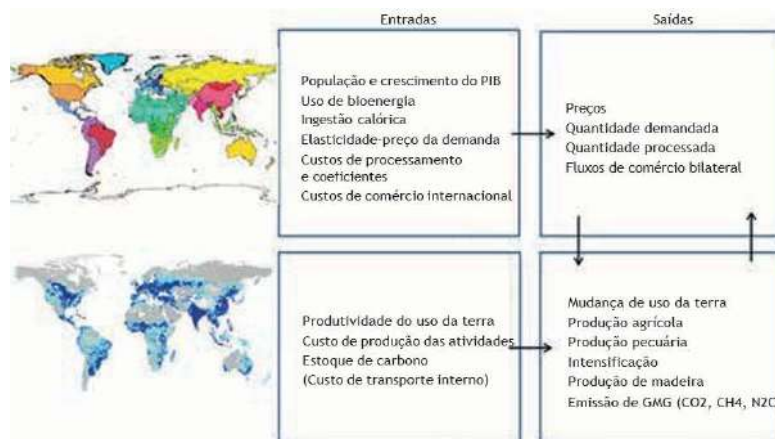
<sup>10</sup> Os agentes são racionais e tomam decisões que maximizam os seus benefícios. À medida que os agentes compram ou vendem mais produtos, os incrementos de satisfação se tornam menores.

<sup>11</sup> A solução satisfaz as restrições discretas de igualdade e desigualdade. O GLOBIOM possui funções não lineares que são linearizadas por partes.

resultado das variáveis definidas no âmbito regional. Isso garante uma coerência completa entre as várias escalas.

Na perspectiva espacial, o GLOBIOM utiliza uma célula com uma área de aproximadamente 50 x 50km na linha do Equador. Nessa escala espacial, o modelo define unidades de resposta homogênea (*homogeneous response units – HRU*). A HRU é um conjunto de células de 50 x 50 km que possuem as mesmas características de altitude, declividade e tipo de solo.

Figura 1: Principais entradas e saídas do modelo GLOBIOM para diferentes escalas



Fonte: (Soterroni *et al.*, 2016).

O GLOBIOM representa a produção de áreas de cultivo agrícola, áreas de pastagens, áreas de florestas manejadas e áreas de florestas de rotação curta (florestas plantadas). O modelo inclui dezoito tipos de culturas, cinco produtos florestais e seis produtos pecuários (quatro tipos de carne, ovos e leite). Os sistemas de produção da pecuária contemplam cinco espécies animais diferentes e têm como base o trabalho desenvolvido pelo *International Livestock Research Institute* da *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (Ilri/FAO).

### 2.3.1 Cenários Base do Modelo GLOBIOM-Brasil no Período 2021-2050

A adaptação do modelo GLOBIOM para o Brasil envolveu não somente a inclusão de dados atualizados específicos para o país, de forma espacialmente explícita, mas também um conjunto de aperfeiçoamentos para representar as regras indicadas no novo código florestal brasileiro, conforme Soterroni *et al.* (2016), que apresenta estudo sobre o uso da terra no Brasil e seus impactos produtivos para o período que se encerra em 2050.

Foram criados diversos cenários por Soterroni *et al.* (2016), mostrados a seguir, considerando o Código Florestal<sup>12</sup> aprovado pelo Congresso Nacional. As regras do Código Florestal implementadas na versão atual do GLOBIOM-Brasil incluem: i) recomposição de Reserva Legal (RL); ii) anistia de pequenas propriedades; iii) Cotas de Reserva Ambiental (CRA); e iv) ações de comando e controle.

Uma informação crucial para qualquer modelo de mudança do uso da terra que seja aplicado ao Brasil é o tamanho da reserva legal por propriedade. As estimativas de possíveis desmatamentos legais e de regeneração florestal nas propriedades dependem de dados precisos sobre as dívidas e os excedentes de reserva legal. Por essa razão, o Código Florestal criou o Cadastro Ambiental

<sup>12</sup> Lei 12.651, de 25 de maio de 2012.

Rural (CAR). O CAR é um registro eletrônico obrigatório para todas as propriedades rurais e visa integrar as informações ambientais dessas propriedades. Quando todas as propriedades estiverem registradas e verificadas, o CAR fornecerá informações que permitirão a aplicação das leis ambientais. No entanto, como esses dados ainda estão sendo trabalhados, as estimativas de débitos e excedentes de reserva legal do GLOBIOM-Brasil foram calculadas com base em algumas suposições.

A primeira diz respeito à destinação das terras públicas, terras fora de áreas protegidas e sem proprietários designados. Considera-se que, em todos os estados brasileiros, com exceção do Amazonas, toda a terra que não é protegida é, ou será, propriedade privada. No estado do Amazonas, existe uma área considerável de terras públicas que ainda não foram destinadas, seja para áreas protegidas, seja para proprietários privados. A segunda suposição está relacionada à falta de informação sobre os limites das propriedades. Para calcular a quantidade de terra a ser restaurada, foram contabilizados os débitos ou excedentes florestais dentro de cada célula (aproximadamente 50x50 km no equador). Primeiro, as áreas protegidas são subtraídas de cada célula e, em seguida, calculou-se o total de vegetação nativa ainda existente nas propriedades no interior da célula. Se essa área for menor do que a quantidade exigida pela regra de reserva legal, a célula terá um débito.

Assim, os cenários apresentados por Soterroni *et al.* (2016) capturam as políticas de uso do solo consideradas pelo MMA com relação ao Código Florestal. As simulações consideram as opções de políticas sobre o uso da terra no Brasil, a economia baseada na terra, a redução de emissões e os impactos sobre a biodiversidade. A Tabela 3 apresenta os cenários utilizados no Modelo GLOBIOM-Brasil em Soterroni *et al.* (2016).

Tabela 3: Cenários do modelo GLOBIOM-Brasil

	BAU	FC	FC cropCRA	FC noCRA	FC noSFA
Lei da Mata Atlântica	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Desmatamento ilegal	-	Não	Não	Não	Não
Terras privadas no AM	-	20%	20%	20%	20%
Anistia de pequenas propriedades	-	Sim	Sim	Sim	Não
CRA em áreas agrícolas	-	Sim	Sim	Não	Sim
CRA em áreas de pecuária	-	Sim	Não	Não	Sim
Reflorestamento	-	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: Soterroni *et al.* (2016).

Legenda: BAU - *Business as Usual*, em que não existia o controle efetivo do desmatamento.

FC - *Forest Code*, captura a implementação do Código Florestal do Brasil aprovado em 2012.

FCcropCRA- Código Florestal com cotas aplicadas apenas na compensação de áreas de agricultura.

FCnoCRA - Código Florestal sem as cotas de reserva ambiental.

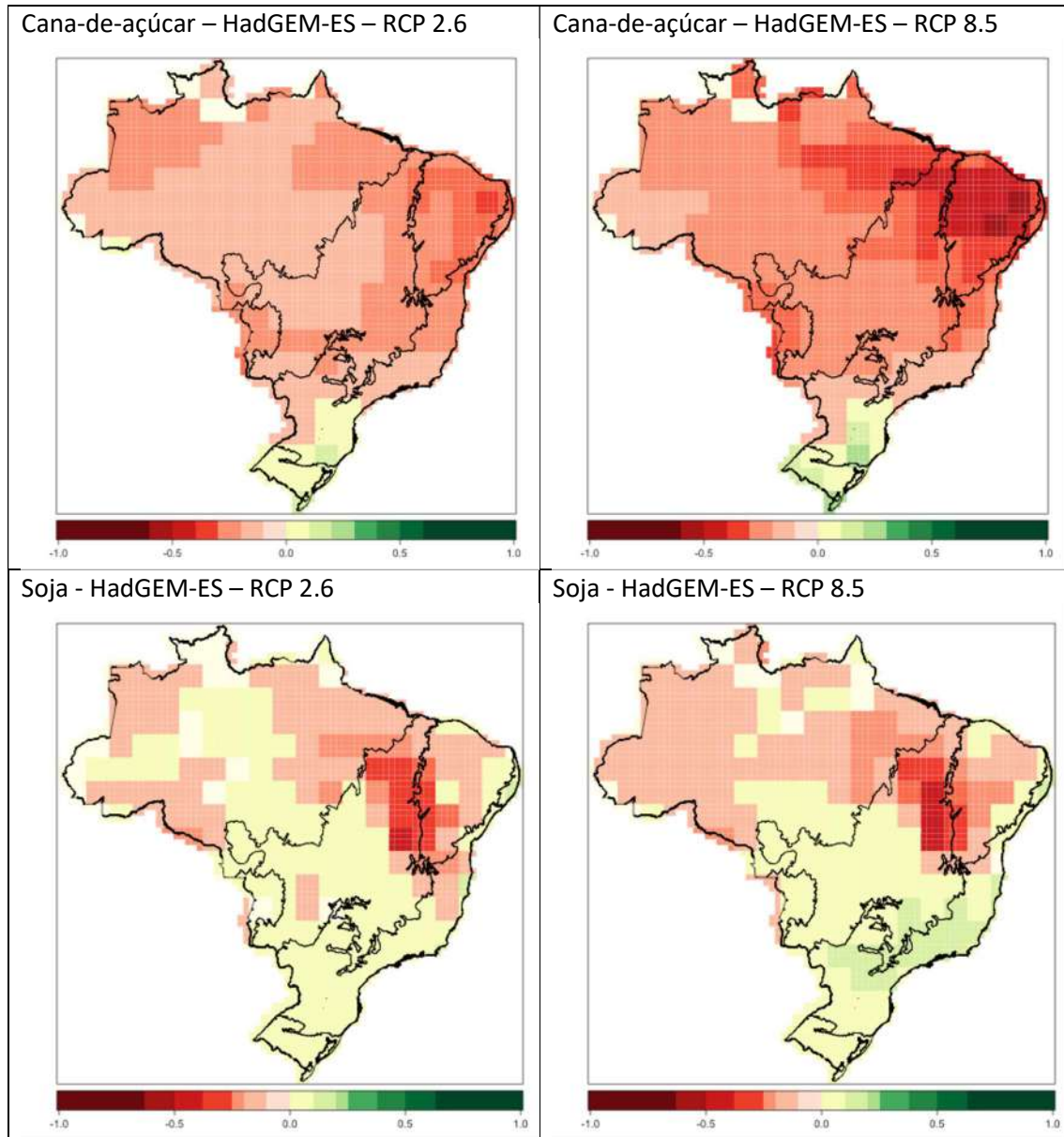
FCnoSFA - Código Florestal sem a anistia de pequenas propriedades.

Foram utilizados aqui neste estudo os Resultados do cenário FC, aquele que captura a implementação do Código Florestal. Desse modo o GLOBIOM-Brasil foi calibrado com os dados do ano 2000, utilizados como condição inicial, e é simulado recursivamente para períodos de 5 anos até 2050. Conforme Soterroni *et al.* (2016), as projeções do modelo para o ano de 2010 foram utilizadas para validação, realizada por meio de comparações com informações disponíveis para o mesmo ano. As informações utilizadas para comparação na validação incluem: (a) área colhida de 15 culturas representadas no GLOBIOM-Brasil disponível na PAM/IBGE (Produção Agrícola Municipal); (b) número de cabeças na produção pecuária obtidos pela PPM/IBGE (Pesquisa Pecuária Municipal); e (c) mapa do desmatamento acumulado na

Amazônia fornecido pelo projeto PRODES/INPE no período 2001-2010. Os resultados obtidos na validação se mostraram consistentes, e deram suporte à obtenção da produção agrícola, pecuária e florestal.

A partir desse cenário, uma nova simulação foi produzida para considerar os potenciais efeitos de mudanças climáticas na produtividade agrícola, pecuária e florestal, o que poderia afetar as escolhas de uso de solo. Adicionalmente, nessa nova simulação, a modelagem inserida no GLOBIOM refinou a possibilidade de duas culturas numa mesma área e num mesmo ano, como a plantação de soja e milho em sequência. Para tal modelagem, foram utilizados os dois cenários extremos de mudanças climáticas discutidos pela Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima (UNFCCC); cinco modelos climáticos que estimem efeitos regionais em outras variáveis além da temperatura, como umidade, incidência de chuvas, e eventos extremos; a reavaliação de processos biofísicos que acabam por afetar a produtividade agrícola, pecuária e florestal; para finalmente inserir esses novos índices de produtividade no modelo GLOBIOM. Assim, o modelo irá simular as decisões de uso da terra (o que plantar, ou não plantar, em que quantidade e com que nível de insumos como irrigação, adubos e defensivos) com base nas novas produtividades, custos e receitas esperadas em cada cultura. Como ilustração, a Figura 2 apresenta os choques de produtividade para cana-de-açúcar e soja em um dos modelos climáticos, em que há uma redução da produtividade para a maioria das células no centro e norte do país.

Figura 2: Choques biofísicos para a produtividade de cana-de-açúcar e soja no Brasil para o ano de 2050, considerando o modelo climático HadGEM-ES e os cenários climáticos RCPs 2.6 e 8.5 – em %.



Fonte: Relatório de pesquisa do IPEA “Impactos das mudanças climáticas na produção agropecuária e florestal do Brasil” (2020).

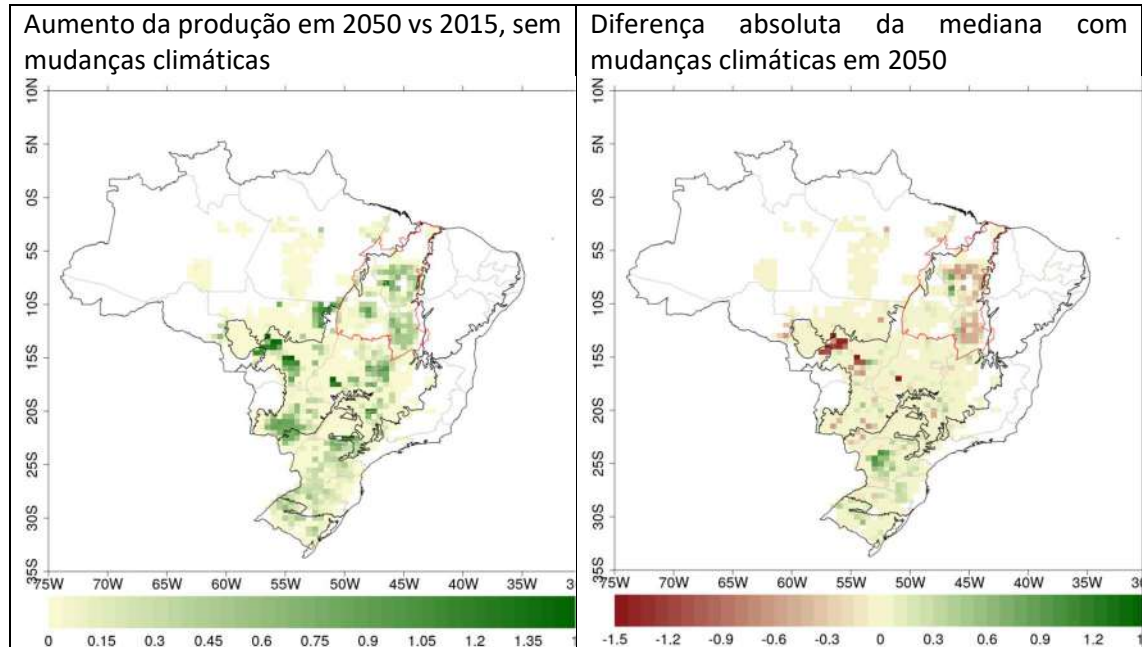
A combinação entre cenários (dois) e modelos climáticos (cinco) produziu 10 subcenários com premissas de alteração da produtividade que foram simuladas no GLOBIOM. Os resultados dessas dez simulações foram então concatenados e serviram de base para as projeções disponibilizadas ao PILPI. A seguir os resultados para a cultura de soja. Os resultados para os demais produtos analisados no GLOBIOM são apresentados no apêndice A.

Ao considerar os impactos das mudanças climáticas em 2050, a produção nacional de soja poderá sofrer uma redução de 11,6% na mediana das simulações em comparação ao cenário “sem mudanças climáticas”. Entretanto, isso significa um aumento de mais de 35% em relação à média observada entre 2015 e 2020. Regionalmente, deve ocorrer uma leve redução na produção do Centro-Oeste e Nordeste, com aumento no Sul. Esse resultado de pequena redução apesar da forte redução de produtividade esperada pelas mudanças climáticas parece ser efeito



da ainda grande disponibilidade de terras agricultáveis no país, além de que os demais países produtores também devem sofrer negativamente.

Figura 3: Distribuição espacial da produção de soja projetada em 2050, cenário sem mudanças climáticas e mediana dos cenários com mudanças climáticas – milhares de toneladas por célula de 50 x 50 km.



Fonte: Relatório de pesquisa do IPEA “Impactos das mudanças climáticas na produção agropecuária e florestal do Brasil” (2020).

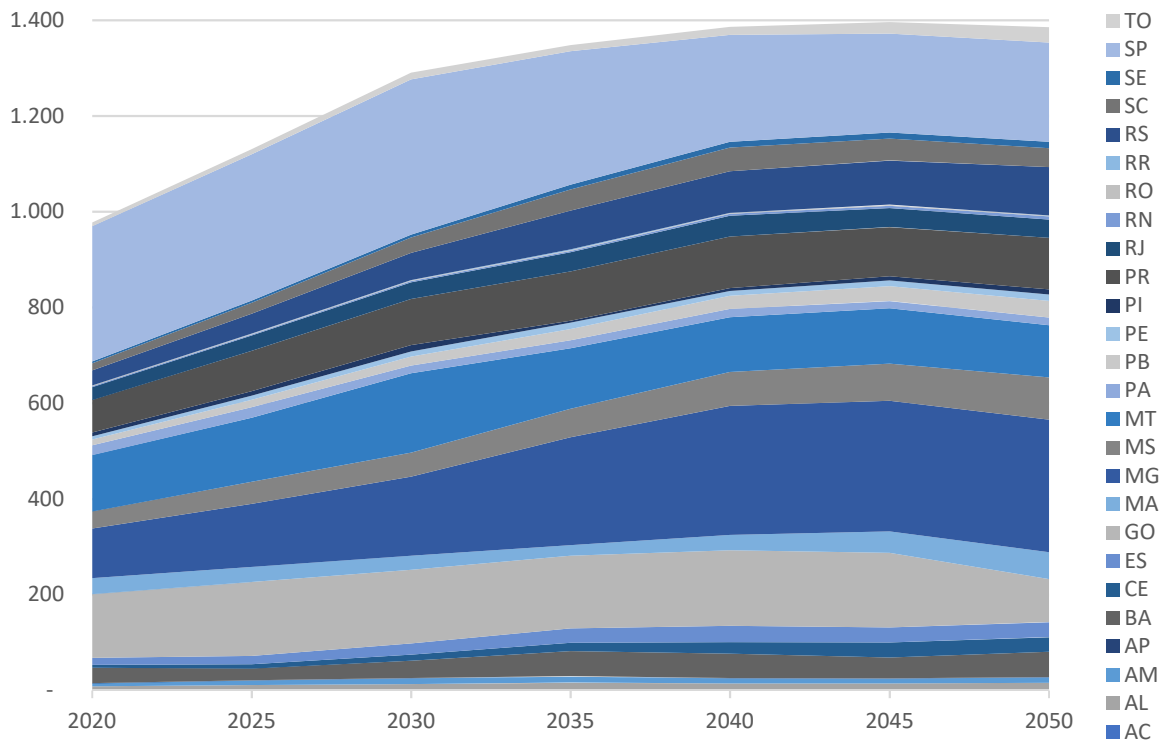
Os resultados das simulações da produção agropecuária e florestal são apresentados a seguir. A Tabela 4 apresenta o resultado em mil toneladas por ano da produção dos produtos considerados no Modelo GLOBIOM-Brasil. A Figura 4 apresenta a produção agrícola projetada por UF, considerados os produtos simulados no GLOBIOM-Brasil, o que não inclui culturas permanentes como frutas e café. Como a cana-de-açúcar, em massa, representa valores bastante elevados, a Figura 5 apresenta os mesmos resultados sem essa cultura, o que tende a ser mais útil ao planejamento de transportes, dado que a movimentação de cana tende a ser de curta distância, da plantação para as usinas próximas. A Figura 6 apresenta as projeções por UF para a produção de pecuária (carnes e leite), mas sem a produção de carne de aves, que não é detalhada no modelo. Por fim, a Figura 7 apresenta a produção estimada para produtos do extrativismo florestal e silvicultura, por UF.

Tabela 4: Projeções de produção do GLOBIOM-Brasil, por produto, em mil t/ano.

<b>Produto</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2035</b>	<b>2040</b>	<b>2045</b>	<b>2050</b>
Cana-de-açúcar	707.888	802.989	928.473	944.816	976.632	974.693	935.201
Soja	113.888	128.535	136.978	144.080	145.367	144.610	149.168
Milho	78.405	108.295	130.280	152.183	156.519	168.633	185.558
Mandioca	39.242	48.947	49.625	58.917	59.784	60.259	67.646
Arroz	17.183	18.091	18.663	19.434	19.256	19.806	19.564
Trigo	6.060	7.671	9.785	12.214	13.598	15.123	15.500
Algodão	3.711	4.059	4.495	4.172	3.814	3.371	2.971
Feijão	3.611	3.756	3.807	3.846	3.998	3.885	3.853
Batata	2.933	2.992	2.680	2.240	1.455	457	-
Sorgo	1.686	2.114	2.285	2.577	2.349	2.287	2.533
Óleo de palma (dendê)	1.276	1.373	1.499	1.579	1.653	1.639	1.677
Batata doce	848	1.052	1.118	1.297	1.255	1.318	1.373
Cevada	531	350	100	22	13	15	18
Amendoim	339	356	359	386	397	410	396
Carne bovina	8.931	9.642	10.276	10.992	11.737	12.451	13.143
Leite bovino	31.883	34.385	36.588	38.450	40.176	41.306	42.164
Carne suína, ovina e caprina	162	187	218	245	266	280	292
Leite ovino e caprino	196	224	259	288	312	326	337
Madeira para carvão vegetal	161.825	164.247	166.384	169.396	171.795	173.867	176.234
Madeira para celulose	240.703	255.513	268.779	287.501	301.845	313.914	327.337
Madeira serrada	140.333	147.330	153.907	162.918	170.368	176.402	183.298
Outras biomassas	8.039	7.943	7.980	7.924	8.033	7.924	7.933

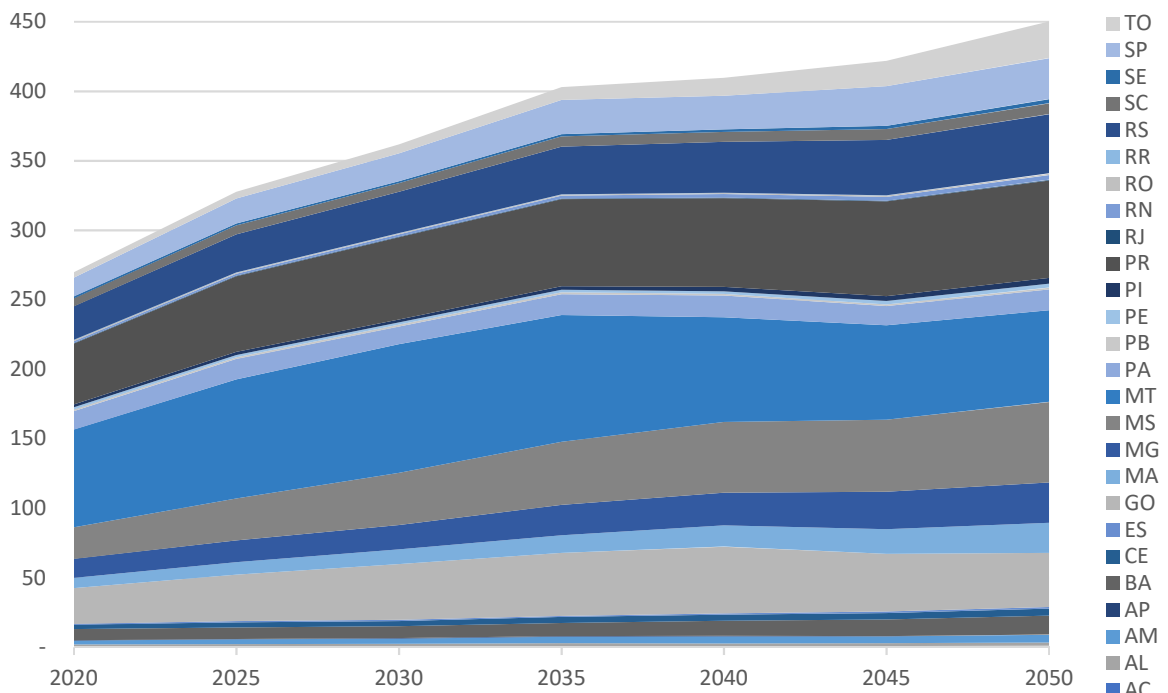


Figura 4: Projeções de produção do GLOBIOM-Brasil para Agricultura <sup>1</sup>, por UF, em milhões de tonelada por ano.



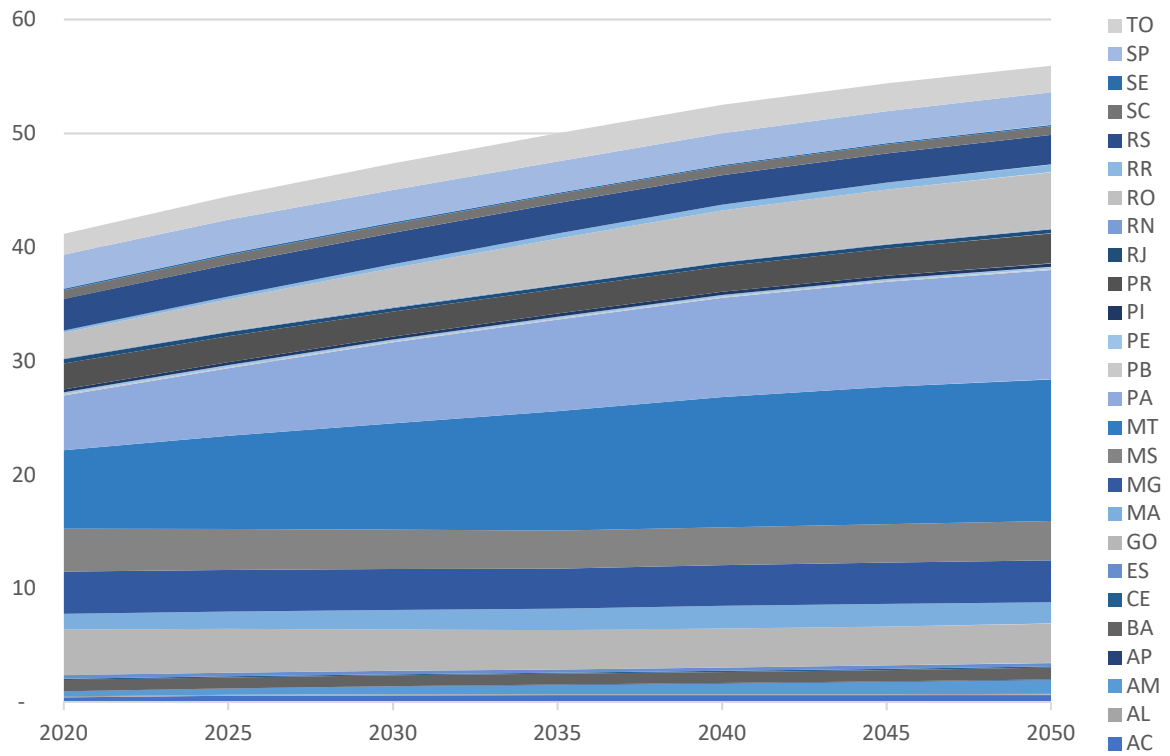
Obs.: 1. Apenas quanto aos produtos considerados no modelo, que não simula culturas permanentes como frutas e café.

Figura 5: Projeções de produção do GLOBIOM-Brasil para Agricultura <sup>1</sup>, sem a de cana-de-açúcar, por UF, em milhões de tonelada por ano.



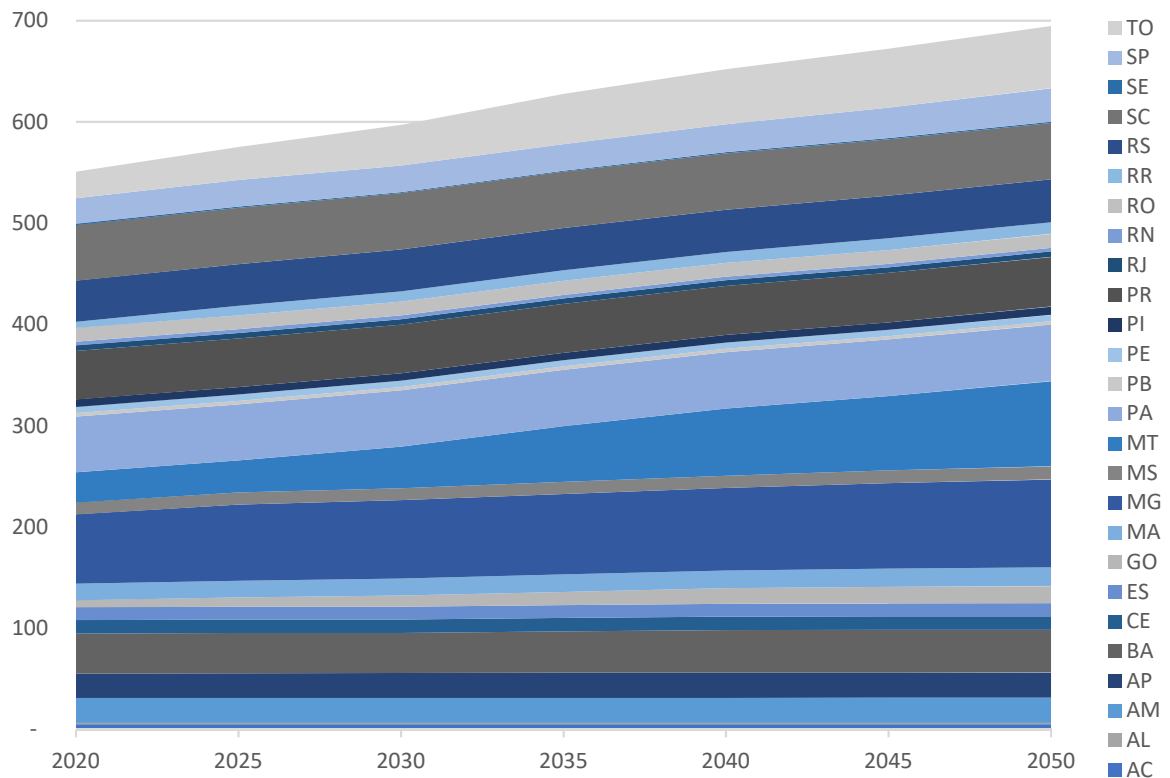
Obs.: 1. Apenas quanto aos produtos considerados no modelo, que não simula culturas permanentes como frutas e café.

Figura 6: Projeções de produção do GLOBIOM-Brasil para Pecuária <sup>1</sup>, por UF, em milhões de tonelada por ano.



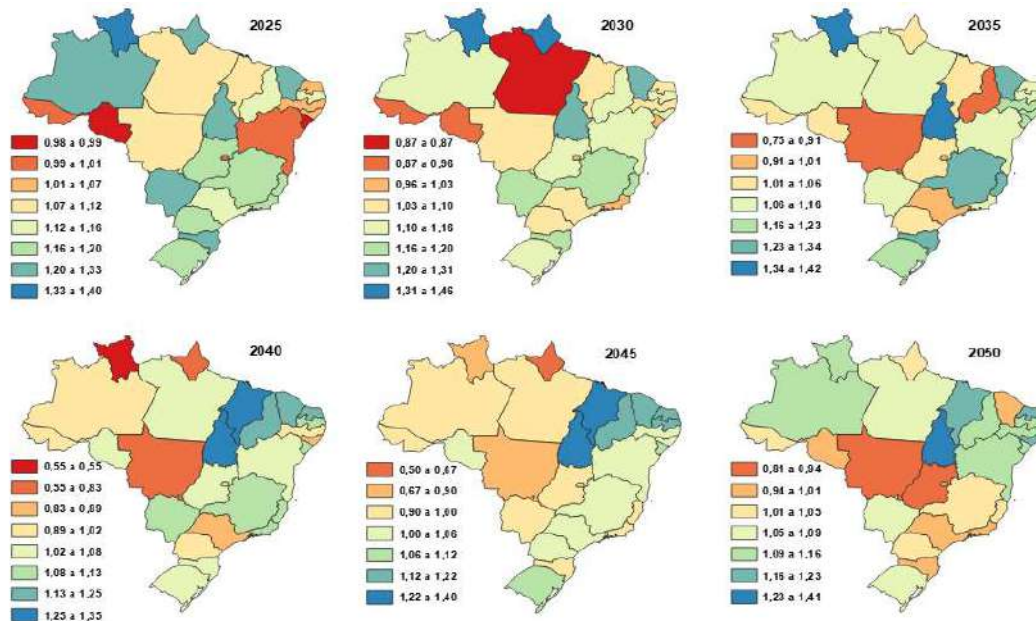
Obs.: 1. Apenas quanto aos produtos considerados no modelo, que não simula a avicultura, por exemplo.

Figura 7: Projeções de produção GLOBIOM-Brasil para Ext. Florestal, por UF, em milhões de tonelada por ano.



Para as estimações produzidas no Modelo EGC Dinâmico foram utilizados os dados de produção dos vinte e nove produtos (dezoito tipos de culturas, cinco produtos florestais e seis produtos pecuários), a cada cinco anos para cada uma das vinte e sete Unidades da Federação (UFs). Esses quantitativos de produção, expressos em volumes físicos de produção, foram convertidos em unidades monetárias a preços de 2020 e agrupados segundo a classificação das Contas Nacionais (CN)<sup>13</sup>. A Figura 8 apresenta a Variação a cada 5 anos do valor da produção dos produtos vinculados ao setor de Agricultura, inclusive apoio à agricultura e a pós-colheita.

Figura 8: Variação Quinquenal do valor da produção da Agricultura por UF – 2020 a 2050

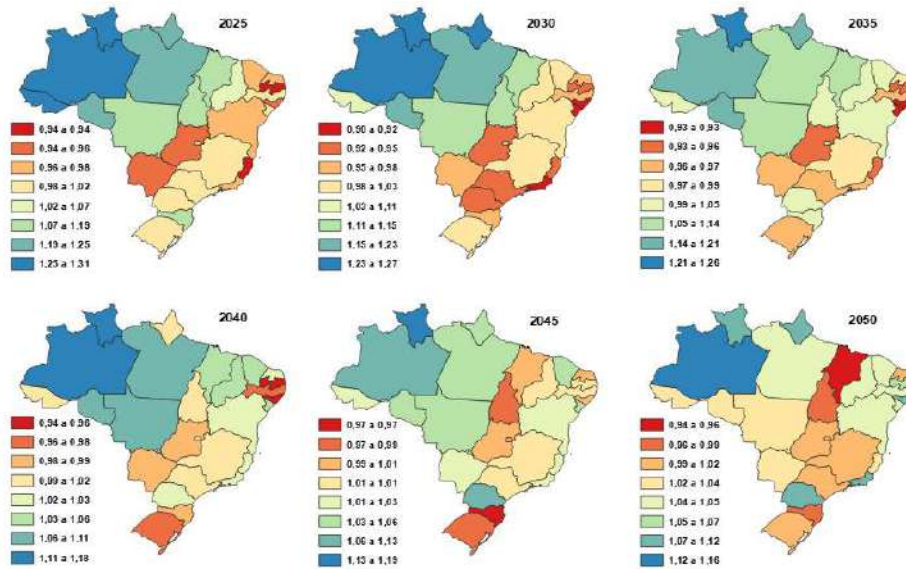


Pela Figura 8 avalia-se que a produção do setor vai crescer durante todo o período na região Norte em especial no Tocantins. Embora o Pará tenha decréscimo no período 2025-2030. Também os estados das região Sul apresentam crescimento durante todo o período, embora em patamares menores. Os estados das regiões Sudeste e Centro-Oeste apresentam crescimento da produção do setor da agricultura nos períodos iniciais e decréscimo nos finais, embora ambas as variações não sejam expressivas.

A Figura 9 apresenta a Variação a cada 5 anos da produção dos produtos vinculados ao setor de Pecuária, inclusive o apoio à pecuária. Denota-se nesse caso que a atividade do setor crescerá expressivamente na Região Norte durante todo o período. Em especial no estado do Amazonas. Já o estado do Tocantins, Mato Grosso e Rondônia terão crescimento da atividade no início do período e relativo decréscimo no final. Possivelmente haverá o deslocamento das atividades agrícolas e pecuárias entre estados do Centro-Oeste e do Norte, o que claramente acontece também com o Maranhão, que principalmente no final do período analisado, apresenta diminuição da atividade pecuária e crescimento da agricultura.

<sup>13</sup> Os setores das CN envolvidos com as produções estimadas pelo GLOBIOM-Brasil são: i) Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita; ii) Pecuária, inclusive o apoio à pecuária; e iii) Produção florestal; pesca e aquicultura.

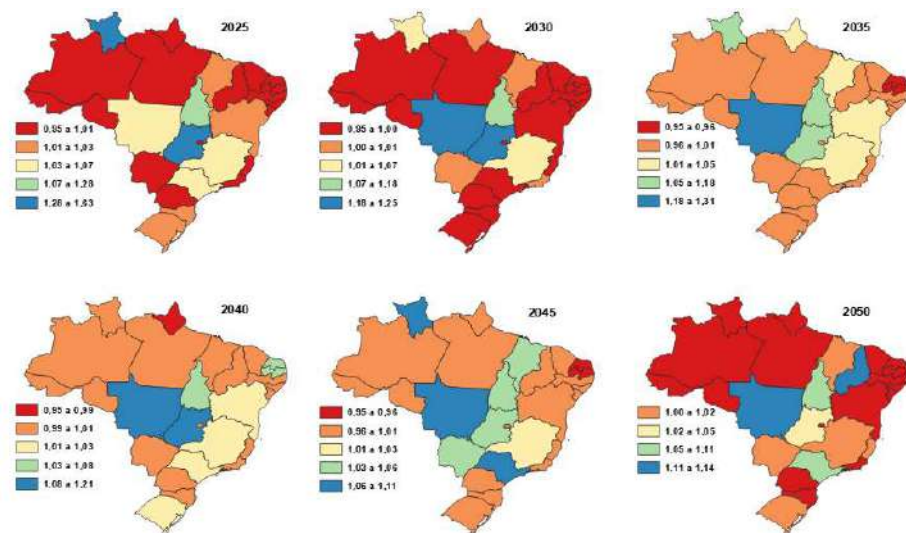
Figura 9: Variação Quinquenal do valor da produção da Pecuária por UF – 2020 a 2050



A Figura 10 apresenta a variação a cada 5 anos da produção dos produtos vinculados ao setor de Produção florestal; pesca e aquicultura. Pela figura a produção do setor vai decrescer em todo o período, especialmente na região Norte, embora alguns estados apresentem crescimento em alguns períodos específicos. Estados como Mato Grosso e Goiás são exemplos desse comportamento do setor.

Em contrapartida, a maior parte dos estados do Sul, Nordeste e Sudeste apresentam decréscimo da produção do setor na maior parte do período. Embora, em períodos isolados, São Paulo e Piauí apresentem crescimento.

Figura 10: Variação Quinquenal do valor da Produção Florestal por UF – 2020 a 2050



Esses resultados do Modelo GLOBIOM-Brasil são utilizados como entrada para o Modelo EGC, visando a análise de cenários macroeconômicos microfundamentados, indicando trajetórias possíveis das mudanças do uso da terra no Brasil entre 2020 e 2050.

## 2.4 Modelo de Equilíbrio Geral Computável

A utilização de modelos de Equilíbrio Geral Computável (EGC) para produzir simulações e previsões econômicas tem aumentado, principalmente nos últimos anos. Conforme Ferreira Filho (2011), isso se deve ao fato dos modelos EGC permitirem, dentre outras características, que sejam observados de forma sistêmica os impactos de mudanças oriundas de diversos tipos de choques provocados por alterações de política econômica ou de mudanças originárias de mudanças no cenário mundial. Impactos macroeconômicos e microeconômicos setoriais e regionais. A interação não-linear entre preços e quantidades para a obtenção do equilíbrio *walrasiano* do sistema, a limitação no uso dos fatores de produção e a representação de toda estrutura da economia são outras características que tornam os modelos EGC extremamente aplicáveis a estudos prospectivos nas simulações de políticas públicas.

Os modelos EGC, tal como proposto por Johansen (1960), atribuem comportamento individual explícito aos agentes. De forma geral, sob esse tipo de modelagem, as famílias maximizam sua utilidade sujeitas a uma restrição orçamentária; as indústrias escolhem os insumos que minimizam o custo de sua função de produção, para atendimento a demanda pelos seus produtos; e o capital é alocado entre as indústrias de modo a maximizar o seu retorno. A produção total da economia é, ainda conforme Dixon e Rimmer (2010), determinada pela ação dos agentes individuais num processo coordenado pelo ajuste de preços para equalizar a oferta e demanda nos mercados de produtos e fatores.

O EGC do tipo dinâmico, utilizado neste estudo, permite que seja verificada a evolução da economia ao longo do tempo. Para tanto, são incorporados explicitamente no modelo a acumulação de capital e os mecanismos de investimento, além de ser descrita a trajetória de variáveis usualmente exógenas, tal como a evolução da população, os preços de exportações, produtividade etc. O modelo é, então, resolvido para cada período, sendo as simulações no período  $t + 1$  a base inicial para o equilíbrio obtido no período  $t$ , característica esta nomeada de dinâmico-recursiva. Não obstante as complexidades adicionais, esse tipo de modelo permite observar mudanças estruturais na economia e a simulação de políticas que são implementadas gradualmente no tempo, tais como ajustes temporais de fundamentos da economia: planos de investimentos, ajustes fiscais e tributários etc.

Este estudo utiliza modelo de EGC dinâmico, adaptado por Oliveira (2020) a partir de (Caliendo, Dvorkin e Parro, 2019)<sup>14</sup>, com o objetivo de estudar previsões do comportamento de fundamentos econômicos. Desenvolve-se modelo dinâmico de comércio e migração espacial para entender e quantificar os efeitos desagregados do mercado de trabalho resultantes de mudanças no ambiente econômico. O modelo reconhece explicitamente o papel das fricções de mobilidade da mão de obra, atritos de mobilidade de bens, fatores geográficos, vínculos entre insumo e produto, além do comércio internacional na definição dos efeitos dos choques nos diferentes mercados de trabalho. Assim, o modelo contém comércio intersetorial, comércio inter-regional, comércio internacional e dinâmica do mercado de trabalho.

Nessa economia, a produção ocorre em mercados espacialmente distintos. Um mercado é um setor localizado em uma determinada região. Região pode ser uma UF do Brasil ou um país. Em cada mercado existe um *continuum* de firmas heterogêneas produzindo bens intermediários como em Eaton e Kortum (2002). As empresas são competitivas, possuem tecnologia de retorno em escala constante e utilizam mão de obra, fatores locais e materiais de todos os outros

<sup>14</sup> Grande parte da exposição que se segue é baseada em Caliendo, Dvorkin e Parro (2019).

mercados da economia. O lado da oferta da economia apresenta famílias voltadas para o futuro, que escolhem trabalhar ou não no próximo período, e em que mercado de trabalho fornecer mão de obra, dependendo de sua localização, estado da economia, custos de mobilidade setoriais e espaciais, e um choque idiossincrático como em Artuç, Chaudhuri e McLaren (2010). As famílias empregadas fornecem uma unidade de trabalho e recebem o salário local competitivo do mercado. Famílias não empregadas obtêm renda em termos de salário desemprego. A incorporação desses elementos fornece um modelo de escolha discreta dinâmica com equilíbrio geral, com características geográficas realistas e vínculos entre insumo-produto.

Com a adoção de um modelo de comércio dinâmico com todos esses recursos, a realização de uma análise contrafactual pode parecer inviável, pois exige a fixação de um grande conjunto de variáveis de estado exógeno (denominadas doravante como fundamentos), como: níveis de produtividade entre setores, regiões, custos da mobilidade bilateral (migração) entre os mercados, os custos bilaterais internacionais e domésticos e as dotações de fatores locais fixos.

A contribuição metodológica de Caliendo, Dvorkin e Parro (2019) foi mostrar que, expressando as condições de equilíbrio em diferenças relativas temporais, pode-se resolver o modelo e realizar análises contrafactuais em larga escala sem precisar estimar os fundamentos da economia. Além dos dados que mapeiam diretamente as condições de equilíbrio do modelo, os únicos parâmetros necessários para resolver a transição completa do modelo dinâmico são as elasticidades do comércio, a elasticidade da migração e o fator de desconto intertemporal.

#### 2.4.1 A Solução do Modelo

O modelo considera o mundo com  $N$  regiões (UFs e países) e  $J$  setores. Usamos os índices  $n$  ou  $i$  para identificar uma localização particular e índice para setores  $j$  ou  $k$ . Em cada combinação setor-região existe um mercado de trabalho competitivo. O tempo é discreto e denotado por  $t = 0, 1, 2, \dots$

As empresas têm tecnologia *Cobb-Douglas* com retornos constantes de escala, exigindo mão de obra, um fator local composto, doravante denominado de capital e materiais de todos os setores. Da mesma forma que Eaton e Kortum (2002), assume-se que as produtividades são distribuídas por *Fréchet* com um parâmetro de dispersão de produtividade específico de cada setor  $\theta^j$ .

Os agregados familiares têm uma visão prospectiva, e decidem de forma ideal para onde mudar, dada a distribuição inicial de mão de obra entre localizações e setores. As famílias enfrentam custos para mudar entre mercados e experimentar um choque idiossincrático que afete sua decisão de movimento. O problema do agregado familiar está intimamente relacionado com o problema de realocação setorial como em Artuç, Chaudhuri e McLaren (2010) e com o modelo de procura laboral competitiva de Lucas Jr e Prescott (1974) e Dvorkin, (2014).

O problema do agregado familiar é o seguinte: eles observam as condições econômicas em todos os mercados de trabalho e as realizações dos seus próprios choques idiossincráticos. Se eles começam o período em um mercado de trabalho, eles trabalham e ganham o salário do mercado. Se eles não são empregados em uma região, eles recebem o salário de reserva. A condição de equilíbrio caracteriza a evolução do estado da economia, a distribuição de emprego e do desemprego entre os mercados  $L_t = \{L_t^{nj}\}_{n=1, j=0}^{N, J}$ , e dada a suposição de tempo, a oferta de trabalho em cada  $t$  totalmente determinada por decisões prospectivas no período  $t - 1$ .



Pode-se especificar, agora, condicionalmente à mão de obra fornecida em cada mercado, uma estrutura de produção estática da economia que permita resolver os salários de equilíbrio em cada momento que os mercados de trabalho fecham.

A produção segue o modelo multissetorial de Caliendo e Parro (2015) e o modelo espacial Caliendo *et al.* (2017). As empresas de cada setor e região são capazes de produzir muitas variedades de bens intermediários. A tecnologia para produzir esses bens intermediários requer mão de obra e capital, que são os principais fatores de produção, e materiais, que consistem em bens de todos os setores<sup>15</sup>. A produtividade total dos fatores (PTF) de um bem intermediário é composta por dois termos, um componente setorial-regional ( $A_t^{nj}$ ) variante no tempo, comum a todas as variedades em uma região e setor e um componente específico de variedade ( $z^{nj}$ ).

A produção para um produtor de uma variedade intermediária com eficiência  $z^{nj}$  é dada por:

$$q_t^{nj} = z^{nj} \left( A_t^{nj} (h_t^{nj})^{\xi^n} (l_t^{nj})^{1-\xi^n} \right)^{\gamma^{nj}} \prod_{k=1}^J (M_t^{nj,nk})^{\gamma^{nj,nk}}$$

Onde  $l_t^{nj}$ ,  $h_t^{nj}$  são os insumos de trabalho e capital, respectivamente, e  $M_t^{nj,nk}$ , são os insumos de material do setor  $k$  demandadas por uma empresa no setor  $j$  e região  $n$  para produzir  $q$  unidades de uma variedade intermediária com eficiência  $z^{nj}$ . Insumos materiais são bens do setor  $k$  produzidos na mesma região  $n$ . O parâmetro  $\gamma^{nj} \geq 0$  é a parte do valor adicionado na produção do setor  $j$  e região  $n$ , e  $\gamma^{nj,nk} \geq 0$  é a parte do valor adicionado dos materiais do setor  $k$  na produção do setor  $j$  e região  $n$ . Assume-se que a função de produção exibe retornos constantes de escala tais que  $\sum_{k=1}^J \gamma^{nj,nk} = 1 - \gamma^{nj}$ . O parâmetro  $\xi^n$  é a parte do capital no valor adicionado. O capital tem oferta fixa em cada mercado de trabalho.

Às remunerações de Capital e Trabalho ainda é adicionada uma massa de rentistas em cada região. Eles são os proprietários do capital local, alugam-no às empresas locais e enviam todas as suas rendas locais para um portfólio global. Em troca, os rentistas recebem uma parte constante  $l^n$  da carteira global, com  $\sum_{n=1}^N l^n = 1$ .

A diferença entre as remessas e os rendimentos que os arrendatários recebem gera desequilíbrios, que mudam de magnitude à medida que os preços de aluguel mudam e são dados por  $\sum_{k=1}^J r_t^{ik} H^{ik} - l^n \chi_t$ , onde  $\chi_t = \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^J r_t^{ik} H^{ik}$  são as receitas totais no portfólio global. O rentista local detém essa fração do portfólio global de capital e usa sua parcela de renda do portfólio global para comprar bens produzidos em sua própria região usando o agregador de consumo (26).

Seja  $X_t^{nj}$  o gasto total de bens do setor  $j$  na região  $n$ . Então, a compensação do mercado de bens implica:

$$X_t^{nj} = \sum_{k=1}^J \gamma^{nk,nj} \sum_{i=1}^N \pi_t^{ik,nk} + \alpha^j \left( \sum_{k=1}^J w_t^{nj} L_t^{nj} + l^n \chi_t \right)$$

Onde o primeiro termo do lado direito é o valor da demanda total do setor  $j$  de bens produzidos na região  $n$  usados como materiais em todos os setores e regiões da economia,

<sup>15</sup> Por exemplo, a atividades de fabricação de móveis e de produtos de indústrias diversas, é um agregado de muitas variedades, artigos de borracha, artigos de plásticos, vidros, produtos metálicos, semiacabados e peças e acessórios. Os móveis são adquiridos pelas famílias para consumo final e pelas empresas como materiais de produção. A utilização da Matriz Insumo-Produto calibra a parcela de gastos por domicílios e empresas (Demanda Final e Consumo Intermediário).

e  $\alpha^j \sum_{k=1}^J (w_t^{nk} L_t^{nk} + l^n \chi_t)$  é o valor da demanda final na região  $n$ . Do mesmo modo, a compensação do mercado de trabalho na região  $n$  e setor  $j$  é dada por:

$$L_t^{nj} = \frac{\gamma^{nj}(1 - \xi^n)}{w_t^{nj}} \sum_{i=1}^N \pi_t^{ij,nj} X_t^{nj}$$

Enquanto a compensação de mercado para o capital na região  $n$  e setor  $j$  deve satisfazer:

$$H_t^{nj} = \frac{\gamma^{nj} \xi^n}{r_t^{nj}} \sum_{i=1}^N \pi_t^{ij,nj} X_t^{nj}$$

O estado endógeno da economia em qualquer momento no tempo é dado pela distribuição da mão de obra em todos os mercados  $L_t$ . Os fundamentos da economia são determinísticos, com variação de tempo e alguma constante. Os fundamentos da economia que variam com o tempo são as produtividades setoriais-regionais  $A_t = \{A_t^{nj}\}_{n=1,j=1}^{N,J}$  e os custos de comércio bilateral  $k_t = \{k_t^{nj,ij}\}_{n=1,i=1,j=1}^{N,N,J}$ . Fundamentos constantes são os custos de realocação de mão de obra  $\Upsilon = \{\tau^{nj,ik}\}_{n=1,j=0,i=1,k=0}^{N,J,J,N}$  e o salário reserva entre regiões  $b = \{b^n\}_{n=1}^N$ . Denota-se os fundamentos variáveis no tempo por  $\Theta_t \equiv (A_t, k_t, H)$  e fundamentos constantes por  $\bar{\Theta} \equiv (\Upsilon, b)$ .

Os parâmetros no modelo, assumidos constantes ao longo deste estudo, são dados pela participação do valor adicionado ( $\gamma^{nj}$ ); a participação do trabalho no valor adicionado ( $1 - \xi^n$ ); os coeficientes de Insumo-Produto ( $\gamma^{nk,nj}$ ); a participação da carteira global ( $l^n$ ); a participação da despesa de consumo final ( $\alpha^j$ ); o fator de desconto intertemporal ( $\beta$ ); as elasticidades do comércio ( $\theta$ ); e a elasticidade da migração ( $v$ ). Passa-se agora a definir formalmente o equilíbrio da economia, dados os parâmetros do modelo.

Primeiro encontra-se os salários de equilíbrio  $w_t = \{w_t^{nj}\}_{n=1,j=1}^{N,J}$  e as alocações de equilíbrio  $\pi_t = \{\pi_t^{ij,nj}\}_{i=1,j=1,n=1}^{N,J,N}$ ,  $X_t = \{X_t^{nj}\}_{n=1,j=1}^{N,J}$ , dado  $(L_t, \Theta_t, \bar{\Theta})$ . Essa é a definição de equilíbrio temporário. Assim se estabelece o primeiro equilíbrio do modelo. O equilíbrio temporário é um vetor de salários  $w(L_t, \Theta_t, \bar{\Theta})$  que satisfaz as condições de equilíbrio. Desse modo, uma economia tem um equilíbrio temporário caso se consiga resolver os preços de equilíbrio, dada a distribuição dos fundamentos e dos fatores de produção.

Depois do equilíbrio temporário, determina-se o equilíbrio competitivo sequencial do modelo, dado um caminho de fundamentos exógenos  $\{\Theta_t\}_{t=0}^{\infty}$  e dado  $\bar{\Theta}$ . Utiliza-se  $\mu_t = \{\mu_t^{nj,ik}\}_{n=1,j=0,i=1,k=0}^{N,J,N,J}$  e  $V_t = \{V_t^{nj}\}_{n=1,j=0}^{N,J}$  como as matrizes migração e utilidades vitalícias, respectivamente. Logo o equilíbrio competitivo sequencial do modelo é uma sequência  $\{L_t, \mu_t, V_t, w(L_t, \Theta_t, \bar{\Theta})\}_{t=0}^{\infty}$  que resolve as condições de equilíbrio e o equilíbrio temporário em cada  $t$ .

Por fim, o terceiro e último equilíbrio, O equilíbrio estacionário do modelo é um equilíbrio competitivo sequencial tal que  $\{L_t, \mu_t, V_t, w(L_t, \Theta_t, \bar{\Theta})\}_{t=0}^{\infty}$  são constantes para todos os  $t$ . O equilíbrio estacionário nessa economia é uma situação na qual nenhuma variável agregada muda com o tempo. Segue que, em um equilíbrio estacionário, os fundamentos precisam ser constantes para todo  $t$ . Em tal equilíbrio estacionário, as famílias podem mudar de um mercado para outro, mas com balanceamento de fluxos de entrada e de saída.

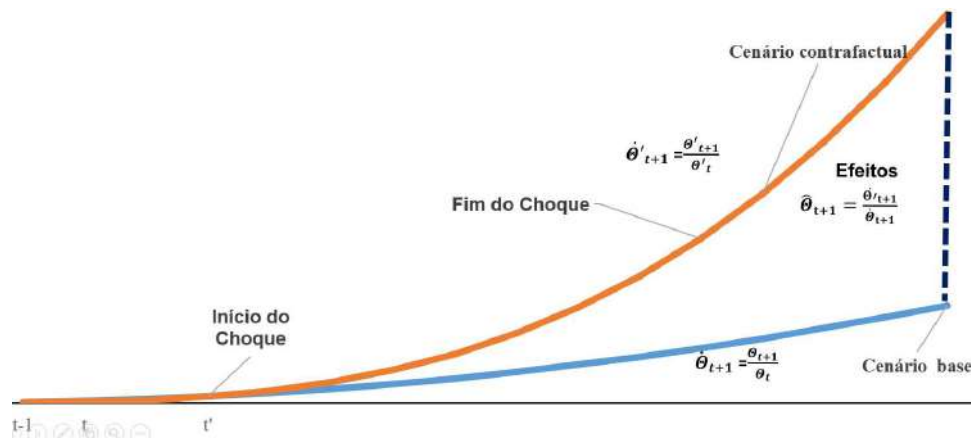


Resolver todas as dinâmicas de transição em um modelo dinâmico de escolha discreta com essa rica estrutura espacial e setorial é difícil, e requer fixar os valores de muitos fundamentos desconhecidos. A partir das definições de equilíbrio, para resolver um equilíbrio do modelo, é necessário condicionar em  $\theta_t$  e  $\bar{\theta}$ , em função dos objetos de estudo, o nível dos fundamentos da economia (produtividades, dotações de capital local, custos de mobilidade da mão de obra, renda do não trabalho e custos de comércio) em cada ponto no tempo. À medida que se aumenta a dimensão do problema, por exemplo, ao adicionar regiões e setores, o número de fundamentos cresce geometricamente.

A estratégia adotada por Caliendo, Dvorkin e Parro (2019) também aqui seguida, é empregar a Dynamic Hat Algebra para diminuir a necessidade de estimar o nível dos fundamentos. Um recurso dessa abordagem é que o impacto de vários cenários contrafactuais pode ser calculado sem estimar toda a estrutura do modelo. Todas as informações relevantes sobre preferências, tecnologia e custos comerciais podem ser inferidas diretamente a partir de dados em *cross-section* dos fluxos comerciais bilaterais e das estimativas da elasticidade comercial. Essa é uma abordagem flexível que requer apenas dados comumente disponíveis, que pode ser aplicada para responder a uma ampla gama de perguntas contrafactuais e que pode ser generalizada para estudar um rico conjunto de ambientes econômicos.

Desse modo, como o modelo é utilizado para estudar as implicações de equilíbrio geral e o impacto de mudanças em fundamentos da economia, torna-se necessário estabelecer os fundamentos para uma economia de referência e resolver o modelo para esse cenário de linha de base. A partir daí, define-se os fundamentos que se quer experimentar e resolve-se o modelo para o cenário contrafactual, conforme apresentado pela Figura 11.

Figura 11: Esquema de solução do modelo



## 2.4.2 Dados e Cenários

Para simular os cenários para economia brasileira no período de 2020 a 2050, combinou-se, então, as previsões do modelo macroeconômico apresentadas na seção 1 e os resultados de produção agropecuária obtidos com o modelo GLOBIOM-Brasil apresentados na seção 2. Esses juntamente com a previsão de crescimento da população foram imputados como dados exógenos no modelo EGC dinâmico.

A aplicação do método da solução exige dados dos fluxos comerciais bilaterais  $\pi_t^{nj,ij}$ , do valor adicionado  $w_t^{nj}L_t^{nj} + r_t^{nj}H^{nj}$ , da distribuição do emprego  $L_t$  e dos fluxos migratórios entre

regiões e setores  $\mu_t^{nj,ik}$ . Também se obteve a parte do valor adicionado na produção bruta  $\gamma^{nj}$ , o consumo intermediário  $\gamma^{nk,nj}$ , a participação do capital no valor adicionado  $\xi^n$ , a participação do consumo final  $\alpha^j$  e as participações globais do portfólio  $\iota^n$ . Finalmente, foi necessário calcular as estimativas das elasticidades de comércio setoriais  $\theta^j$ , da elasticidade de migração  $1/\nu$  e do fator de desconto  $\beta$ .

Desse modo, aliado a outros dados inerentes ao modelo EGC dinâmico utilizado, estimou-se dois cenários: i) o Cenário Referência GLOBIOM, que utiliza as previsões macroeconômicas para o cenário referência e as previsões de produção geradas pelo modelo GLOBIOM-Brasil; e ii) o Cenário Transformador GLOBIOM, que utiliza as previsões macroeconômicas para o cenário transformador e as previsões de produção geradas pelo modelo GLOBIOM-Brasil. Para ambos os cenários foram utilizadas as estimativas de população para o período.

Para produzir a solução, primeiro resolveu-se o modelo para a economia de linha de base para evolução real dos fundamentos da economia de 2014 a 2020 e em seguida, obteve-se as diferenças entre economia de base e uma economia contrafactual com as mudanças exógenas para o período 2020-2050.

O modelo foi implementado em sistema desenvolvido em linguagem *Python* versão 3.8.10. e a plataforma *Statistics Analytix Software – SAS*, que foi utilizada particularmente para o tratamento de dados da RAIS e COMEXTAT. Também foi utilizado o *software* QGIS 3.10 para geração de mapas com dados georreferenciados.

O modelo utilizado para o estudo tem 27 estados do Brasil e 10 países/regiões, a saber: Estados Unidos, China, Mercosul, Comunidade Europeia (EU28)<sup>16</sup>, Ásia, associados do Mercosul<sup>17</sup>, Resto da Américas<sup>18</sup>, Oriente Médio, África e resto do mundo. O critério de agregação/desagregação dos países/regiões foi baseado em ranking de exportações/importações dos países com o Brasil para o ano de 2014.

Para os 10 países/regiões foram utilizados os dados da Base de dados *Global Trade Analysis Project - GTAP Database* versão 10 (GTAP10). Para as UFs brasileiras foram utilizados dados da Matriz Insumo Produto Regional - MIPR estimada, conforme descrito por Oliveira (2020), que utilizou os dados das Notas Fiscais Eletrônicas NFe do ano de 2013 para estimar o comércio Inter-regional brasileiro. Como os dados da MIPR possuem 68 setores e os dados do GTAP10 estão formatados para 65 setores foi necessário o uso de outras bases de dados para o procedimento de reponderação.

Foi obtido o estoque inicial de trabalhadores para 2014  $L_t^{nj}$ , e o fluxo migratório para o mesmo ano  $\mu_{t-1}^{nj,ik}$ . Para o cálculo estoque inicial de trabalhadores utilizou-se os dados das MIPR de cada UF e setor. Portanto, o estoque inicial utilizado expressa o mercado formal e o informal brasileiro.

<sup>16</sup> EU28 é a designação dada à Comunidade Europeia desde 1º de julho de 2013, quando passou a contar com os seguintes países: Alemanha, Áustria, Bélgica, Bulgária, Chipre, Croácia, Dinamarca, Eslováquia, Eslovênia, Espanha, Estônia, França, Finlândia, Grécia, Holanda, Hungria, Irlanda, Itália, Lituânia, Letônia, Luxemburgo, Malta, Polônia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Romênia e Suécia.

<sup>17</sup> Bolívia, Chile, Colômbia, Equador e Peru.

<sup>18</sup> Todos os países da América Central mais Canadá e os países da América do Sul exceto Mercosul e Associados Mercosul.

Em relação ao fluxo migratório, abstraiu-se o fluxo migratório internacional. Ou seja, impõe-se  $\tau^{nj,ik} = \infty$  para todo  $j$  e  $k$  tais que as regiões  $n$  e  $i$  pertencem a países diferentes. Dada essa hipótese, é necessário medir os fluxos migratórios apenas para a economia brasileira, ou seja, para as 27 UFs. Dessa forma, os fluxos migratórios entre as UFs e os setores foram obtidos a partir dos microdados da RAIS-Empregado.

Em função da necessidade de se obter a elasticidade migratória a ser utilizada no modelo, conforme descrito em seção adiante, calculou-se a matriz para todos os anos no período compreendido entre 2007 e 2018. Para cada ano montou-se uma tabela cuja linha representava um trabalhador. Depois emparelhou-se cada empregado durante o período, imputando-o como desempregado quando ele não figurava em determinado ano. Desse modo obteve-se as 12 matrizes de proporções migratórias entre os setores e regiões, bem como a tabela de dados que foi utilizada na regressão utilizada para se obter a elasticidade migratória brasileira.

Utilizou-se um fator de desconto  $\beta = 0,99$ , o que implica em taxa de juros anual de aproximadamente 4%. As elasticidades setoriais do comércio  $\theta^j$  são obtidas de Caliendo e Parro, (2015)<sup>19</sup>. A elasticidade da migração,  $1/\nu$ , foi obtida adaptando-se o método utilizado por Artuç, Chaudhuri e McLaren, (2010). A partir de seu modelo, eles derivam uma equação de estimativa que relaciona os atuais fluxos de migração a futuros salários e futuros fluxos migratórios. Em seguida, eles estimam a equação por GMM<sup>20</sup> e usando como instrumento os valores passados de fluxos e salários.

Para o período de 2007 a 2018, obteve-se uma elasticidade de migração de 0,1131 implicando em  $\nu = 8,8417$ . Esse é o dado utilizado nas simulações apresentadas no capítulo seguinte. Não foram encontrados na literatura qualquer registro de valor de referência para essa elasticidade migratória que considere setores e regiões para o Brasil.

### 2.4.3 Análise dos Resultados

Nesta seção, apresenta-se as previsões / projeções dos fundamentos da economia brasileira para o período de 2020 a 2050. A Tabela 5 mostra a lista de fundamentos / variáveis e seu respectivo escopo de resultados em termos de mercado destino. Por definição um mercado é uma tupla setor e UF ou setor e país.

<sup>19</sup> Foram utilizadas as mesmas elasticidades  $\theta^j$ , tanto nas transações internacionais quanto nas inter-regionais.

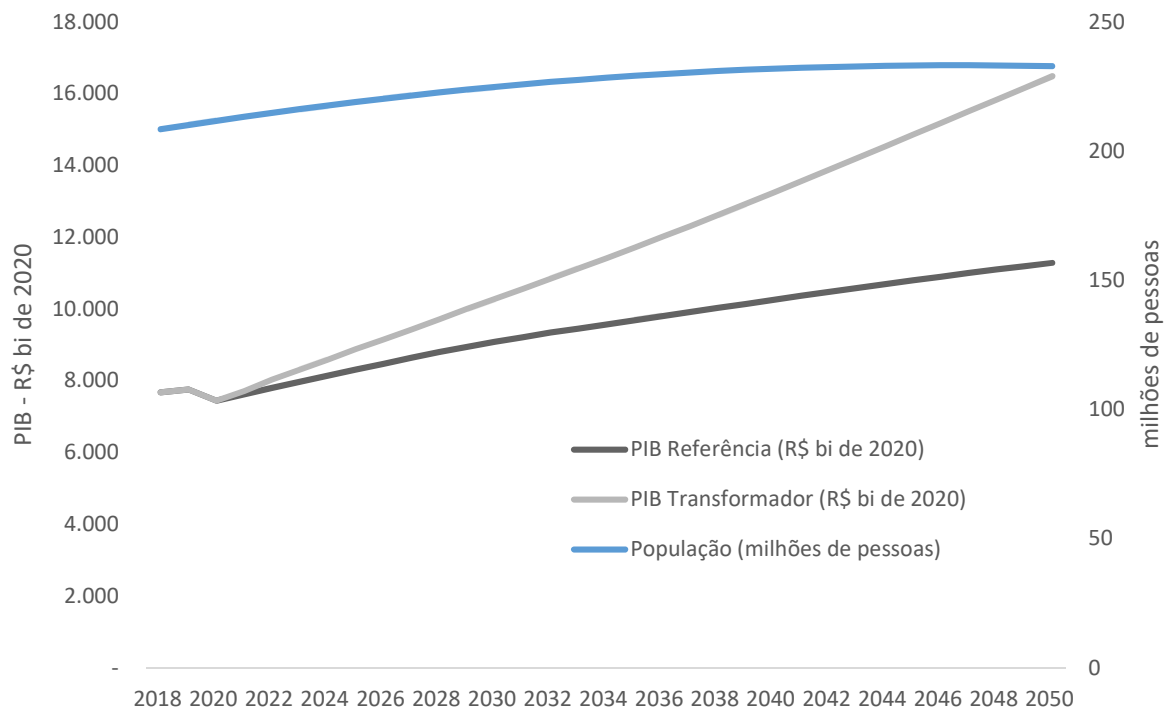
<sup>20</sup> Método de Momentos Generalizado

Tabela 5: Nomes das variáveis de resultados do modelo CGE

Fundamento / Variável	Escopos
Valor adicionado	Total, Trabalho e Capital
Câmbio	Brasil
Exportações	Internas e Externas
Produto Interno Bruto	Total, Estadual, Setorial Nacional e Setorial Estadual
Valor Bruto da Produção	Total, Estadual, Setorial Nacional e Setorial Estadual
Importações	Internas e Externas
Massa Salarial	Total, Estadual, Setorial Nacional e Setorial Estadual
Trabalho	Total, Estadual, Setorial Nacional e Setorial Estadual
Índice de Preços	Total, Setorial Nacional e Setorial Estadual
Produtividade do Trabalho	Total, Estadual, Setorial Nacional e Setorial Estadual
Remuneração do Capital	Total, Setorial Nacional e Setorial Estadual
Preços setoriais	Setorial Nacional e Setorial Estadual
Impostos	Total, Setorial Nacional e Setorial Estadual
Comércio	Região (UF / País) X Região (UF / País)
Desemprego	Total e Estadual
Salários	Setorial Nacional e Setorial Estadual

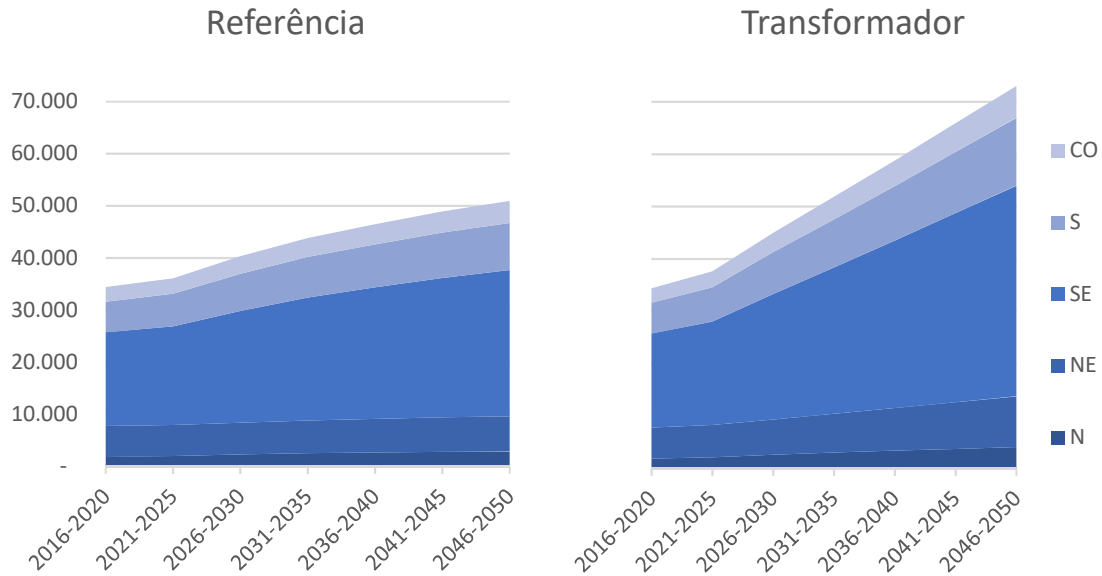
Aqui são apresentados os resultados para os principais fundamentos da economia para os cenários Referência GLOBIOM e Transformador GLOBIOM. O primeiro fundamento analisado é a evolução do PIB.

Figura 12: Evolução estimada do PIB e da população no horizonte 2018 a 2050.



A Figura 12 expressa a própria imputação dos dados na forma de variação do PIB e da população obtida a partir das previsões macroeconômicas apresentadas na seção 2.2. De toda forma, esse resultado mostra que as variações exógenas do PIB foram absorvidas pelo modelo EGC Dinâmico e as dimensões setoriais e regionais, bem como os demais fundamentos endógenos foram equilibrados em função desse fundamento macroeconômico. A Figura 13 apresenta os resultados da evolução do valor adicionado por macrorregião a cada quinquênio, nos dois cenários de crescimento, resultante das simulações.

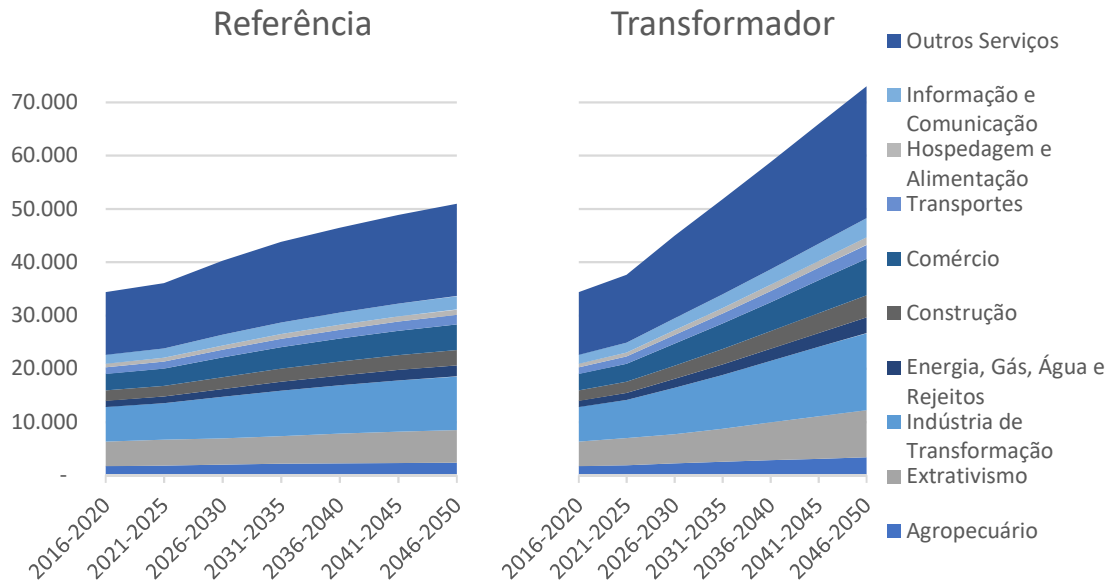
Figura 13: Evolução do Valor Adicionado por macrorregião a cada quinquênio e cenário – em R\$ bilhões de 2020.



Explorando a dimensão setorial, A Figura 14 mostra a evolução do Valor Adicionado (no quinquênio) em cada cenário de Referência para 10 macrossetores<sup>21</sup>, conforme agregação padrão do IBGE.

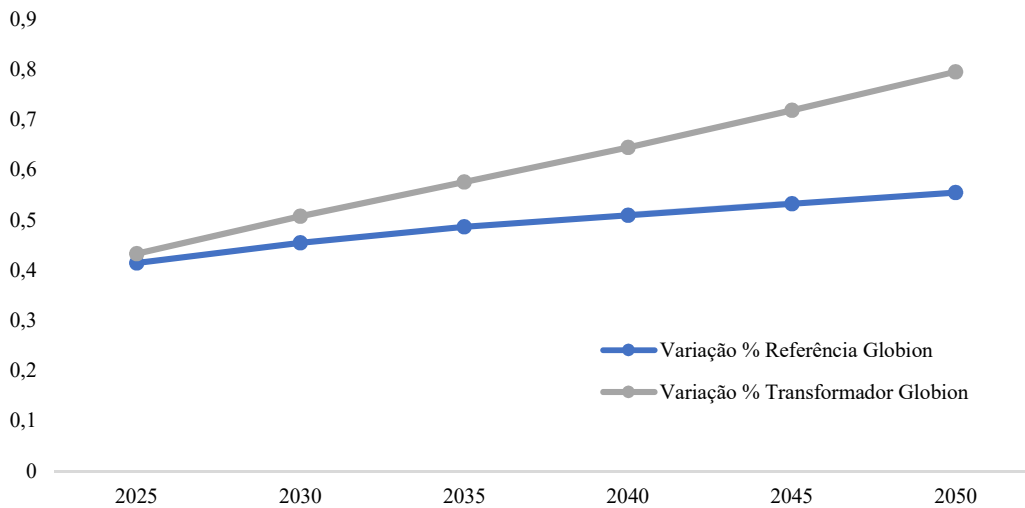
<sup>21</sup> A agregação setorial usada neste capítulo segue o nível de agregação das Contas Nacionais do IBGE, por isso diferentes setores de serviços de infraestrutura aparecem agregados.

Figura 14: Evolução do Valor Adicionado no quinquênio, por Macrossetor e cenário – em R\$ bilhões de 2020.



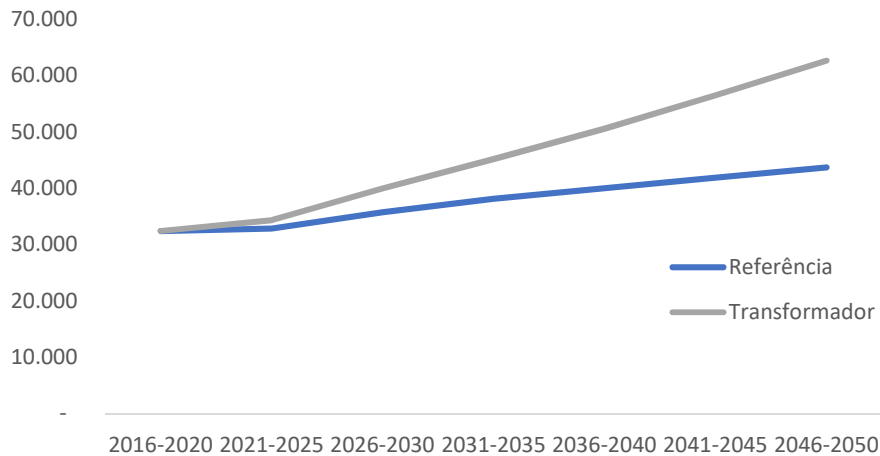
A Figura 15 apresenta a varia o acumulada não normalizada da produtividade do trabalho. Esse fundamento representa um dos *drives* do crescimento. Em ambos os cenários a crescimento da produtividade, embora no cenário Transformador a varia o acumulada da produtividade seja significativamente maior.

Figura 15: Varia o da Produtividade por cenário - 2025-2050



Outro fundamento importante de ser avaliado   o PIB per capita. A Figura 16 mostra a varia o desse fundamento para os dois cenários. Pelo gráfico, denota-se que o comportamento desse fundamento   semelhante ao do PIB e que, no cenário Transformador, a renda per capita deve dobrar nesse horizonte.

Figura 16: Evolução do PIB per capita por cenário, valor médio anual do quinquênio – em R\$ de 2020.



## 2.5 Considerações Finais

Este estudo apresentou simulações para os fundamentos econômicos da economia brasileira para o período 2020-2050. Utilizou-se Modelo de Equilíbrio Geral Computável Dinâmico com 68 atividades econômicas para as 27 UFs. O modelo EGC foi alimentado com previsões macroeconômicas de crescimento do PIB no mesmo período para a economia brasileira produzidas pelo IPEA. O modelo EGC também foi alimentado com a previsão de produção de cada UF na atividade agropecuária e florestal de 29 produtos para igual período. Essas previsões foram produzidas utilizando o modelo GLOBIOM-Brasil.

Os resultados das previsões obtidos a partir do modelo EGC têm nível de detalhes setorial e regional para os fundamentos da economia, o que permite sua utilização como insumo na formulação de planos setoriais da ação de políticas públicas. Portanto, essas previsões serão de grande valia para diversos órgãos públicos, principalmente no nível federal, mas também no nível dos estados. Os órgãos ligados à infraestrutura econômica são os que mais se beneficiam com essas previsões, pois elas resultam de modelo macroeconômico micro fundamentado. As atividades econômicas associadas às infraestruturas refletiriam a demanda por seus produtos/serviços. Em trabalhos futuros deverão ser adicionados ao modelo EGC dinâmico outros componentes que aumentariam a espectro dos movimentos econômicos e que melhorariam as previsões.

### **3. VISÃO DA INFRAESTRUTURA ECONÔMICA PARA OS PRÓXIMOS 30 ANOS**





### 3.1 Introdução

O objetivo pretendido neste capítulo do PILPI é estabelecer uma correspondência entre os cenários de crescimento demográfico e econômico apresentados no capítulo anterior e a necessidade de investimento em infraestrutura econômica.

Por um lado, a infraestrutura econômica compõe parte do estoque total de capital de uma economia, ou seja, pode ser entendida como um dos determinantes do seu nível de produção e de renda. Por outro, o próprio crescimento econômico, ao representar aumento de renda, de capacidade de investimento e principalmente da produção, aumenta a demanda por serviços de infraestrutura, o que pode provocar o aumento do investimento em infraestrutura. Essa via de dois sentidos é considerada neste exercício, podendo o efeito ser maior ou menor, a depender do setor de infraestrutura.

Mesmo levando em consideração que o cenário macroeconômico tenha influência sobre a determinação do nível de estoque de infraestrutura tido como necessário ou desejável, sempre que possível buscou-se, neste trabalho, fundamentar tal estimativa também a partir de dinâmicas específicas de cada setor, considerando questões como avanços tecnológicos, geografia e demografia, mudanças regulatórias e estratégias setoriais. Para tanto, é importante consultar os diversos planos setoriais de infraestrutura, pois, em alguma medida, já capturam essas dinâmicas em sua formulação.

Conforme será detalhado nas seções seguintes, os diagnósticos contidos nos planos setoriais de infraestrutura foram os insumos mais importantes para o resultado obtido. Os principais planos considerados foram:

- Plano Nacional de Logística 2035 - PNL 2035;
- Plano Estrutural de Redes de Telecomunicações - PERT 2019-2024;
- Plano Decenal de Energia 2030 - PDE 2030;
- Plano Nacional de Energia 2050 - PNE 2050;
- Plano Nacional de Segurança Hídrica 2035 - PNSH 2035;
- Plano Nacional de Saneamento Básico 2033 - Plansab 2033; e
- Plano Nacional de Resíduos Sólidos 2040 – PLANARES 2040;

Também é realizada uma estimativa do estoque por setor de infraestrutura. Parte-se do estudo de Frischtak e Mourão (2018), que estimou o estoque como percentual do PIB conforme indicado na Tabela 6, e com base em levantamento sistematizado pelo BNDES, Ministério da Economia e ministérios setoriais sobre os investimentos realizados em cada setor, esse estoque é atualizado até 2020, ano de partida da análise.

Tabela 6: Estoque de infraestrutura em 2016, estimado por Frischtak e Mourão (2018) – em % do PIB.

Setor de infraestrutura	Estoque de capital (% do PIB)
Transportes e Mobilidade	12,1
Energia elétrica e Gás Natural	14,5
Telecomunicações	5,4
Saneamento	4,2
<b>Total Infraestrutura</b>	<b>36,2</b>

Para os anos iniciais da previsão, foram estimados os investimentos já contratados e em estruturação tanto do Programa de Parcerias de Investimento Federal quanto de programas de governos subnacionais, os investimentos com recursos fiscais e as perspectivas de investimento de iniciativa do setor privado que não dependam de programas de concessão rígidos. Esse levantamento permite razoável assertividade até o horizonte de 2025, em boa medida devido ao prazo necessário para estruturação dos projetos. A partir daí, há mais incerteza sobre o ritmo tendencial desses investimentos. Dessa forma, dois cenários, compatíveis com os cenários de crescimento socioeconômico, são estimados. No Referência, os investimentos seguem mais ou menos a tendência prevista para os primeiros quatro anos, com ajustes específicos em cada setor a depender da maturidade das políticas setoriais. Já no Transformador, os investimentos são dimensionados em prol do fechamento dos hiatos identificados em cada setor, a partir dos planos setoriais. Em ambos os cenários se assume que a depreciação ocorrida no estoque existente é repostada. Dessa forma, os investimentos estimados incluem uma parte de reposição da depreciação e uma parte de expansão do estoque.

Ambos os cenários, Referência e Transformador, buscam refletir a Estratégia Federal de Desenvolvimento (EFD).<sup>22</sup> Dada a estreita relação entre demanda por infraestrutura e atividade econômica, cada cenário já implica numa necessidade de investimento diferente. Mas no Transformador busca-se também o fechamento de hiatos entre oferta e demanda em alguns setores. Conforme pode se constatar nas seções seguintes deste capítulo, as divergências entre os Cenários Referência e Transformador tornam-se mais evidentes no médio e longo prazo. Para os setores de energia elétrica, telecomunicações, transportes, que notadamente servem mais como viabilizadores de outras atividades econômicas, essas divergências de necessidade de investimento refletem quase que diretamente as diferentes demandas implícitas em cada cenário macroeconômico. Já em setores mais voltados a servir diretamente os cidadãos, como saneamento básico, infraestrutura hídrica e mobilidade urbana, a demanda mapeada é menos reflexo da atividade econômica e está mais atrelada a questões espaciais e demográficas.

Nesses casos, a diferença entre o comportamento dos investimentos em infraestrutura nos Cenários Referência e Transformador, de médio e longo prazo, não reflete diferença de demanda, mas deve ser entendido como reflexos de diferentes condições institucionais e econômicas para execução do investimento. Assim, o Cenário de Referência de longo prazo considera que serão mantidas as condições atuais de execução do investimento, enquanto o Cenário Transformador considera que haverá melhorias decorrente de avanços institucionais adicionais que permitirão o fechamento do hiato entre oferta e demanda identificado para esses setores. Tais melhorias podem ser traduzidas como: maior disponibilidade de recursos humanos capacitados, melhoria da capacidade técnico-gerencial de empresas e da administração pública, custo de capital compatível com o retorno esperado, segurança jurídica etc.

Nesse contexto, o Cenário de Referência não deve ser entendido como uma indicação de cenário mais provável ou de primeira opção para o planejamento. Ao contrário, esse cenário serve como linha de base ou contrafactual que permite dar a dimensão dos benefícios envolvidos na busca pelo Cenário Transformador. Apesar de todo o esforço de reformas e adoção de boas práticas de planejamento, regulação e contratação já empreendido na área de infraestrutura, e dos bons resultados esperados nos próximos dez anos, essa é uma agenda que precisa prosseguir.

---

<sup>22</sup> Instituída pelo Decreto 10.531/2020, de 26 de outubro de 2020.

## 3.2 Transportes

### 3.2.1 Perspectivas de curto e médio prazo e o cenário de referência para o investimento em infraestrutura de transportes

Neste PILPI consideram-se os modos de transporte terrestres, aquaviários e aeroviário para fins de mapeamento de necessidade de investimento em infraestrutura de transporte. Nos parágrafos seguintes serão descritas as perspectivas de investimento separadamente, por modo de transporte, para serem consolidadas posteriormente, de modo a apresentar uma visão integrada desse setor da infraestrutura.

Para o segmento rodoviário, as informações que serviram de base para a tendência de curto prazo foram: o histórico recente de investimentos da União, Estados e Distrito Federal; o histórico recente das Concessionárias Rodoviárias<sup>23</sup>, a carteira de estruturação de projetos do BNDES; e os editais publicados. A perspectiva é de uma melhora para o período 2021-2025 em comparação com o período 2016-2020, baseado, em parte, numa provável melhora da conjuntura econômica, que foi muito adversa no último quinquênio.

Cabe um destaque à participação de investimentos privados no segmento rodoviário. A expectativa é de concessão de 15 projetos federais e 18 estaduais, para os próximos anos. A extensão da malha a ser concedida, tanto no nível federal como estadual, está exposta na Tabela 7.

Tabela 7: Expectativa de malha a ser concedida nos próximos anos

	2021	2022	2023	2024
Km concedidos em novas <sup>24</sup> concessões	3.082	9.691	12.954	2.216

Em termos de fluxo de investimento, os valores estimados conforme as considerações acima descritas são mostrados na Tabela 8. O total acumulado de investimentos em infraestrutura rodoviária estimado para o quinquênio 2021-2025 é de R\$ 119,8 bilhões. Já para o quinquênio seguinte (2026-2030), o ritmo de crescimento do investimento depende do cenário macroeconômico considerado: referência ou transformador. No cenário de referência o investimento total acumulado estimado é de R\$ 136 bilhões para o segmento rodoviário, o que representa um crescimento médio anual pouco abaixo de 1%.

No segmento ferroviário a composição da tendência de investimento para o curto e médio prazo baseia-se em: carteira do Programa de Parcerias de Investimento – PPI, que contempla as contrapartidas das renovações antecipadas de concessões existentes e novos trechos a serem implantados; Investimentos correntes, realizados pelas empresas que já são operadoras de linhas férreas e, em menor valor, investimentos da carteira pela empresa estatal federal Valec.

<sup>23</sup> A consolidação dos investimentos das empresas concessionárias não considera aquelas com relacionamento com o BNDES, pois nesse último caso os valores considerados foram a partir da carteira de operações do banco.

<sup>24</sup> Embora a ampla maioria dos trechos estejam sendo submetidos à primeira concessão, há casos de licitação de ativos já concedidos, mas cujos contratos estão chegando a termo, como é o caso da Nova Dutra (BR-101 SP-RJ)

Como premissa, no curto prazo (2021-2025) adota-se uma curva padrão de avanço físico-financeiro para os projetos *greenfield* e as renovações contratuais já firmadas ou em processo de efetivação, além de fluxos anuais uniformes para os investimentos das demais concessionárias já operantes e da Valec, todos baseados em valores médios observados no histórico recente. O resultado acumulado de investimento para o período é de R\$ 65,8 bilhões.

No médio prazo (2026-2030), conforme já mencionado para o segmento rodoviário, o crescimento mais ou menos acelerado depende do cenário macroeconômico. No cenário de referência considera-se um ritmo mais lento de expansão da infraestrutura ferroviária, com uma taxa de crescimento anual pouco abaixo de 1%. O resultado acumulado para esse período é de R\$ 71,9 bilhões, ainda acima do primeiro quinquênio de projeção. Nesse cenário ainda não se consideram os potenciais efeitos das autorizações para ferrovias privadas, mas serão no cenário Transformador.

A tendência para investimento de curto prazo (2021-2025) para o segmento aquaviário, que envolve portos e a navegação interior, baseia-se no levantamento de projetos na carteira de BNDES, projetos na carteira do PPI e investimentos correntes dos atuais operadores.

Os projetos da carteira do BNDES compreendem terminais de carga geral, de contêineres e de produtos agrícolas, além de projetos específicos de terminais, como Bamin (BA), Tiplam (SP), Babitonga (SC) e São Luís (MA). Já em relação aos projetos do PPI, adota-se a premissa de 2 anos de implantação, a partir do ano seguinte ao previsto para ocorrer leilão. Por fim, em relação às autorizações vigentes, considera-se um volume de aproximadamente US\$ 500 milhões/ano. Essa estimativa foi feita a partir de dados da Associação Brasileira de Terminais Portuários - ABTP.

Para o médio prazo (2026-2030) no cenário de referência, que reflete conjuntura macroeconômica de baixo crescimento, foi considerado um investimento total de R\$ 25,9 bilhões no segmento aquaviário, o que representa uma redução de quase um terço da tendência mapeada para o curto prazo, que é de R\$ 37,2 bilhões.

No segmento aeroportuário, para mapear a tendência de curto prazo (2021-2025) da dinâmica de investimento em infraestrutura, as principais fontes de dados foram: informações das concessionárias operadoras de terminais aeroportuários, os estudos de viabilidade dos processos de licitação recentes e a ocorrer, relatórios de administração da Infraero e a execução orçamentária recente e leis orçamentárias vigentes do governo federal e de algumas unidades da federação. O total em investimentos mapeado no período é de R\$ 11,3 bilhões. A evolução esperada é de crescimento em 2021, 2022 e 2023, com redução do ritmo de investimento nos anos seguintes.

O cenário de referência para o investimento em infraestrutura aeroportuária no período seguinte (2026-2030), assim como estimado para outros segmentos de infraestrutura de transporte, é de redução para um total acumulado de R\$ 9,7 bilhões. Esses valores são detalhados anualmente na Tabela 8, a seguir.

Tabela 8: Cenário Base para os Investimentos em infraestrutura de Transporte no curto e médio prazo (R\$ bilhões de 2020)

Investimento anual em Infraestrutura de Transportes (R\$ bilhões)										
cenário de referência										
Segmento	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Rodoviário	14,4	18,8	22,1	32,4	32,1	26,4	26,8	27,2	27,6	27,9
Ferroviário	6,7	10,4	15,2	16,6	17,0	14,0	14,2	14,4	14,6	14,8
Aquaviário	4,4	8,2	10,1	8,3	6,1	5,0	5,1	5,2	5,2	5,3
Aéreo	1,7	2,6	3,0	1,8	2,3	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0
<b>Total</b>	<b>27,3</b>	<b>40,0</b>	<b>50,3</b>	<b>59,0</b>	<b>57,5</b>	<b>47,3</b>	<b>48,0</b>	<b>48,7</b>	<b>49,4</b>	<b>50,0</b>

O cenário de referência para os investimentos em infraestrutura de transportes considera a expansão de capacidade de todos os modos de transporte até 2035, o que totaliza R\$ 375,56 bilhões acumulados em 15 anos, e ainda a manutenção da infraestrutura existente num montante de R\$ 362,51 bilhões.<sup>25</sup> Esses valores de investimento são provenientes do Cenário nº 1 do Plano Nacional de Logística – PNL 2035 publicado pelo Ministério da Infraestrutura em 2021, que considera como operativos até 2035 somente os projetos de expansão que atualmente já estão em fase de estruturação ou implantação física.

Para o período restante do horizonte de projeção, ou seja, os quinze anos desde 2036 a 2050, o cenário de referência considera que o volume de investimentos estará limitado ao montante necessário para recompor as perdas por depreciação, e efetuar a expansão de forma a manter a relação de estoque de infraestrutura como proporção do PIB de 2035. Essa premissa considera que seu principal elemento de demanda é o nível de atividade econômica. Como resultado, tem-se um valor acumulado de R\$ 659 bilhões no período. Assim, tem-se um total acumulado de R\$ 1,40 bilhão nos 30 anos do cenário de referência de longo prazo para o investimento em infraestrutura de transporte. O estoque total estimado em 2050 nesse cenário é de R\$ 1,25 trilhão, conforme pode ser visualizado na Figura 18.

A exceção de rodovias, que ainda contam com considerável parcela de investimentos vindos de orçamentos fiscais (federal e estaduais), nos demais subsetores esses investimentos deverão ocorrer por meio da iniciativa privada, ainda que via contratos de concessão. Assim, entre 2021 e 2030, estima-se que 2/3 do investimento em infraestrutura de transporte seja feito via setor privado, e o restante dividido entre orçamento federal (~16%) e de governos subnacionais (~16%).

A análise de cenários feita no PNL 2035 traz à luz indicadores que demonstram quais os impactos gerados por uma eventual da restrição de oferta de infraestrutura de transporte. Ao leitor interessado em maiores detalhes sobre esses aspectos sugere-se consultar, tanto o relatório

<sup>25</sup> Os valores de manutenção aqui adotados resultam numa taxa de (reposição) da depreciação de 2,77% por ano, menor que a estimada por Frischtak e Mourão (2017), de 4,4% por ano. Vale ressaltar, que as metodologias são distintas (estimativa de investimentos necessários em manutenção *versus* indicadores de contabilidade adotados por empresas do setor). De qualquer forma, como o nível de estoque de capital pode ser calculado a partir de séries perpétuas de investimentos, a premissa de depreciação pode afetar fortemente o cálculo de estoque, sem, contudo, alterar as estimativas de necessidade de expansão da infraestrutura.

completo quanto o executivo do PNL 2035,<sup>26</sup> como Observatório Nacional de Transporte e Logística,<sup>27</sup> mantido pela Empresa de Planejamento e Logística (EPL).

### 3.2.2 Identificação do hiato de infraestrutura e o cenário transformador para o investimento de longo prazo em infraestrutura de transportes

O cenário de referência considera os projetos em andamento no setor, especialmente os do governo federal, mas também os sob responsabilidade de estados, distrito federal e municípios, envolvendo tanto os financiados por orçamento público quanto os via parceria ou de iniciativa direta do setor privado. À medida que esses projetos forem sendo executados, há a necessidade de se identificarem as novas oportunidades de investimento no setor, assim como resolver gargalos que venham a surgir com o natural aumento de demanda futuro. O estudo mais abrangente e recente que busca identificar as necessidades e oportunidades de melhoria da rede de transportes é o Plano Nacional de Logística 2035 (PNL 2035), que aporta a perspectiva estratégica no Planejamento Integrado de Transportes, estabelecido por meio da Portaria nº 123, de 21 de agosto de 2020, do Ministério da infraestrutura. Contudo, conforme previsto na referida Portaria, os projetos do setor serão estabelecidos a partir dos planos setoriais, de nível tático, em desenvolvimento e com previsão de conclusão em dezembro de 2022.

O PNL 2035 analisa vários cenários de oferta de infraestrutura de transportes, de mudanças regulatórias e de inserção de inovações tecnológicas frente a cenários de demanda futura prevista para 2035. Os cenários de demanda do PNL 2035 foram derivados dos cenários de crescimento demográfico e socioeconômico apresentados no capítulo 2, já atendendo um dos objetivos do Decreto nº 10.526/2020, o de “harmonizar as premissas e os cenários de longo prazo utilizados como base para o planejamento dos setores de infraestrutura elaborado pelo Governo federal”. A Tabela 9 apresenta as principais características dos cenários analisados no PNL 2035.

---

<sup>26</sup> <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/politica-e-planejamento/politica-e-planejamento/planejamento-integrado-de-transportes>

<sup>27</sup> Acesso disponível em <https://ontl.epl.gov.br/>

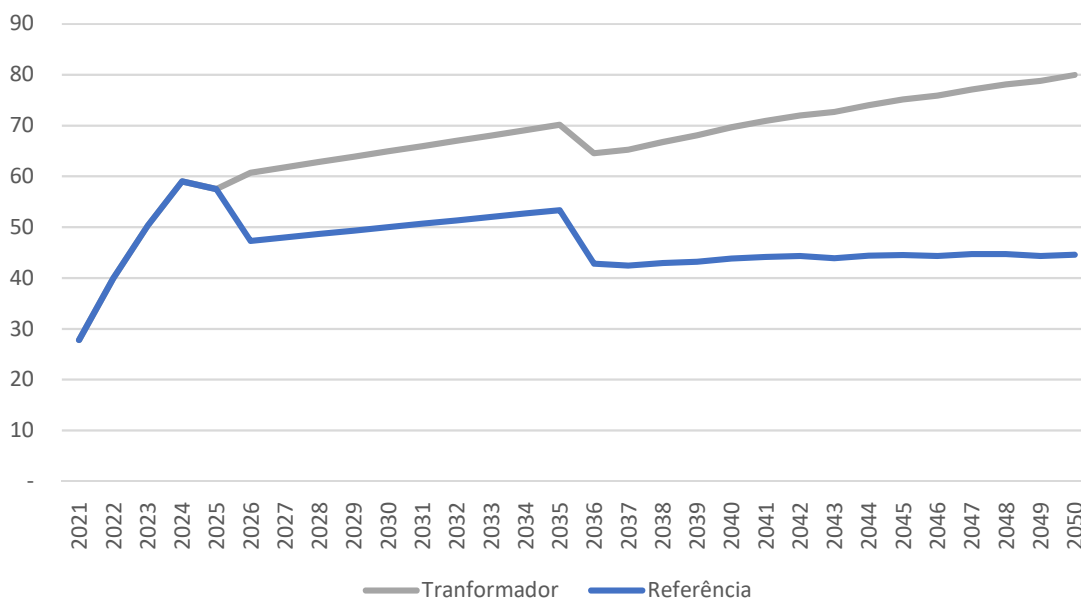
Tabela 9: Cenários de oferta e demanda analisados no PNL 2035.

Cenário	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Contrafactual
Demanda	Referencial	Referencial	Transformador	Referencial	Referencial	Referencial	Referencial	Transformador	Referencial	Referencial
Oferta	Empreendimentos qualificados + previstos no PPA	Empreendimentos qualificados + previstos no PPA + Carteira MInfra de curto prazo	Empreendimentos qualificados + previstos no PPA + Carteira MInfra de curto prazo	Empreendimentos qualificados + previstos no PPA + Carteira MInfra de curto prazo	Empreendimentos qualificados + previstos no PPA + Carteira MInfra de curto prazo	Empreendimentos qualificados + previstos no PPA + Carteira MInfra de curto prazo + parcerias e investimentos estaduais + PHE + PNLP + contribuições da consulta pública	Empreendimentos qualificados + previstos no PPA + Carteira MInfra de curto prazo + trechos ferroviários autorizados	Empreendimentos qualificados + previstos no PPA + Carteira MInfra de curto prazo + parcerias e investimentos estaduais + PHE + PNLP + contribuições da consulta pública + trechos ferroviários autorizados	Grupo de empreendimentos com impacto estratégico mais significativo e desembolso módico	Rede existente (ano base 2020) – nada a fazer
Varição regulatória	-	-	-	BR do Mar	-	-	Trechos ferroviários autorizados	BR do Mar e Trechos ferroviários autorizados	-	-
Inovações tecnológicas	-	-	-	-	Sim	-	Sim	-	-	-
Montante de investimentos (R\$ bilhões)	375,56	410,30	410,30	454,01	410,30	754,65	441,15	789,06	408,86	-

O PNL 2035 faz uma análise estratégica de possíveis intervenções na rede de transportes, sem indicar a prioridade entre os cenários. As avaliações específicas para cada projeto proposto ao PNL serão realizadas nos Planos Setoriais de transporte, conforme organização implementada pela Portaria MINFRA nº 123/2020, o que permitirá a atualização e refinamento dos cenários de oferta de infraestrutura de transporte considerados no PNL e replicados aqui.

A combinação dos cenários 2 a 9 do PNL 2035 permite, porém, indicar um valor médio dos investimentos necessários em expansão da infraestrutura de transportes, de R\$ 509,83 bilhões, que deveriam ser efetivados até 2035, horizonte do PNL. A partir de 2036, semelhante ao considerado no cenário Referência, o estoque deverá ser ampliado *pari passu* ao crescimento do PIB (que é mais acelerado no cenário Transformador). Para atingir essa meta de ampliação de estoque, partindo dos investimentos já em estruturação discutidos no Cenário Referência acima, foi elaborada a seguinte projeção de investimentos, apresentada na Figura 17. Como se observa, nos primeiros anos da série há um montante razoável de investimentos esperados pelos projetos já em estruturação, considerado em ambos os cenários (Referência e Transformador). A partir de 2026, o cenário Transformador apresenta uma projeção de investimentos bem superior até 2035, resultante da ampliação de investimentos na busca da maior meta de expansão desse cenário, e ampliando mais ainda a diferença entre os cenários após esse ano devido ao maior crescimento do PIB e a maior necessidade de reposição da depreciação.

Figura 17: Fluxo necessário de investimentos em infraestrutura de transportes, cenários Referência e Transformador (R\$ bilhões de 2020).



Para isso, será necessário iniciar a estruturação desses projetos antes disso. Uma das fontes dessa ampliação deve vir como resultado do novo marco regulatório<sup>28</sup>, que institui o Programa de Autorizações Ferroviárias, dentre outras providências. Fruto desse novo marco, até o momento da elaboração deste relatório (10/dez/2021), 47 pedidos de autorização para construção e operação de novas ferrovias foram feitos ao Ministério de Infraestrutura. Juntos,

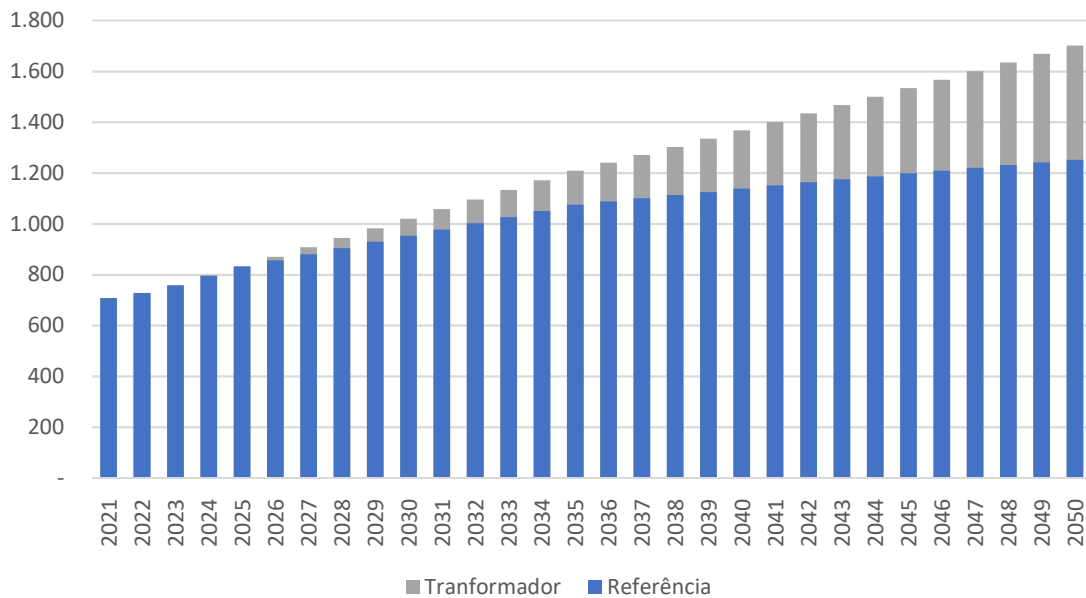
<sup>28</sup> Até o fechamento deste relatório, encontravam-se em tramitação no Congresso Nacional o Projeto de Lei PLS 261/2018 e a Medida Provisória 1.065/2021, ambos prevendo a criação do regime de autorização como forma de delegação à iniciativa privada a implantação e exploração de ferrovias.



esses pedidos representam mais de R\$ 150 bilhões em investimentos previstos e mais de 11,1 mil quilômetros de extensão em novos trilhos. Desse total, R\$ 50,3 bilhões foram autorizados em dezembro de 2021, e representarão uma ampliação da malha ferroviária nacional da ordem de 3,5 mil quilômetros em 9 empreendimentos. Ainda que nem todos os pedidos se confirmem em investimentos, o novo marco deve propiciar tremendo choque de oferta de linhas férreas no país, de forma mais ágil que os processos públicos de estruturação e contratação desses empreendimentos.

O resultado esperado desses investimentos sobre o estoque de infraestrutura de transporte é apresentado na Figura 18. No cenário Transformador, espera-se que o estoque de infraestrutura de transportes praticamente mais que dobre em relação ao de 2021, saltando de pouco menos de R\$ 800 bilhões para cerca de R\$ 1,7 trilhão em 2050. Os efeitos de um maior estoque de infraestrutura de transportes sobre os serviços de transporte de cargas e pessoas, em termos de indicadores como: tempo médio de viagem, redução de acidentes, custo médio de transporte, entre outros, são discutidos no PNL 2035.

Figura 18: Evolução esperada do estoque de infraestrutura de Transportes, cenários Referência e Transformador (R\$ bilhões de 2020).



### 3.3 Telecomunicações

#### 3.3.1 Perspectivas de curto e médio prazo e o cenário de referência para o investimento em infraestrutura de telecomunicações

Para elaborar a projeção para o investimento em infraestrutura de telecomunicações no próximo quinquênio toma-se a taxa de investimento das cinco principais operadoras como referência. Há expectativa de crescimento da receita em 2,5% ao ano e de aumento da relação *capex*/receita das empresas para pouco mais de 25% até 2025, frente à média histórica de 20%. A recuperação econômica e o leilão associado à tecnologia de 5G são os principais fatores que motivam essa expectativa.

Em termos de valores, projeta-se um fluxo anual médio de R\$ 36 bilhões em investimentos em infraestrutura de telecomunicações para o período 2021-2030. A Tabela 10 apresenta esses números para cada ano do período.

Tabela 10: Cenário de referência para investimentos em infraestrutura de telecomunicações no médio prazo (R\$ bilhões de 2020)

Investimento anual em infraestrutura de telecomunicações (R\$ bilhões)									
cenário de referência									
2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
27,63	36,46	38,72	39,13	38,58	37,69	37,30	37,13	33,39	32,39

Por causa dos compromissos de investimento relacionados às outorgas do leilão do 5G, o nível de investimento projetado para os próximos dez anos é bem superior ao esperado em 2021. A maior intensidade de investimentos deve ocorrer nos cinco primeiros anos de outorga, mas no restante do decênio os efeitos esperados ainda são relevantes.

As iniciativas vinculadas ao edital do 5G representam um montante R\$ 74 bilhões do total estimado para ser investido entre 2022 e 2031 e incluem a implantação de redes 5G em municípios, 4G em localidades e rodovias, e a implantação de rede de transporte de dados (*backhaul*) em fibra óptica. Mais detalhes sobre essas iniciativas são dados noutra seção deste documento, juntamente com outras iniciativas do governo federal que vêm sendo estruturadas e implantadas.

O cenário de referência para o longo prazo (pós-2031) é estimado mantendo-se constante a razão entre a variação do estoque de infraestrutura e a variação do PIB, levando a um estoque de R\$ 468 bilhões em 2050, o que equivale a 4,1% do PIB projetado para aquele ano. O estoque considerado como existente em 2020 é de R\$ 363 bilhões e corresponde a 4,9% do PIB. Se, alternativamente, tomar-se como indicador a razão entre o estoque de infraestrutura e a população do país, parte-se de 1,71 R\$ mil/hab. em 2020 e chega-se a 2,01 em 2050. A evolução anual do fluxo de investimentos e do estoque de infraestrutura de telecomunicações é mostrada nas Figura 19 e Figura 20, juntamente com os dados para o cenário transformador, que é tratado na seção 3.3.2.

### 3.3.2 Identificação do hiato de infraestrutura e o cenário transformador para o investimento de longo prazo em infraestrutura de telecomunicações

Grande parte do investimento em infraestrutura no setor de telecomunicações é realizada por empresas que operam em regime de autorização e auferem receitas a partir da disponibilização de serviços atrelados a essa infraestrutura. Isso confere ao setor um dinamismo próprio, que depende menos da atuação estatal, ao contrário do que se observa em outras infraestruturas.

Não obstante o predomínio da dinâmica de mercado na determinação do comportamento do investimento no setor, existe um espaço de ação estatal que busca não só garantir o bom funcionamento desse mercado, como também preencher lacunas relacionadas ao acesso, especialmente a serviços de banda larga (BL).

Atualmente, o principal diagnóstico setorial disponibilizado pelo governo federal é o contido no Plano Estrutura de Redes de Telecomunicações – PERT 2019-2024, elaborado pela Agência Nacional de Telecomunicações – Anatel. A atualização relativa ao primeiro semestre de 2021<sup>29</sup>, destaca que, nos últimos anos, o Brasil registrou um crescimento significativo da quantidade de acessos (assinaturas) de banda larga fixa, especialmente daqueles baseados em infraestrutura de fibra óptica. Atualmente, mais da metade do total de acessos é baseado nessa tecnologia, que está associada a conexões com maior velocidade. No entanto, a penetração da banda larga fixa (razão entre a quantidade de acessos e a população), ainda que superior à medida mundial, está distante à dos países desenvolvidos.

De acordo com o PERT, as áreas urbanas da totalidade dos 5.570 distritos-sede dos municípios brasileiros estão cobertas por algum tipo de infraestrutura de rede de acesso móvel (celular). A grande maioria já dispõe de serviço de quarta geração (4G), que permite conexão em banda larga em alta velocidade, mas 298 contam somente com de redes de tecnologias anteriores (2G ou 3G). No caso das redes de acesso móvel, a maior desafio está associado ao atendimento de localidades não-sede (povoados, vilas, projetos de assentamento etc.), isto é, à interiorização da cobertura do serviço. A Anatel mapeou um total de 16.318 localidades não-sedes no Brasil e analisou a situação da cobertura de 14.641 dessas localidades. Identificou que 6.107 não possuem qualquer cobertura móvel (2G, 3G ou 4G) e 7.703 não possuem cobertura 4G.

Ainda sobre a disponibilidade de infraestrutura de acesso 4G, o PERT apresenta a situação das rodovias federais. O relatório identifica 125.054 km de rodovias federais, dos quais somente 50.647 km (40,5%) são cobertos por serviço 4G.

O PERT também destaca que a disponibilidade e a qualidade dos serviços de telecomunicações, em especial os serviços de banda larga, sejam eles fixos ou móveis, depende da existência de infraestrutura robusta de redes de transporte de dados (*backhaul*) que dê suporte esses serviços. O relatório registra a expansão recente dos *backhauls* em fibra óptica, que, em 2015 estavam disponíveis em somente 48,2% dos municípios brasileiros, mas que, no primeiro trimestre de 2021, alcançavam 82,3% deles. No entanto, aponta que 988 municípios ainda não são atendidos por esse tipo de infraestrutura, a maioria nas Regiões Norte e Nordeste do país e no norte do Estado de Minas Gerais. Além disso, são poucas as localidades não-sede que são

---

<sup>29</sup> [https://sei.anatel.gov.br/sei/modulos/pesquisa/md\\_pesq\\_documento\\_consulta\\_externa.php?eEP-wqk1skrd8hSlk5Z3rN4EVg9uLJqrLYJw\\_9INcO7DaKpAKbylv7ubBI1aN3lJlA06d4GRb0Z8ELSiGeZ-NtRtVHwpuWy0CHD3xiLFbq2zk9ZgwBFI\\_7vMYAsVcubl](https://sei.anatel.gov.br/sei/modulos/pesquisa/md_pesq_documento_consulta_externa.php?eEP-wqk1skrd8hSlk5Z3rN4EVg9uLJqrLYJw_9INcO7DaKpAKbylv7ubBI1aN3lJlA06d4GRb0Z8ELSiGeZ-NtRtVHwpuWy0CHD3xiLFbq2zk9ZgwBFI_7vMYAsVcubl)

alcançadas por infraestrutura de *backhaul*, o que limita a interiorização das redes de acesso de banda larga.

A maior parte das lacunas de infraestrutura de redes de telecomunicações identificadas no PERT serão alvo dos investimentos previstos no cenário de referência, conforme mencionado na seção anterior, uma vez que são objeto de compromissos associados ao leilão do 5G. Já outros desafios são contemplados apenas no cenário transformador, por se entender que demandam uma conjuntura econômica mais favorável, que reduza o seu custo de oportunidade, para que os correspondentes investimentos se viabilizem.

Os investimentos de longo prazo contemplados no cenário transformador são: implantação de redes de acesso 4G em todas as localidades não atendidas e expansão da cobertura do serviço nas áreas urbanas dos distritos-sede; aumento de capacidade das redes de fibra óptica de transporte (*backhauls*) em todos os municípios; implantação de redes de transporte de fibra óptica (*backhauls*) em todas as localidades não atendidas; implantação de redes de acesso em fibra óptica de modo a cobrir todos os domicílios brasileiros; implantação de redes de acesso 5G em todas as localidades não atendidas e expansão da cobertura do serviço nas áreas urbanas dos distritos-sede; e cobertura de rodovias federais prioritárias<sup>30</sup> com serviço móvel 5G.

Cabe uma ressalva de que as iniciativas listadas no parágrafo anterior, embora desejáveis, estão sujeitas a estudos e análises que comprovem a sua viabilidade socioeconômica. Tais análises e estudos demandam tempo e recursos, e somente após certo grau de amadurecimento poderão ser efetivamente incorporadas aos planos de ação do governo. Além disso, as tecnologias indicadas são para servir de referência para a estimativa dos montantes de recursos necessários, não se devendo restringir a adoção de tecnologias mais avançadas que venham a estar disponíveis nesse horizonte.

Com base nas considerações expostas nesta seção, os fluxos estimados de investimentos em infraestrutura de telecomunicações para os próximos 30 anos, nos cenários de referência e transformador são mostrados na Figura 19. Os cenários estimados para a evolução do estoque de infraestrutura de telecomunicações são mostrados na Figura 20. O nível de estoque em 2050 é de R\$ 597 bilhões no cenário transformador, contra R\$ 468 bilhões observado no cenário referência.

---

<sup>30</sup> São as rodovias de que trata o §3º do art. 2º da Portaria nº 1.924/SEI-MCOM, de 29 de janeiro de 2021: BR-163, BR-364, BR-242, BR-135, BR-101 e BR-116.

Figura 19: Fluxo necessário de investimentos em infraestrutura de telecomunicações, cenários Referência e Transformador (R\$ bilhões de 2020)

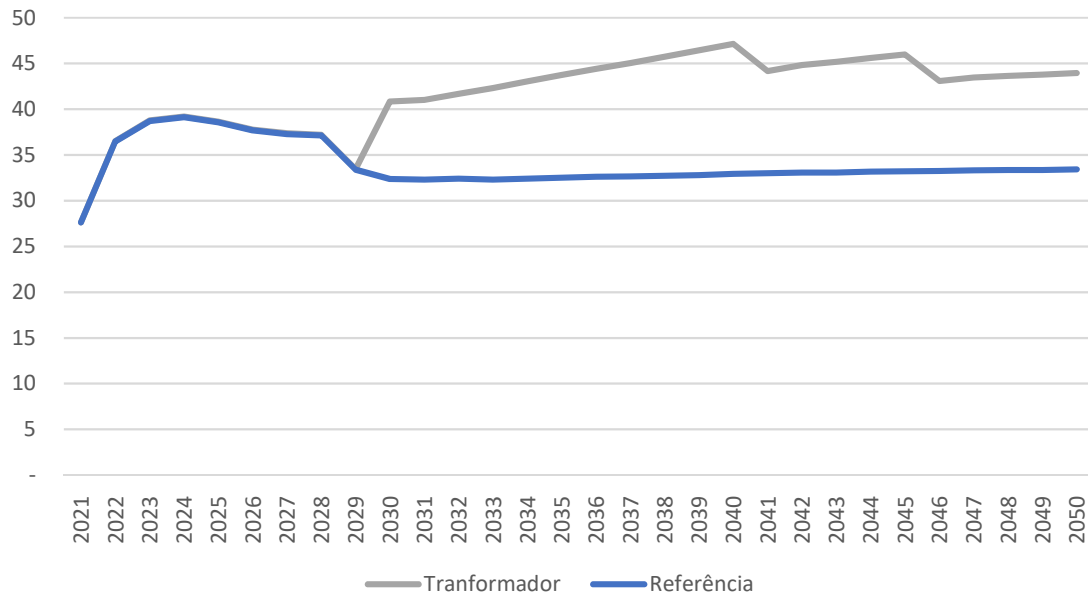
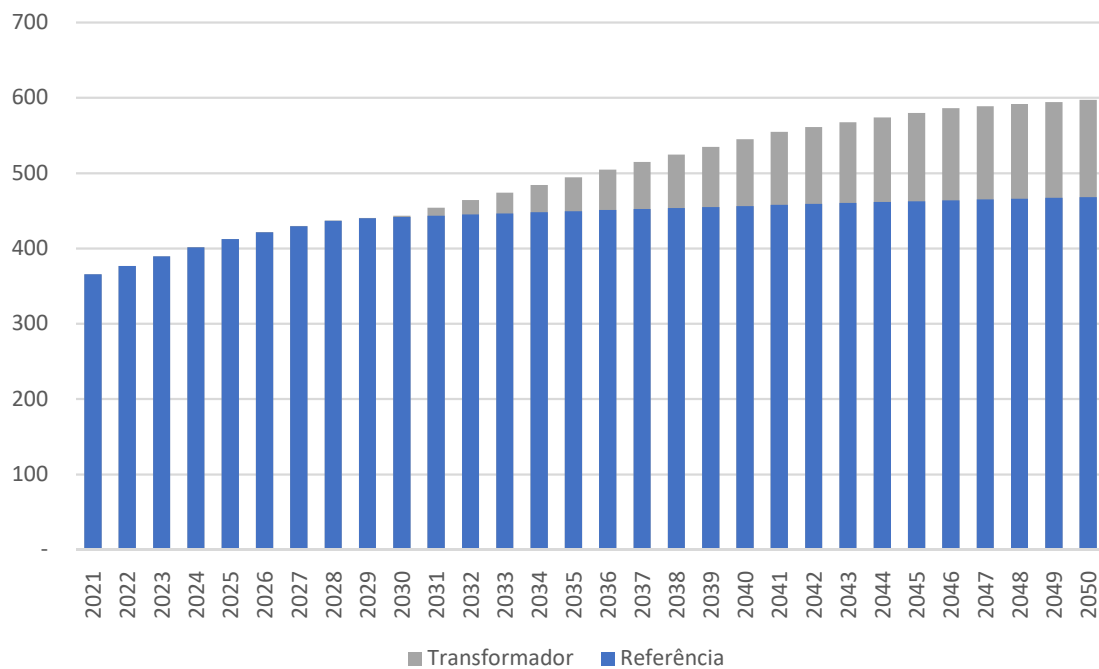


Figura 20: Evolução de longo prazo do estoque de infraestrutura de telecomunicações, cenários Referência e Transformador (R\$ bilhões de 2020)



A realização do cenário transformador para o setor de telecomunicações significaria, em um primeiro momento, a universalização das redes 4G e, na sequência, das redes 5G. Implicaria, ainda, a massificação das redes de fibra óptica e uma ampliação substantiva da capacidade total de tráfego de dados das redes instaladas no Brasil. Nesse cenário, o Brasil reduziria a desigualdade regional em termos de distribuição das redes de telecomunicações, bem como alcançaria níveis de penetração e velocidade da banda larga alinhados aos dos países desenvolvidos.

### 3.4 Energia Elétrica e Gás Natural

#### 3.4.1 Perspectivas de curto e médio prazo e o cenário de referência para o setor de energia elétrica e infraestrutura de gás natural

A expectativa de investimento para o segmento de Geração de Energia Elétrica nos próximos anos baseia-se em três grandes blocos de dados: outorgas concedidas no Ambiente de Contratação Regulado - ACR, outorgas do Ambiente de Contratação Livre - ACL e expansão indicativa do PDE 2030. No caso do segmento de Transmissão, são considerados os dados do Programa de Expansão da Transmissão (PET) e do Plano de Expansão de Longo Prazo, além do próprio PDE 2030. As estimativas do segmento de Distribuição, por sua vez, baseiam-se em dados de anos recentes das empresas distribuidoras atuantes no mercado nacional. Já para o setor de infraestrutura de gás natural (envolvendo gasodutos de escoamento submarinos, terminais de regaseificação de gás natural liquefeito - GNL, dutos de transporte terrestres, Unidades de Processamento de Gás Natural - UPGN, e dutos de distribuição), foram utilizados planos de investimentos divulgados pelas principais empresas do setor.

A consolidação desses valores pode ser observada na Tabela 11, estratificados em três rubricas diferentes: i) MMGD (Micro e Mini Geração Distribuída); ii) Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica; iii) Gás Natural.

Tabela 11: Tendência de curto prazo para os investimentos em infraestrutura de energia elétrica e gás natural<sup>B1</sup> (R\$ bilhões de 2020)

	Investimentos em infraestrutura de Energia Elétrica (GTD) e Gás Natural				
	Cenário de referência (R\$ bilhões)				
	2021	2022	2023	2024	2025
i) MMGD	11,3	9,4	8,9	9,5	8,4
ii) GTD	66,5	55,7	52,3	56,1	49,7
iii) GN	2,2	2,3	2,4	4,1	3,9

A seguir são descritas, com pouco mais de detalhe, as premissas que basearam as estimativas apresentadas na tabela anterior. Para a rubrica “i” foram consideradas as expectativas desse tipo de investimento indicadas no PDE 2030. Os valores referentes à rubrica “ii” foram obtidos a partir dos resultados dos leilões de energia e no histórico recente de investimento para expansão por parte das distribuidoras, cuja taxa de expansão é influenciada por uma composição entre crescimento populacional (75%) e do PIB (25%). Por fim, o montante indicado na rubrica “iii” reflete informações publicadas em Planos de Negócios de empresas transportadoras e distribuidoras de gás natural, bem como anúncios e relatórios referentes a projetos específicos.

Para estimar o cenário de referência de longo prazo (2026-2050), o Ministério da Economia -ME utilizou um modelo simplificado no qual os cenários macroeconômico e demográfico são os principais determinantes dos valores estimados para o fluxo de investimentos. No caso dos segmentos de Geração e Transmissão essa relação entre o comportamento do crescimento econômico, medido pelo PIB, e o comportamento do investimento é extraída dos dados

<sup>31</sup> Não considera, por exemplo, os investimentos relacionados ao setor de petróleo, responsável por expressivo montante de investimentos.

observados no PNE 2050. Essa relação é transportada, então, para o cenário macroeconômico de referência do PILPI. Já para o segmento de Distribuição de energia, a taxa de investimento segue o mesmo comportamento de uma composição entre PIB e demografia com pesos de 0,75 e 0,25, respectivamente, a partir da observação dessas variáveis na última década. Finalmente, para o segmento de Gás Natural, a relação estoque de capital/PIB observada em 2025 é mantida constante pelo resto do período de projeção.

O resultado para o cenário de referência no longo prazo é mostrado na Figura 21 (investimento) e na Figura 22 (estoque), ambas na próxima seção, juntamente com o resultado para o cenário transformador. Cabe mencionar, entretanto, que nos valores apresentados graficamente foram incluídos os investimentos necessários em reposição da infraestrutura, de caráter mais contínuo. Além disso, nesse setor, ainda que alguns projetos de geração e transmissão dependam de iniciativa federal na forma de leilões de energia e de contratos de concessão, a execução é realizada quase na totalidade pelo setor privado, com algumas exceções de programas públicos de aumento de cobertura (como o Programa Luz para Todos), que não se mostram mais necessários no Cenário Referência.

### 3.4.2 Cenário transformador para o investimento em energia elétrica e gás natural

Diferentemente de outros setores da infraestrutura, o planejamento do setor elétrico não identifica um hiato existente a ser preenchido. A necessidade de expansão está primordialmente vinculada à demanda futura decorrente do crescimento da atividade econômica e do aumento de intensidade de consumo de energia associada ao aumento de renda. Outras questões relevantes também consideradas são mudanças tecnológicas e impactos ambientais da matriz de geração.

O planejamento de longo prazo do setor elétrico está contemplado no Plano Nacional de Energia, PNE 2050, aprovado em 16 de dezembro de 2020. O documento foi elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), a partir de diretrizes do MME, e apresenta um conjunto de estudos e diretrizes para o desenho de uma estratégia de longo prazo para o setor energético brasileiro, que compreende outras formas de energia, como derivados de petróleo e gás natural, além do setor elétrico.

O relatório do PNE 2050 apresenta resultados de sessenta e quatro simulações para análise da expansão da oferta de energia elétrica. As simulações combinam os dois cenários de demanda (*Estagnação* e *Desafio da Expansão*) com diversos outros cenários que representam hipóteses sobre opções de políticas setoriais e possíveis comportamentos de parâmetros que afetam o custo da oferta. É importante salientar, contudo, que não há indicação de probabilidades de ocorrência ou critérios de relevância que permitam classificar, priorizar ou ordenar os diferentes cenários indicados no documento.

Os dois cenários de evolução do consumo potencial de energia final serviram de base para encaminhamento das questões<sup>32</sup> de planejamento enfrentadas pelo plano. No cenário de *Estagnação*, a trajetória do consumo de energia per capita mantém-se em torno do patamar observado em 2015. Já o cenário denominado *Desafio da Expansão* caracteriza-se por uma expansão forte da demanda bruta e é nele que se concentram as análises quantitativas de

---

<sup>32</sup> O item 2.3 do PNE 2050 apresenta 11 questões relevantes para o desenho da estratégia de longo prazo.

necessidade de atendimento. Esse último cenário baseia-se em um cenário macroeconômico de longo prazo elaborado pela própria Empresa de Planejamento Energético.

Para o caso específico da oferta de energia elétrica, a análise da sua expansão baseia-se em simulações de um modelo de otimização<sup>33</sup> que tem como função objetivo a minimização do custo marginal de expansão do sistema. O custo de expansão inclui todos os custos de investimento associados a futuros projetos e a projetos já contratados, assim como os custos de operação do sistema existente, acrescido da expansão indicada pelos projetos previstos para entrar em operação no horizonte de análise. Além de custos, outras restrições de caráter operativo são consideradas no cálculo de otimização, como cenários hidrológicos e seus impactos na operação de Usinas Hidrelétricas e a capacidade de atendimento, pelo sistema, a requisitos de potência máxima instantânea. O modelo também é capaz de incorporar efeitos de decisões de política setorial.

Embora os dados no PNE 2050 não tenham sido gerados com o objetivo central de mapear a necessidade de investimento em infraestrutura de geração e transmissão de energia elétrica, entende-se que são capazes de apresentar a leitura de longo prazo desses segmentos. Tomando por base o volume de investimentos associado a cada uma das 64 simulações, observa-se que, à exceção das duas que consideram o cenário de demanda de *Estagnação* e de uma terceira cujo investimento associado está muito acima dos demais, há uma concentração de valores acumulados de investimentos em expansão da geração entre R\$ 1,4 trilhão<sup>34</sup> e R\$ 2,3 trilhões no período 2021-2050. Considera-se que esteja nessa faixa de valores a melhor estimativa para a necessidade de investimento de longo prazo para infraestrutura de geração de energia elétrica.

Sem adotar qualquer tentativa de assinalar probabilidades ou relevância aos resultados das 61 simulações consideradas na amostra, o ME considerou, em sua projeção, a média simples de R\$ 1,9 trilhão para investimentos em geração de energia elétrica no período de 30 anos compreendido entre 2021 e 2050 como a demanda de longo prazo por investimentos nesse segmento. A média do investimento em transmissão correspondente à mesma amostra de 61 simulações é de R\$ 244 milhões. Esse é o ponto de partida para estabelecer um cenário de investimento compatível com o cenário macroeconômico Transformador.

Além disso, é necessário incorporar à necessidade de estoque de infraestrutura de energia elétrica as informações referentes aos segmentos de distribuição de energia e o de gás natural. Com relação a esse último segmento, mantém-se a premissa descrita no cenário de referência, qual seja, a de manter constante a razão estoque/PIB observada em 2025. No segmento de Distribuição, adiciona-se à premissa adotada no cenário de referência uma parcela de investimento adicional referente à intensificação da adoção da tecnologia de *smart-grids*. O resultado obtido pode ser observado na Figura 21 e na Figura 22.

---

<sup>33</sup> No âmbito dos estudos para elaboração do Plano Nacional de Energia (PNE), os estudos de planejamento a longo prazo da expansão da oferta de energia elétrica no Brasil são feitos com auxílio de um modelo computacional, denominado Modelo de Otimização da Expansão da Oferta de Energia Elétrica – PLANEL, desenvolvido pela EPE. Este modelo de otimização resolve um problema de programação linear inteira mista de grande porte cujo resultado determina um cronograma anual viável de expansão das capacidades de geração e de transmissão, minimizando o valor presente do custo total de expansão do sistema (custos de investimento de todos os novos projetos mais custos operacionais de todo o sistema, incluindo o sistema existente) no intervalo de tempo considerado (horizonte até 2050).

<sup>34</sup> Preços de 2020.



Figura 21: Fluxo necessário de investimentos em infraestrutura de energia elétrica e gás natural, nos cenários de Referência e Transformador (R\$ bilhões de 2020)

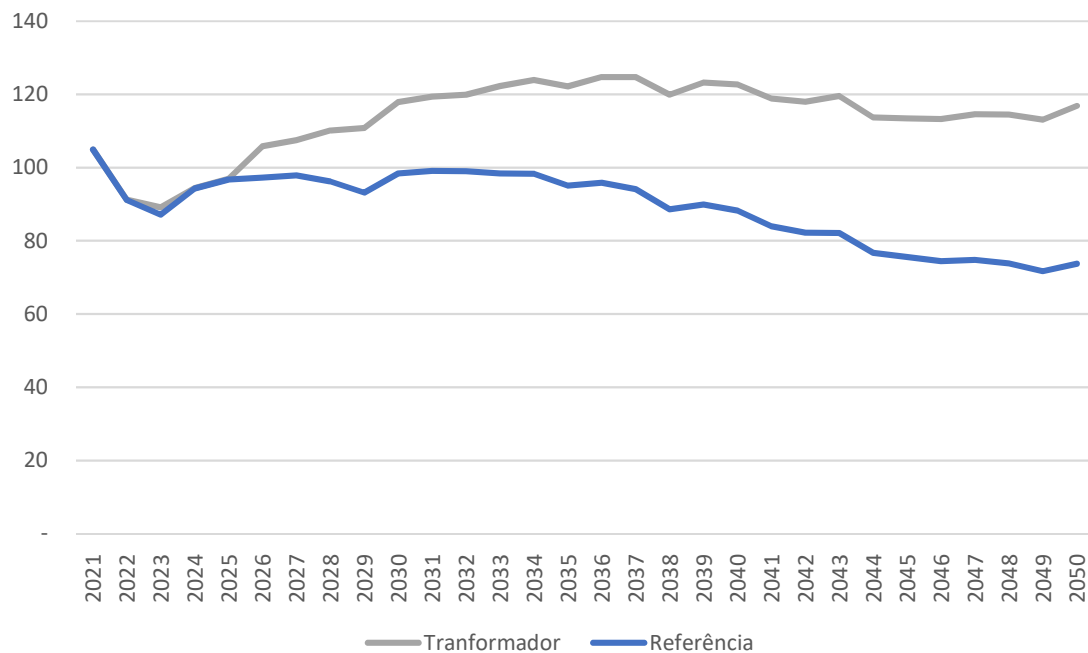
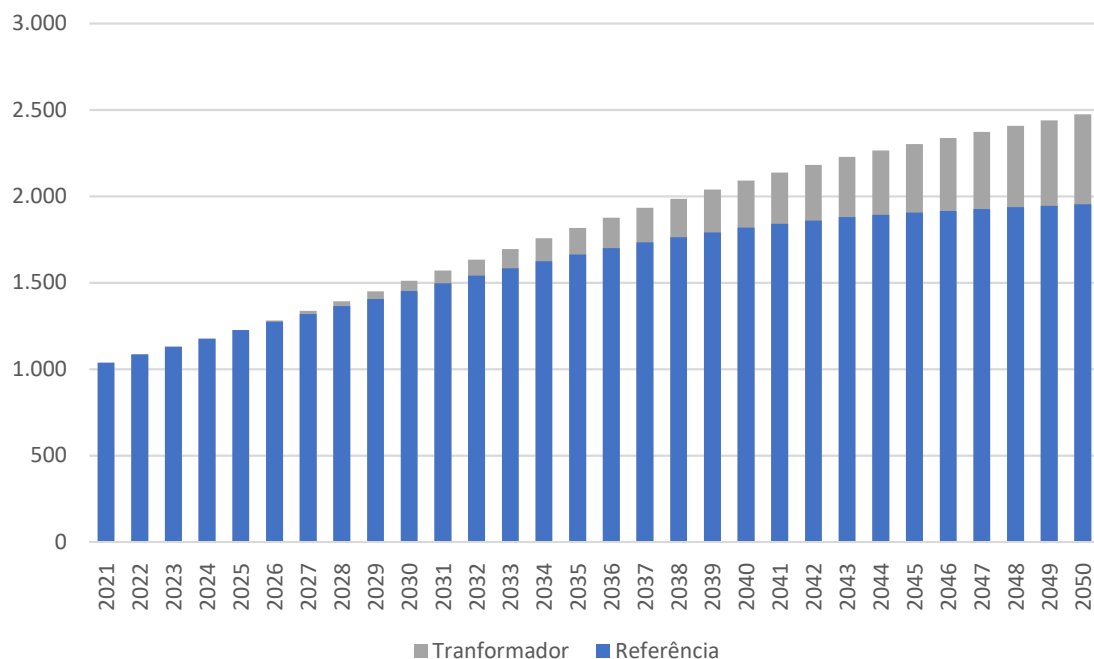


Figura 22: Evolução esperada do estoque de infraestrutura de Energia Elétrica e Gás Natural, cenários Referência e Transformador (R\$ bilhões de 2020).



Ao final do horizonte de 30 anos (2050) o estoque necessário estimado no cenário transformador é de R\$ 2,5 trilhões. No cenário de referência o valor alcançado é de R\$ 2,0 trilhões. A diferença entre os dois cenários justifica-se basicamente pela diferença de trajetória do PIB em ambos os casos. A concretização de qualquer um dos cenários implica no atendimento satisfatório à demanda, pois, como informado anteriormente, não há identificação de um hiato estrutural de fornecimento de energia elétrica.

A atualização anual do planejamento de médio prazo do setor elétrico, com as publicações das edições do Plano Decenal de Expansão de Energia, favorece a tempestiva incorporação de alterações de política setorial que possam impactar a demanda do setor. Isso evita que se configure um hiato estrutural, ou seja, uma demanda não atendida satisfatoriamente, e evita também seus impactos indesejados, como restrições ao crescimento econômico, não atendimento a diretrizes socioambientais, entre outros.

É importante reforçar que essa análise não indica, em qualquer dos cenários, a tendência ou preferência por uma composição específica da matriz de geração. Para observar como a matriz se comportaria em diferentes cenários de longo prazo remete-se o leitor mais uma vez ao PNE 2050.

Por fim, destaca-se que o planejamento setorial de energia engloba, além da oferta de energia elétrica, outros segmentos, oferta de derivados de petróleo e a produção de petróleo e gás natural, responsáveis por montantes expressivos de investimentos<sup>35</sup>. No entanto, para fins do PILPI, esses segmentos não são considerados como infraestrutura, dadas as suas características predominantes de atividade industrial.

---

<sup>35</sup> No PDE 2030, por exemplo, o setor de petróleo é responsável por mais de R\$ 2 trilhões de investimentos no período de 2021 a 2030, valor mais de 5 vezes superior aos investimentos relacionados a oferta de energia elétrica.

### 3.5 Infraestrutura Hídrica e Saneamento Básico (Abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, drenagem urbana, e resíduos sólidos urbanos)

O setor de infraestrutura hídrica, apesar de contribuir para o abastecimento de água, é tratado separadamente do saneamento básico por envolver infraestruturas que promovem o gerenciamento de quantidade, qualidade e regularidade da oferta de água bruta para diversos usos, não apenas o abastecimento humano. As tipologias acabam sendo semelhantes a algumas estruturas de sistemas de abastecimento urbano de água, como barragens, adutoras e canais, mas se diferenciam pela maior abrangência geográfica, extrapolando os limites municipais e/ou das microbacias hidrográficas e, especialmente, pela diversidade de usos e beneficiários.

O PNSH, que é o principal instrumento de planejamento da infraestrutura para esse setor, foi desenvolvido para identificar gargalos de segurança hídrica e é a principal fonte de informações para as projeções aqui apresentadas sobre esse setor.

O setor de saneamento básico, por sua vez, envolve quatro subsetores e conta com dois grandes planos de abrangência nacional que tratam do tema: o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), publicado em 2014 e revisado em 2019, e o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares), lançado para consulta pública em 2020. O primeiro tem o horizonte de planejamento até 2033, enquanto o segundo até 2040. A classificação aqui adotada, portanto, se deve em grande parte à disponibilidade de informações oriunda desses planos.

O PLANSAB é a principal fonte para as projeções relacionadas aos subsetores de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, drenagem urbana e resíduos sólidos. O Planares serve como referência complementa, no caso desse último subsetor.

#### 3.5.1 Perspectivas de curto e médio prazo e o cenário de referência para o investimento em infraestrutura hídrica e infraestrutura de Saneamento Básico

As estimativas de investimentos em Saneamento Básico foram obtidas a partir da análise de planos de negócios das principais companhias estaduais de saneamento básico, dos investimentos indicados em projetos de concessão e PPPs já estruturados e de estimativas iniciais de projetos ainda em estruturação. Soma-se a isso a previsão de investimentos públicos, mais concentrados no setor de infraestrutura hídrica e, no caso de saneamento básico, nos segmentos de drenagem urbana e Resíduos Sólidos Urbanos.

Já é possível observar um aumento nas perspectivas dos investimentos em saneamento básico, em comparação ao passado recente, em virtude, principalmente, dos novos projetos de concessões e PPPs, os efeitos das novas concessões, feitas em consonância com os princípios e diretrizes do Novo Marco do Saneamento.

O Novo Marco do Saneamento atualizou a legislação do setor tendo como princípio norteador a busca pela universalização do acesso aos serviços públicos de saneamento básico. Para isso, a nova legislação estabelece regras que buscam estimular a competição no setor e facilitam o aumento da participação privada.

Além do aumento da concorrência, outro ponto central do Novo Marco é a busca pela melhora da qualidade dos serviços prestados por meio do estabelecimento de índices mínimos de

desempenho e eficiência e de normas de referência para a regulação. Finalmente, o estímulo à prestação regionalizada dos serviços é uma das mais importantes inovações do Novo Marco com o objetivo de se obter ganho de escala e atrair mais investidores.

Após sua entrada em vigor, em julho de 2020, já foram realizados cinco leilões de concessão<sup>36</sup> que arrecadaram um total de R\$ 25,6 bilhões em outorgas, prevendo novos investimentos de, ao menos, R\$ 39,7 bilhões no setor durante o período das concessões. Outros cinco<sup>37</sup> leilões já estão previstos, estimando mais R\$ 20,3 bilhões em novos investimentos.

A Tabela 12 apresenta os valores estimados para 2021 a 2030.

*Tabela 12: Investimentos e estoque estimados para os subsetores de saneamento básico no Cenário Referência (R\$ bilhões de 2020).*

Setor/Subsetor	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Infraestrutura hídrica	1,6	1,6	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Água e esgoto	13,7	16,7	18,9	23,1	23,7	24,0	24,2	24,3	25,0	25,8
Drenagem urbana	-	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Resíduos Sólidos Urbanos	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Total investimentos	15,9	20,1	21,8	26,1	26,7	27,0	27,3	27,3	28,1	28,9
Inv. % do PIB	0,2%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%
Estoque (R\$ bilhões)	290	303	317	335	354	372	391	409	427	446
Estoque (% do PIB)	3,8%	3,9%	4,0%	4,1%	4,3%	4,4%	4,5%	4,6%	4,8%	4,9%
Estoque per capita (R\$/pessoa)	1.358	1.408	1.465	1.541	1.616	1.691	1.764	1.835	1.908	1.982

Para além de 2030, nesse Cenário Referência, em decorrência da não existência de projetos identificados de maneira a abranger todo o escopo colocado como meta pelo Novo Marco, assumiu-se que os investimentos deverão basicamente ser suficientes para repor a depreciação dos ativos existentes e aumentar a cobertura de saneamento básico no mesmo ritmo observado na última década. Como resultado, a meta prevista no Novo Marco do Saneamento, de atendimento de 99% da população com água potável e de 90% da população com coleta e tratamento de esgoto, seria alcançada apenas em 2050.<sup>38</sup> Conforme a responsabilidade constitucional de cada setor, os investimentos em infraestrutura hídrica devem depender de disponibilidade no Orçamento Fiscal da União, enquanto não for possível definir meios de cobrança dos serviços que tais infraestrutura prestam de forma adequada para permitir sua concessão a operadores privados. Já os demais setores são de responsabilidade de estados e municípios, que decidem a conveniência de concedê-los a exploração por investidores privados.

<sup>36</sup> Até 10 de dezembro de 2021 ocorreram os leilões: Alagoas (Bloco A); Rio de Janeiro (Blocos 1, 2 e 4); Sanesul/MS (PPP); Cariacica e Viana/ES (PPP); e Amapá

<sup>37</sup> Em dezembro de 2021 estão previstos os leilões: Rio de Janeiro (Bloco 3); Alagoas (Blocos B e C); Porto Alegre/RS; Ceará; e Paraíba.

<sup>38</sup> O art. 11-B da Lei 14.026, de 15 de julho de 2020, estabelece que essas metas devem ser atendidas, em cada contrato, até 2033, sob pena de os entes envolvidos não mais poderem acessar recursos federais para o setor.

### 3.5.2 Identificação do hiato de infraestrutura e o cenário transformador para o investimento de longo prazo em Infraestrutura Hídrica e infraestrutura de Saneamento Básico

A identificação dos hiatos de infraestrutura hídrica e de saneamento básico foram realizadas a partir dos planos existentes (PNSH e PLANSAB), das metas previstas no Novo Marco do Saneamento, e em levantamento junto a associações de empresas do setor que indicaram possibilidades de investimentos em plantas de tratamento e destinação adequada de resíduos, coprocessamento e aproveitamento energético. Há um tratamento distinto quanto ao prazo considerado para o fechamento do hiato: em Saneamento Básico o marco regulatório impõe o prazo até 2033; para infraestrutura hídrica, considerou-se o prazo do plano (2035) e estimativas de investimentos adicionais feitas para este PILPI, com o horizonte de 2050.

#### 3.5.2.1 Identificação do hiato de infraestrutura e o cenário transformador para o investimento de longo prazo em Infraestrutura Hídrica

Para infraestrutura hídrica, o PNSH definiu as principais intervenções estruturantes de natureza estratégica e relevância regional, necessárias para garantir a oferta de água para o abastecimento humano e para o uso em atividades produtivas, e melhorar a gestão dos riscos associados a eventos críticos (secas e cheias). Além disso, foi recentemente concluída a atualização do Atlas Brasil – Abastecimento Urbano de Água, que traz a caracterização e o diagnóstico dos mananciais e dos sistemas de abastecimento das sedes municipais brasileiras.

O PNSH partiu de uma análise criteriosa dos graus de segurança hídrica em todo o território nacional, mensurados por meio do Índice de Segurança Hídrica (ISH), cuja metodologia foi desenvolvida com dados advindos de diversos estudos preexistentes da ANA e órgãos afins e aplicada em escala com alto grau de detalhamento. As intervenções propostas no Plano tiveram como base um inventário de proposições, em diferentes estágios de implementação, encontradas nas mais diversas instituições brasileiras que trabalham com o tema, as quais foram analisadas quanto à sua relevância, prioridade e efeito sobre os principais problemas de segurança hídrica do País.

Assim, as 166 intervenções analisadas e recomendadas incluem estudos, projetos e obras de barragens, canais, eixos de integração e sistemas adutores de água, organizadas em um Programa de Segurança Hídrica (PSH) composto de três componentes: estudos e projetos; obras; e institucional (operação e manutenção), resultando em um investimento de R\$ 27,6 bilhões entre 2019 e 2035, abrangendo as áreas de Saneamento e de Infraestrutura Hídrica.

O Programa de Segurança Hídrica é o instrumento de planejamento executivo e dinâmico dos investimentos recomendados pelo PNSH. A partir dele, delinea-se o Caminho da Segurança Hídrica no País, para o horizonte de 2035, com indicação de intervenções que se encontram em diferentes estágios de implementação, desde as menos avançadas até aquelas já em obras.

O Caminho da Segurança Hídrica permite o dimensionamento adequado dos esforços para materialização das intervenções. Nele se apresenta os passos necessários até que uma solução se torne efetiva, ou seja, até que uma ideia se transforme em estrutura física e operacional.

A existência de estudos que comprovem a efetividade das soluções frente aos problemas de segurança hídrica identificados é pré-requisito para que obras potenciais possam vir a ser confirmadas no PSH. Considerando as áreas de infraestrutura do PILPI, foi realizada uma divisão dos estudos, planos, projetos e obras habilitados no PSH entre Saneamento e Infraestrutura Hídrica, sendo que nesta última área se enquadram os sistemas integrados e os

empreendimentos destinados aos usos múltiplos dos recursos hídricos. Também foi realizada uma atualização de valores já desembolsados e o cálculo da necessidade de investimento entre 2021 e 2035. Assim, verificou-se que o valor a investir nos estudos, planos, projetos e obras da área de Infraestrutura Hídrica, entre 2021 e 2035, é de R\$ 15,65 bilhões.

Para algumas intervenções ou problemas de segurança hídrica identificados, restam lacunas de conhecimento para que se comprove a efetividade das soluções frente aos pressupostos do PNSH. Para esses casos, o PNSH recomendou estudos de diversas naturezas, desde o detalhamento de planos de desenvolvimento regional até estudos de viabilidade. A partir dessas indicações, foi realizada a projeção paramétrica da necessidade de investimento em infraestrutura hídrica entre 2036 e 2050.

São os casos, por exemplo, dos estudos de alternativas para aproveitamento de recursos hídricos em áreas complexas ou em áreas de baixo grau de segurança hídrica. O primeiro caso compreende a escolha de alternativas para intervenções localizadas em regiões metropolitanas, com grande abrangência espacial e amplo horizonte, que devem considerar a interdependência de mananciais e a complementariedade da infraestrutura. Por sua vez, o segundo caso abarca regiões nas quais existem riscos associados à oferta de água, porém sem identificação de soluções, carecendo de um detalhamento do diagnóstico e escolha de mananciais alternativos. No PSH esses estudos foram denominados de “Estudo de Aproveitamento de Recursos Hídricos”.

Também fazem parte desse componente os Estudos de Viabilidade Técnico-Econômica e Ambiental (EVTEA), recomendados para aquelas intervenções que necessitam de avaliação de alternativas ou de otimização de propostas anteriores que, à luz da análise integrada realizada pelo PNSH, carecem de adequações. Para os casos nos quais cabem estudos complementares de otimização ou adequação das propostas de intervenções, o PSH já traz uma estimativa mais acurada dos custos dessas obras potenciais.

Foi com base nessas duas tipologias de estudos recomendados pelo PNSH que se fez um exercício de planejamento, extrapolando os investimentos do PNSH para um horizonte até 2050, considerando como uma estimativa teto os valores de investimentos derivados desses estudos. Para algumas delas, o PNSH já aponta os valores das obras potenciais, conforme apontado no parágrafo anterior; já para outras, as estimativas foram realizadas com base nos valores dos estudos, considerando que eles correspondem a 1% do valor da intervenção. Para os projetos foi utilizado o percentual de 3%. Na tabela abaixo se encontra o resumo dos investimentos estimados em Infraestrutura Hídrica.

Tabela 13: Estimativa da necessidade de investimentos em infraestrutura hídrica além do previsto no PNSH.

Estudos/Projetos/Obras	R\$ milhões			
	Valor do Estudo	Valor do Projeto	Valor da Intervenção	Investimento Total
Intervenções potenciais orçadas que necessitam de estudos complementares	34,45	135,28	4.045,32	4.215,05
Intervenções derivadas de Estudos de Viabilidade Técnico-Econômica e Ambiental (EVTEA)	31,70	R\$ 95,10	3.170,00	3.296,80
Intervenções derivadas de Estudos de Aproveitamento de Recursos Hídricos	64,80	194,40	6.480,00	6.739,20
	<b>130,95</b>	<b>424,78</b>	<b>13.695,32</b>	<b>14.251,05</b>

Importante destacar que esse exercício não considerou o primeiro estágio do Caminho da Segurança Hídrica, no qual está o desenvolvimento de estudos de detalhamento de planos de desenvolvimento regional. São estudos vinculados a projetos do tipo *Supply Driven* que são concebidos primordialmente para induzir o desenvolvimento a partir da oferta de água e não para o suprimento de déficits já existentes ou identificados. Para esses casos, é necessário a promoção de uma análise conjunta da factibilidade das demandas associadas a essas intervenções, de forma integrada, mas considerando as vulnerabilidades e aptidões das bacias abrangidas. O resultado aponta para investimentos adicionais da ordem de R\$ 14,12 bilhões, considerando que R\$ 130,95 milhões dos estudos a serem contratados já fazem parte do PNSH para o horizonte de 2035.

### 3.5.2.2 Identificação do hiato de infraestrutura e o cenário transformador para o investimento de longo prazo em infraestrutura de Saneamento Básico

O PLANSAB, em sua atualização de 2019, apresentou a seguinte necessidade de investimentos:

Tabela 14: Necessidade de investimentos em Saneamento Básico de 2019 a 2033 indicadas no PLANSAB (R\$ milhões).

Componente	Expansão	Reposição	Total
Abastecimento de água potável	79.370	62.780	142.150
Produção	21.817	18.067	39.884
Distribuição	57.553	44.713	102.266
Esgotamento sanitário	172.402	42.597	214.999
Coleta e interceptação	120.634	36.362	156.996
Tratamento	38.134	6.235	44.369
Instalações Hidrossanitárias	13.634		13.634
Resíduos Sólidos Urbanos	15.099	13.629	28.728
Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas	61.326	17.931	79.257
<b>Total Saneamento</b>	<b>328.197</b>	<b>136.937</b>	<b>465.134</b>

Esses investimentos seriam adequados para atender as metas nacionais definidas no PLANSAB para 2033, de 99% de cobertura de abastecimento de água e de 92% de coleta de esgoto e de 93% de tratamento do esgoto coletado. As previstas no Novo Marco do Saneamento são um pouco diferentes, de 99% para abastecimento de água, 90% de coleta e de 100% para

tratamento do esgoto coletado, e ainda são para cada contrato de prestação desses serviços, ou seja, para cada unidade geográfica. Dessa forma, ao se analisar as metas estaduais previstas no PLANSAB (tabela a seguir), alguns estados não atingiriam o previsto no Novo Marco do Saneamento. Dessa forma, nesse Cenário Transformador, assumiu-se a premissa de atendimento integral às metas no Novo Marco, o que exige uma estimativa dos investimentos adicionais aos já previstos no PLANSAB.

Tabela 15: Metas de cobertura de água e esgoto previstas no PLANSAB (em %).

Região / UF	A1		E1		E4	
	2017	2033	2017	2033	2017	2033
<b>Brasil</b>	<b>94,5</b>	<b>99,0</b>	<b>73,6</b>	<b>92,0</b>	<b>68,5</b>	<b>93,0</b>
N	84	94	36	87	72,8	94,0
RO	92	100	43	94		
AC	73	87	57	81		
AM	83	95	53	91		
RR	91	97	52	97		
PA	82	94	35	87		
AP	78	98	16	77		
TO	94	97	66	76		
NE	88	97	54	85	72,9	93,0
MA	84	94	31	88		
PI	92	98	53	93		
CE	86	99	53	85		
RN	89	100	58	79		
PB	82	92	65	79		
PE	86	91	77	84		
AL	81	97	58	87		
SE	87	97	46	84		
BA	91	100	67	84		
SE	98	100	91	96	65,2	90,0
MG	98	100	84	86		
ES	99	100	85	92		
RJ	96	100	91	96		
SP	99	100	95	100		
S	99	100	78	99	85,4	94,0
PR	99	100	73	100		
SC	99	100	82	98		
RS	99	100	81	98		
CO	97	100	76	84	87,6	96,0
MS	97	100	49	78		
MT	98	100	54	79		
GO	96	100	77	82		
DF	99	100	89	100		

Obs.: A1: % de domicílios urbanos e rurais abastecidos com água por rede de distribuição ou por poço ou nascente.

E1: % de domicílios urbanos e rurais servidos por rede coletora ou fossa séptica para os excretas ou esgotos sanitários.

E4: % de tratamento de esgoto coletado.



Para abastecimento de água (indicador A1), 12 UFs têm meta no PLANSAB abaixo da prevista no Novo Marco de Saneamento. Para essas UFs, o valor de investimento em expansão do abastecimento de água foi extrapolado considerando o custo médio por habitante para cada UF, identificado a partir dos montantes de investimento necessários por macrorregião indicados no PLANSAB e na população de cada UF. Com isso, o montante identificado como necessário para expansão do abastecimento de água potável subiria de R\$ 79.370 milhões para R\$ 84.825 milhões.

Para a coleta de esgoto (indicador E1), 16 UFs têm meta no PLANSAB abaixo da prevista no Novo Marco do Saneamento. Para estimar o valor adicional de investimento nessas UFs, a fim de se alcançar a nova meta de cobertura, além do PLANSAB foram utilizados dados do Atlas Esgoto, documento utilizado pela última atualização do PLANSAB, mas que apresenta valores necessários de investimento por UF, em vez de apenas por macrorregião como o PLANSAB. Assim, após uma atualização monetária para compatibilizar os valores do Atlas Esgoto com os do PLANSAB, foi possível extrapolar os montantes necessários de investimento em expansão de coleta de esgoto nas UFs com metas do PLANSAB abaixo das do Novo Marco do Saneamento, chegando ao valor adicional de R\$ 39.652 milhões.

Para avaliar a necessidade de investimentos adicionais em tratamento de esgoto, além de contemplar a ampliação do esgoto coletado, foi considerado também que o Novo Marco do Saneamento pressupõe que todo o esgoto coletado deve ter tratamento adequado, enquanto o PLANSAB considerou 93%. Dessa forma, a partir dos custos médios por UF e macrorregião do Atlas Esgoto e do PLANSAB, estimou-se uma necessidade de investimento adicional em tratamento de esgoto de R\$ 31.039 milhões. Assim, tem-se os seguintes montantes de investimentos necessários a partir do estoque observado em 2019, nos subsetores de abastecimento de água e coleta e tratamento de esgoto:

*Tabela 16: Estimativa de investimento necessários em abastecimento de água e coleta e tratamento de esgoto para se atender o Novo Marco do Saneamento (R\$ milhões).*

Componente	Reposição (PLANSAB)	Expansão (PLANSAB)	Exp. adicional (p/ Novo Marco)	Total
Abastecimento de água potável	62.780	79.370	5.455	<b>147.605</b>
Coleta de esgoto	36.362	120.634	39.652	<b>196.648</b>
Tratamento de esgoto e Instalações Hidrossanitárias	6.235	51.768	31.039	<b>89.042</b>

Para drenagem urbana, o PLANSAB aponta a necessidade de R\$ 17,9 bilhões em reposição de infraestrutura já existente e de R\$ 61,3 bilhões para expandir os sistemas. Como não há uma estimativa de estoque existente de infraestrutura de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, foi feita aqui uma estimativa conservadora, considerando que o investimento de reposição apontado pelo PLANSAB é o suficiente para repor, anualmente, a depreciação do estoque, na mesma taxa média adotada para todo o setor de saneamento no estudo de Frischtk e Mourão (2018), de 2,27% por ano. Assim, o estoque inicial de infraestrutura para drenagem urbana seria de R\$ 52,66 bilhões em 2019.

Para Resíduos Sólidos Urbanos, além das necessidades já apontadas no PLANSAB, de R\$ 13,6 bilhões para reposição e R\$ 15,1 bilhões para expansão da infraestrutura, foram consultadas algumas associações do setor. A Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos

e Efluentes (ABETRE) e a Associação Brasileira de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública (ABLP) indicaram a necessidade de construção de 400 aterros sanitários para disposição final ambientalmente adequada, a um custo de investimento de cerca de R\$ 15 bilhões. A Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) indicou a possibilidade de construção de plantas de coprocessamento de resíduos sólidos vinculados a fábricas de cimento. As projeções da associação indicam R\$ 3,5 bilhões até 2030, abrangendo investimentos em unidades de tratamento mecanizado com produção de combustível derivado de resíduo (CDR) e em adaptações em fábricas de cimento, em especial nos fornos de clínquer e equipamentos acessórios, para permitir a utilização da CDR em substituição ao coque de petróleo, e outros R\$ 2,5 bilhões entre 2031 e 2050. Já a Associação Brasileira do Biogás (ABiogás) apresentou a possibilidade de recuperação energética do biogás, que pode ser produzido a partir de resíduos da agroindústria, pecuária e saneamento. Apenas com os resíduos sólidos urbanos, estima o potencial de cerca de 1 GW de capacidade instalada, considerando os aterros sanitários em operação, mas há apenas 217 MW instalados. Os investimentos para elevar o aproveitamento para 1 GW foram estimados entre R\$ 6 e 9 bilhões, num horizonte de 10 anos. Considerando as tipologias dos investimentos, os indicados no PLANSAB envolvem basicamente a destinação final ambientalmente adequada, corroborando com os valores indicados pelas ABETRE e ABLP (R\$ 15 bilhões em novos aterros sanitários<sup>39</sup>). Os investimentos indicados pela ABCP e Abiogás tratam de oportunidades adicionais do setor, e por isso serão somados aos valores indicados no PLANSAB.

### 3.5.2.3 Visão consolidada do hiato de infraestrutura e do cenário transformador para o investimento de longo prazo em Infraestrutura Hídrica e Saneamento Básico

Consolidando as necessidades de Infraestrutura Hídrica e todos os subsetores de Saneamento Básico, tem-se o seguinte:

Tabela 17: Investimentos e estoque estimados para os Infraestrutura Hídrica e os subsetores de Saneamento Básico no Cenário Transformador (R\$ bilhões de 2020).

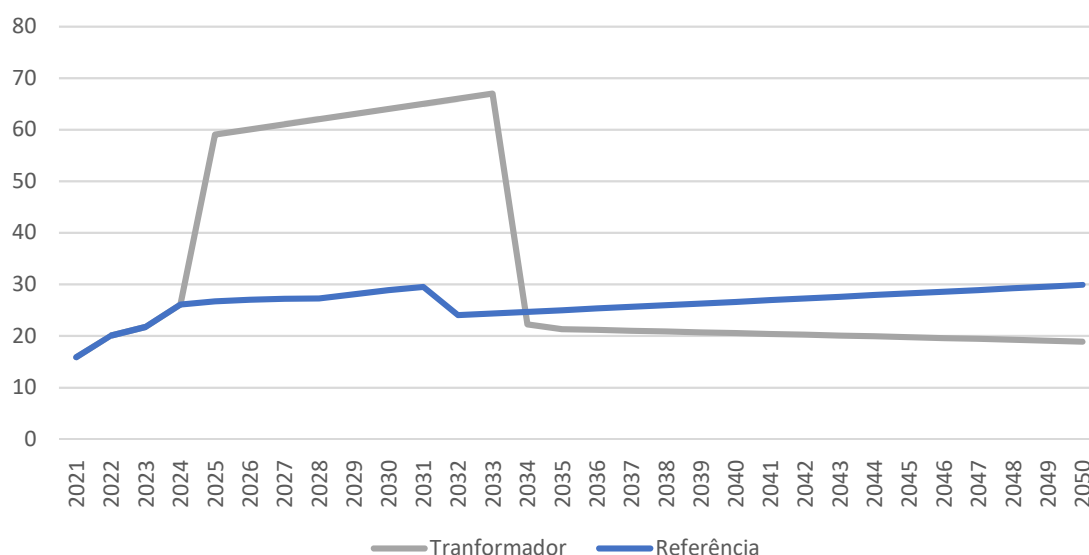
Subsetor	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Infraestrutura hídrica	1,6	1,6	1,7	2,0	4,0	4,1	4,1	4,2	4,3	4,3
Água e esgoto	13,7	16,7	18,2	22,1	45,8	46,7	47,6	48,5	49,5	50,4
Drenagem urbana	-	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3
Resíduos Sólidos Urbanos	0,5	0,6	0,6	0,7	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Saneamento básico	15,9	24,2	25,9	30,2	59,1	60,1	61,1	62,1	63,0	64,0
Inv. % do PIB	0,2%	0,3%	0,3%	0,4%	0,7%	0,7%	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%
Estoque (R\$ bilhões)	290	307	325	347	398	448	499	549	598	648
Estoque (% do PIB)	3,8%	3,8%	3,9%	4,0%	4,5%	4,9%	5,3%	5,6%	6,0%	6,3%
Estoque per capita (R\$/pessoa)	1.358	1.427	1.503	1.596	1.817	2.035	2.251	2.463	2.673	2.881

Apesar de no cenário Referência já se observar uma aceleração dos investimentos no setor, as necessidades mapeadas mostram que os montantes de investimentos no cenário

<sup>39</sup> Essa estimativa teve como tecnologia base o aterro, podendo aumentar caso outras rotas tecnológicas sejam adotadas.

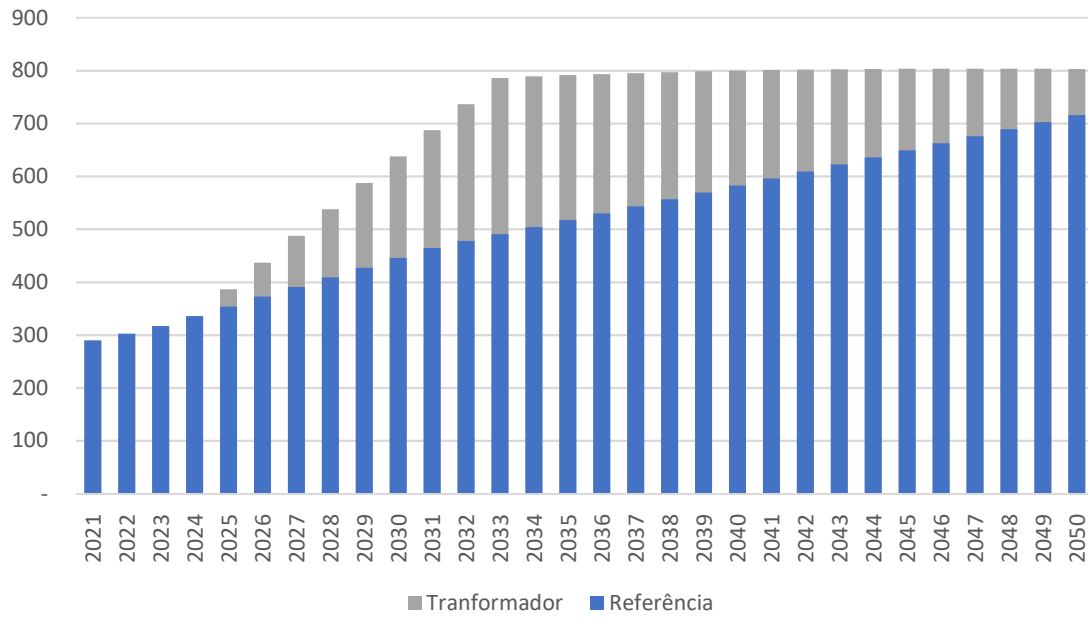
Transformador (que busca cobrir todas essas necessidades identificadas) teriam que mais que dobrar a partir de 2025. Essa diferença decorre do fato que, no Cenário de Referência, só foram incorporados os projetos já identificados como contratados ou em estruturação. O Cenário Transformador, por sua vez, assume que os novos projetos necessários serão estruturados e contratados, de maneira a acelerar ainda mais o ritmo de execução dos investimentos. A Figura 23 permite melhor visualizar o tamanho do esforço necessário para se fechar o hiato entre oferta e demanda de infraestrutura de saneamento básico até 2033. A partir desse fechamento, entretanto, os investimentos poderão se reduzir à reposição da depreciação dos ativos, ao acompanhamento do pequeno, mas ainda presente, crescimento populacional, e ao aproveitamento de oportunidades pontuais para melhoria dos serviços. Vale ressaltar, também, que a indicação de investimentos, após 2033, mais baixa no cenário Transformador que no Referência, se deve à premissa adotada no cenário Referência de continuar a ampliar o estoque no ritmo histórico até então observado.

Figura 23: Fluxo necessário de investimentos em infraestrutura de Saneamento Básico, cenários Referência e Transformador (R\$ bilhões de 2020).



O resultado desses investimentos é o aumento do estoque de infraestrutura de saneamento básico conforme a Figura 24, abaixo. No cenário Transformador, ele cresce rapidamente até 2033, quando se projeta alcançar as metas do Novo Marco do Saneamento. Já no Referência, o estoque deve crescer lentamente até 2050, mas ainda sem alcançar o mesmo patamar do Cenário Transformador, por não aproveitar todas as oportunidades indicadas em infraestrutura hídrica, drenagem urbana e Resíduos Sólidos Urbanos.

Figura 24: Evolução esperada do estoque de infraestrutura de Saneamento Básico, cenários Referência e Transformador (R\$ bilhões de 2020).



### 3.6 Infraestrutura de Pesquisa e Desenvolvimento

#### 3.6.1 Perspectivas de curto e médio prazo e o cenário de referência para o investimento em infraestrutura de pesquisa e desenvolvimento

Na estimativa inicial do percentual do dispêndio nacional em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) destinada a investimentos em infraestrutura, adotou-se o observado no ano de 2017 como base, único com disponibilidade de dados tanto para o setor público, quanto para o setor empresarial. Partiu-se desse percentual, de 1,2% do PIB com gastos totais em P&D, para todos os anos projetados, para daí se inferir os montantes esperados em infraestrutura de P&D.

Na estimativa dos dispêndios públicos em P&D, foram utilizados os dados consolidados anualmente pelo MCTI. Para o governo federal, a fonte primária é o Sistema Integrado de Administração Financeira (SIAFI) e para as Unidades da Federação (UFs), os Balanços Gerais dos Estados ou Portais da Transparência.

Como uma *proxy* dos investimentos públicos em infraestrutura de P&D, considerou-se as despesas empenhadas nas ações orçamentárias de P&D dos governos federal e estaduais, classificadas no grupo de natureza da despesa “investimentos”.

Para os estados foram realizadas estimativas para Minas Gerais, Paraná, Rio de Janeiro e São Paulo. Essas UFs representam mais de 73% dos dispêndios públicos estaduais em P&D, sem considerar a estimativa dos dispêndios em pesquisa das universidades estaduais. Quando considerados esses dispêndios, esse percentual passa para 87%. Assumiu-se o percentual médio investido em infraestrutura pelas referidas UFs como uma estimativa aproximada do percentual dispendido em infraestrutura do conjunto dos Estados e DF.

As informações do setor empresarial, extraídas da Pesquisa de Inovação 2017 (PINTEC), foram fornecidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Da PINTEC, então, obteve-se o percentual dos dispêndios em P&D das empresas destinado a “despesas de capital”, da ordem de 14 % do investimento total em P&D do setor privado, que foi usada como estimativa dos investimentos em infraestrutura.

Com os dados disponíveis, o percentual do dispêndio total nacional em P&D que foi destinado aos investimentos em infraestrutura, em 2017, foi calculado em 7,4%, sendo 25% a contribuição do setor público e 75% a contribuição do setor privado em 2017. Assumiu-se o percentual de 7,4% para todos os anos projetados. Os números de investimento para o período 2021-2030 são mostrados na Tabela 18, a seguir:

Tabela 18 - Cenário de referência para o Investimento em infraestrutura de P&D no médio prazo (R\$ bilhões de 2020)

Investimento anual em infraestrutura de pesquisa e desenvolvimento cenário de referência (R\$ bilhões)									
2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
6,96	7,10	7,26	7,41	7,57	7,71	7,87	8,01	8,14	8,27

O cenário de referência para o longo prazo mantém constante em 1,2%, como já descrito anteriormente, a razão entre dispêndio em P&D e o PIB. Aplicando-se a esse percentual a taxa de 7,4%, que se refere à parcela do dispêndio em P&D alocada para os investimentos em

infraestrutura, tem-se uma taxa anual constante de 0,09% do PIB referente a investimentos em infraestrutura de P&D.

O efeito desse fluxo de investimento sobre o estoque de infraestrutura de P&D é um aumento de 30% no período 2021-2050. O valor estimado para 2021 é de R\$ 159 bilhões, já para 2050, no cenário de referência, é de R\$ 208 bilhões. Em comparação com outros setores, o estoque de infraestrutura de P&D diz menos sobre o alcance dos serviços e mesmo sobre a existência, ou não, de hiato estrutural, pois cada infraestrutura possui peculiaridades quanto ao tipo de benefícios gerados e quanto aos efeitos das externalidades, que tendem a ser muito relevantes. A próxima seção dispõe em maiores detalhes sobre referências comparativas que podem servir como mapeamento de *gaps* e como reduzi-lo.

### 3.6.2 Identificação do hiato de infraestrutura e o cenário transformador para o investimento de longo prazo em infraestrutura de pesquisa e desenvolvimento

Não existe um planejamento unificado de longo prazo para o setor de Pesquisa e Desenvolvimento que contemple um diagnóstico acerca de eventuais deficiências estruturais ou programas de investimentos para o longo prazo (período superior a 10 anos). Contudo, há um levantamento do Ministério de Ciência Tecnologia e Inovação – MCTI que compara o nível de dispêndio anual com P&D no Brasil e dois grupos de países: a União Europeia e a Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico – OCDE, que serve como uma boa base de avaliação.

Segundo os dados compilados pelo MCTI<sup>40</sup>, entre 2000 e 2018 o Brasil investiu, em média, 1,1% do PIB em P&D. Já a média dos países da União Europeia ficou em torno de 2%, e a dos países da OCDE, ao redor de 2,3%, de acordo com dados do *Main Science and Technology Indicators* (MSTI/OECD)<sup>41</sup>. Dado que a formação do estoque depende do fluxo acumulado de investimentos ao longo dos anos, a diferença de patamar de investimentos entre o Brasil e os demais países comparados, faz sentido considerar que o estoque também está em patamar abaixo daquele observado na média dos países da UE e da OCDE.

Nesse ponto cabe reforçar, mais uma vez, que, dada a complexidade e idiosincrasias relacionadas aos serviços de pesquisa e desenvolvimento providos a partir da sua infraestrutura, é mais difícil relacionar a quantidade de estoque dessa infraestrutura a um tipo de benefício econômico específico. Contudo, do ponto de vista macroeconômico, assim como ocorre com as demais infraestruturas econômicas, deve haver uma correlação positiva entre estoque de infraestrutura de P&D e produtividade do capital, da mão-de-obra e, por consequência, da produtividade total dos fatores. Essa correlação sempre depende, claro, que no nível micro os projetos implantados gerem benefícios maiores que seus custos.

Para a projeção do cenário transformador considera-se que haja um crescimento da razão entre investimento em P&D e PIB, de maneira que em 2040 esse percentual chegue a 2,2%, mantendo esse patamar até 2050. A fração do investimento total em P&D considerada como infraestrutura de P&D é mantida em 7,4% em todo o período. Em termos monetários, os resultados das projeções podem ser observados na Figura 25 e na Figura 26.

<sup>40</sup> Acesso em 28/06/2021: <[https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/indicadores/detalhe/recursos\\_a\\_plicados/indicadores\\_consolidados/2\\_1\\_3.html](https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/indicadores/detalhe/recursos_a_plicados/indicadores_consolidados/2_1_3.html)>

<sup>41</sup> Acesso em 28/06/2021: <[https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=MSTI\\_PUB](https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=MSTI_PUB)>

Figura 25: Fluxo necessário de investimentos em infraestrutura de P&D, cenários de Referência e Transformador (R\$ bilhões de 2020)

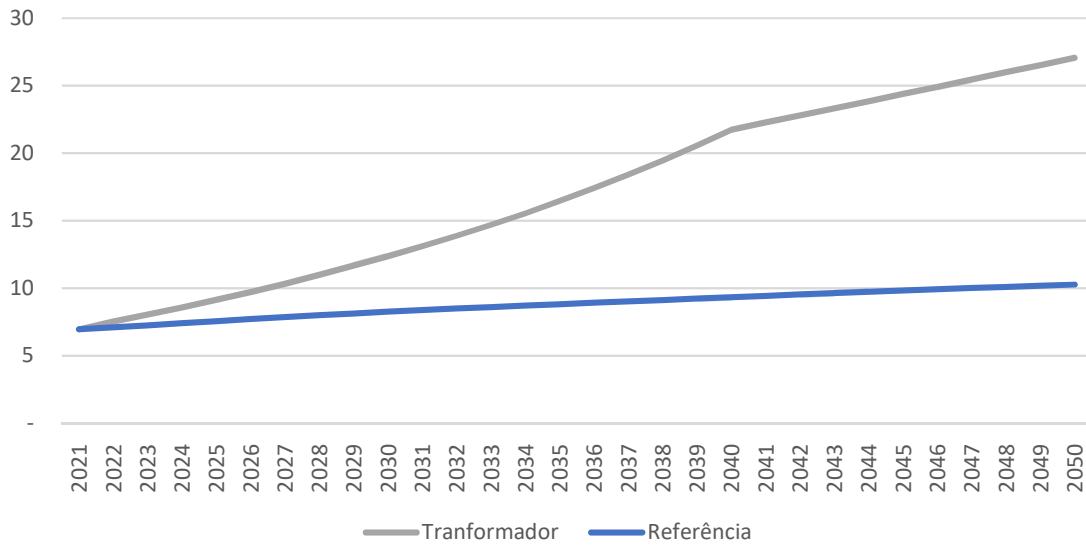
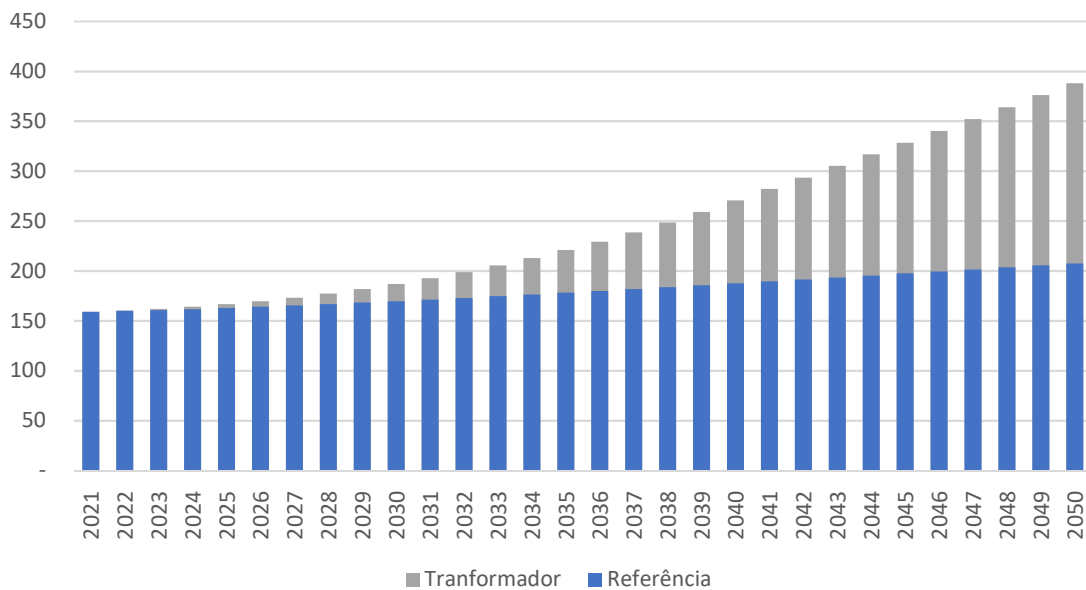


Figura 26: Evolução esperada do estoque de infraestrutura de P&D, cenários Referência e Transformador (R\$ bilhões de 2020)



No cenário transformador, o estoque de infraestrutura de P&D estimado para 2050 é de R\$ 388 bilhões. Já no cenário de referência, essa estimativa é de R\$ 208 bilhões. Conforme descrito anteriormente, a diferença entre ambos os valores se explica em parte pela diferença de comportamento do PIB nos cenários de referência e transformador e, em parte, pela premissa de aumento da participação do investimento em P&D no PIB no cenário transformador. Com relação à participação do setor privado e do setor público nesse montante, mantém-se a proporção de 25% dos investimentos feitos pelo setor público, em todos os níveis federativos, e 75% do investimento realizado pelo setor privado.

### 3.7 Mobilidade Urbana

#### 3.7.1 Perspectivas de curto e médio prazo e o cenário de referência para o investimento em infraestrutura de mobilidade urbana

Para construção do cenário de curto prazo foram levantados os projetos em estruturação ou já em implantação no setor. A lista contempla mais de 14 cidades e inclui metrô pesado<sup>42</sup>, trem pesado, trem leve, VLT e BRT e uma ponte entre os tipos de intervenções. Esses projetos devem responder pela maior parte do montante de investimentos em expansão de estoque de infraestrutura a se realizar nos próximos dez anos. O porte dos investimentos, que se aproximam de R\$ 100 bilhões, juntamente com a complexidade de execução desses tipos de intervenção, justificam o período dilatado.

Em termos de dinâmica anual, parte-se de um nível esperado de R\$ 6,8 bilhões em investimentos para 2021, o que já representa um crescimento de mais de 50% em relação ao ano anterior, para um total de R\$ 14,9 bilhões em 2030. Como pode ser observado na Tabela 19, pressupõe-se um crescimento gradativo e consistente do volume de investimentos com o passar dos anos.

Tabela 19 - Cenário de referência para o investimento em infraestrutura de mobilidade urbana no médio prazo (R\$ bilhões de 2020)

Investimento anual em infraestrutura de mobilidade urbana (R\$ bilhões)									
cenário de referência									
2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
6,81	9,20	12,46	12,81	13,13	13,46	13,80	14,14	14,50	14,86

Embora a participação privada em grandes projetos de mobilidade urbana venha crescendo nos últimos anos, devido às suas características peculiares, tais projetos ainda necessitam de alguma participação financeira do poder público. Por isso, o ritmo de condução dos projetos depende, em certa medida, da capacidade fiscal dos entes federativos e isso se reflete no cenário de referência de longo prazo. Nesse cenário, as restrições fiscais são mais intensas e o nível de investimento tende a cair a partir do décimo segundo ano de projeção.

No cenário de referência, o período 2032 -2050 caracteriza-se por uma estagnação da expansão da infraestrutura de mobilidade urbana, limitando-se o volume de investimento à reposição da depreciação da infraestrutura já operante. Nesse quadro, o estoque de infraestrutura observado em 2050 é da ordem de R\$ 537 bilhões, um valor 26% superior ao estimado para o ano de 2020. Em termos de razão entre Estoque de infraestrutura e população nacional, passa de uma razão de R\$ 2,01 mil/hab. no ano de 2020 para R\$ 2,31 mil/hab. em 2050.

#### 3.7.2 Identificação do hiato de infraestrutura e o cenário transformador para o investimento de longo prazo em infraestrutura de mobilidade urbana

A competência para definir e implantar infraestrutura de mobilidade urbana é dos estados, Distrito Federal e municípios. Não obstante, o governo federal possui alguma influência nesse

<sup>42</sup> As características definidoras de cada modalidade de infraestrutura de transporte são descritas na publicação BNDES Setorial, nº41, de março de 2015.



setor, dado que seu apoio é de extrema relevância para a viabilização dos grandes projetos de infraestrutura voltados para melhoria da mobilidade urbana.

O setor de mobilidade urbana pode ser incluído entre aqueles que a visão de futuro é muito afetada pelo que se deixou de fazer no passado. O processo de urbanização que ocorreu nas principais metrópoles brasileiras não favoreceu o transporte de massa e, do ponto de vista de acesso a oportunidades<sup>43</sup>, levou a um quadro de ampla desigualdade. Soma-se a esse grande passivo, novos desafios impostos por questões como a necessidade de redução de impactos ambientais do transporte urbano, a possibilidade de adoção de trabalho remoto em larga escala e novas soluções tecnológicas que facilitem o transporte individual.

Quando da elaboração desta primeira edição do PILPI, o setor de mobilidade urbana não dispunha de um plano nacional publicado. Na ausência de um diagnóstico oficial unificado, de amplitude nacional, recorreu-se a um trabalho publicado<sup>44</sup> pelo BNDES em março de 2015, que buscou mapear a demanda por investimentos em mobilidade urbana no Brasil a partir de um modelo paramétrico, baseado em dados georreferenciados e demográficos de 15 metrópoles brasileiras. De maneira complementar, consultou-se também o Plano CNT de Transporte e Logística, publicado em 2018 pela Confederação Nacional de Transportes.

Dado que a estimativa realizada no estudo do BNDES valeu-se de dados demográficos e de ocupação espacial que pouco se modificaram desde a sua publicação, as principais atualizações realizadas nos dados concentraram-se na extensão da malha existente de infraestrutura de mobilidade urbana e na correção monetária dos valores associados aos investimentos necessários para sua ampliação. É importante destacar que o estudo do BNDES se concentra em mapear a infraestrutura necessária para provimento de serviço de transporte de massa (alta e média capacidade). Foi a partir do Plano CNT 2018 que se mapeou outras intervenções de grande porte para mobilidade, tanto em cidades médias como grandes, que não estão contempladas no estudo do banco de desenvolvimento. O estoque existente e o hiato identificado em 2020, conforme mapeamento realizado para este relatório, é resumido na Tabela 20.

Tabela 20: Malha existente e hiato de infraestrutura de mobilidade urbana

Extensão(km)	VLT	Metrô pesado	Metrô leve	BRT média distância	Trem pesado	Trem leve	BRT longa distância	R\$ bilhões
Existente	14	318	47	227	435	136	259	426,6
A construir	39	213	168	492	45	83	672	367,1

No cenário de referência o hiato de infraestrutura existente atualmente não é fechado no horizonte dos próximos 30 anos (2021-2050). No cenário transformador, por sua vez, esse hiato é fechado somente em 2043. Os dois cenários de evolução dos investimentos e do estoque são mostrados na Figura 27 e na Figura 28.

<sup>43</sup> Adota-se aqui o conceito de acessibilidade urbana, tal como descrito pelo Projeto Acesso a Oportunidades do Ipea (<https://www.ipea.gov.br/acessoportunidades/>), que considera facilidade de acesso da população urbana a oportunidades de trabalho, serviços de saúde e educação.

<sup>44</sup> [Biblioteca Digital do BNDES: BNDES Setorial, n. 41, mar. 2015](#)

Figura 27: Fluxo necessário de investimentos em infraestrutura de mobilidade urbana, cenários Referência e Transformador (R\$ bilhões de 2020)

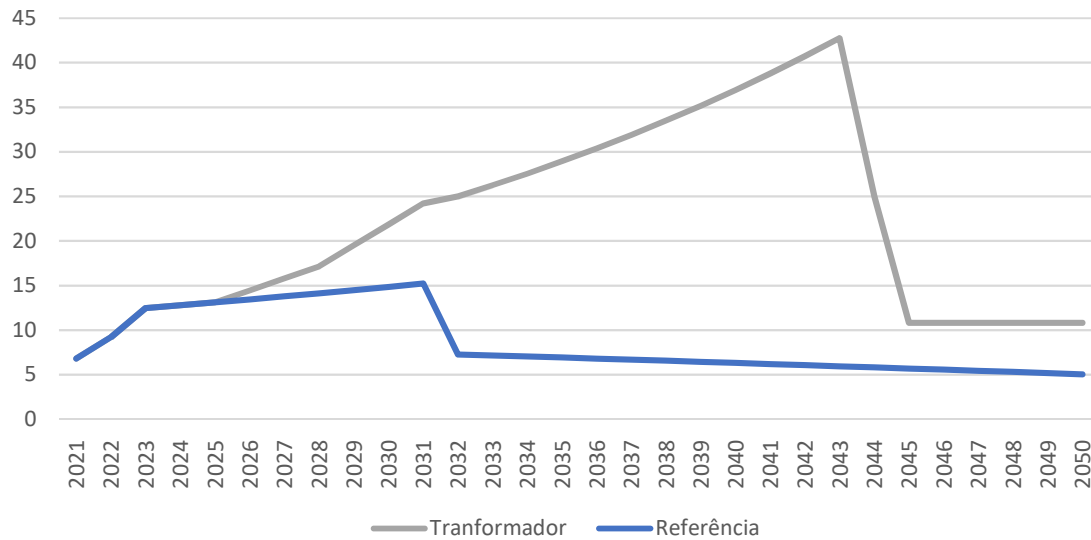
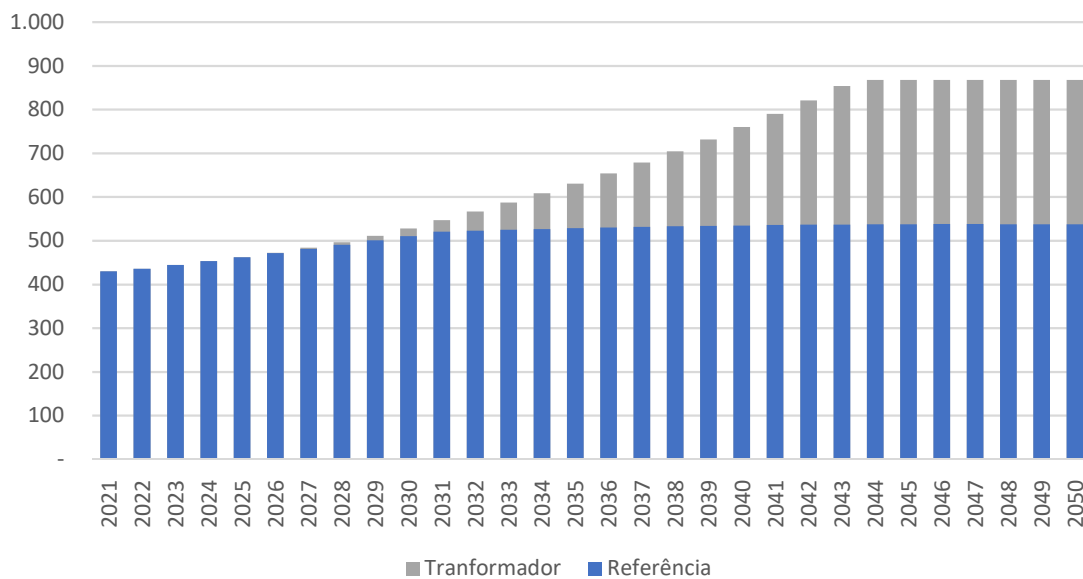


Figura 28: Evolução esperada do estoque de infraestrutura de mobilidade urbana, cenários Referência e Transformador (R\$ bilhões de 2020)



A velocidade de fechamento do hiato depende, sobremaneira, da capacidade institucional dos entes envolvidos na estruturação dos projetos e, eventualmente, de outras restrições de oferta desse mercado, como disponibilidade de provedores de serviços especializado e capacidade de entrega de fabricantes de equipamentos. Como referência para essa estimativa, no ano de 2015 foram investidos R\$ 19,5 bilhões, o maior valor observado nos últimos 10 anos. Dada a base reduzida da qual se parte em 2021, de R\$ 6,8 bilhões, mesmo no cenário transformador, estima-se atingir o nível de R\$ 19,5 bilhões somente em 2029.

No cenário transformador de longo prazo considera-se, ainda, que esse fluxo máximo de investimento será expandido para além dos R\$ 19 bilhões a partir de 2030. Tomando como premissas um incremento anual mais rápido no período 2030-2032, projeta-se um investimento anual de R\$ 25 bilhões em 2032 e, a partir daí, um aumento anual um pouco mais lento,

chegando a R\$ 42,8 bilhões em 2043, ano projetado para fechamento do hiato de infraestrutura no setor. A partir de 2044 até o final da projeção, em 2050, o que se observa é uma significativa redução da necessidade de investimento, resultado da diminuição da demanda por grandes intervenções de caráter estruturante. Nesse período a maior parte dos gastos se daria com a manutenção e recuperação dessas infraestruturas urbanas.

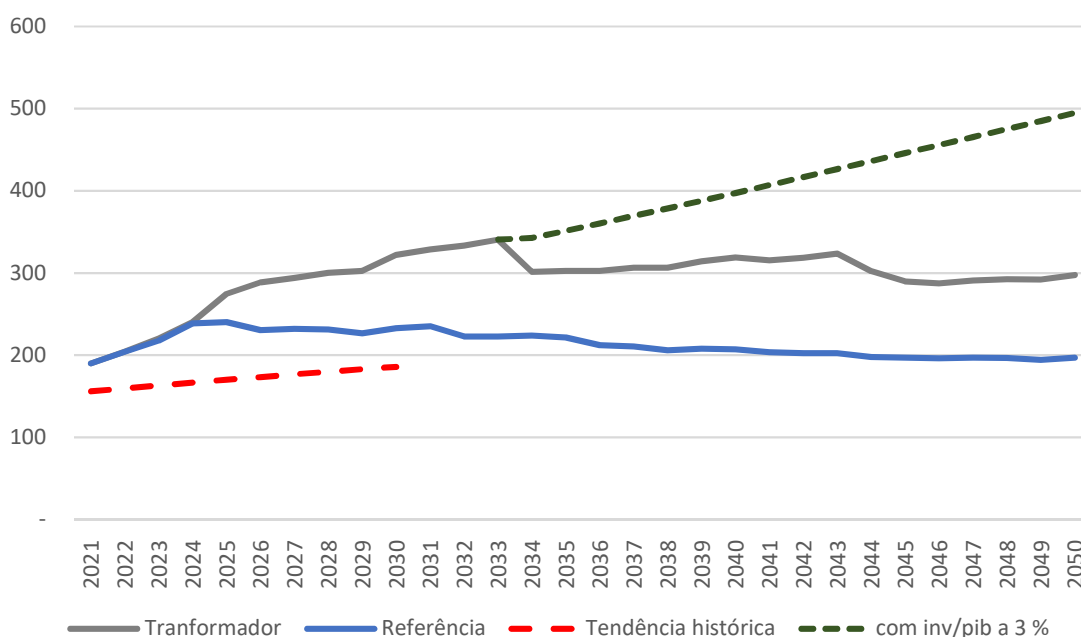
O cenário macroeconômico transformador, conforme detalhado no capítulo 2 deste Relatório, pressupõe grandes transformações em termos de produtividade do estoque de capital e da mão-de-obra da economia. Não obstante a melhoria no quadro geral da economia possa induzir maiores resultados em diversos setores da economia, há muitos desafios relacionados às dinâmicas específicas setoriais que precisam ser tratados com a devida diligência para que as condições retratadas nesse cenário transformador de investimentos possam se realizar.

### 3.8 Visão geral dos investimentos em infraestrutura

Nesta seção é apresentada a consolidação dos investimentos de todos os setores de infraestrutura aqui tratados. No Cenário Referência, montado basicamente a partir dos projetos já em execução ou pelo menos em estruturação, é possível observar uma elevação dos investimentos em relação à média histórica recente, observada nos últimos 10 anos. Tal elevação é mais pronunciada nos setores de transportes, fruto principalmente do programa de parcerias iniciado em 2017 e intensificado a partir de 2019, no de saneamento básico, já refletindo efeitos do Novo Marco do Saneamento, mas também em mobilidade urbana e energia elétrica.

O Cenário Transformador, entretanto, aponta a necessidade de ampliação adicional dos investimentos em todos os setores analisados, tanto por necessidade de fechamento de hiatos estruturais como por maior demanda provocada pela premissa de maior crescimento econômico. O resultado dos dois cenários é apresentado na Figura 29, que apresenta ainda a tendência histórica e um cenário alternativo a partir de 2033 em que se manteriam os investimentos em 3% do PIB do Cenário Transformador.

Figura 29: Fluxo necessário de investimento em infraestrutura por cenário (R\$ bilhões de 2020).



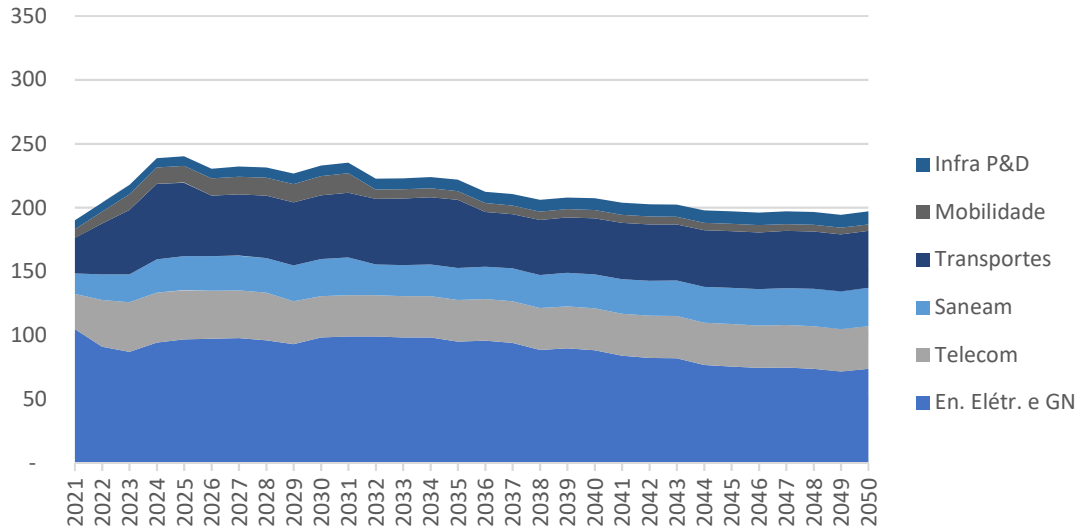
O Cenário Referência apresenta um pico de investimentos anuais em torno de R\$ 240 bilhões já em 2024 e 2025, mantendo-se ligeiramente abaixo nos anos seguintes, até 2035, caindo então para pouco menos de R\$ 200 bilhões a partir daí. Essa estagnação reflete a baixa visibilidade de novos projetos desse cenário. Os projetos já em estruturação tendem a gerar fortes investimentos no curto prazo, mas para além desse horizonte, ainda há a necessidade de se mapear e estruturar novos projetos, o que é abordado no Cenário Transformador.

O Cenário Transformador, por sua vez, principalmente devido a inclusão de novos investimentos para fechamento de hiatos estruturais, apresenta uma elevação dos investimentos quase constante até 2033, quando atinge o montante anual de R\$ 340 bilhões. Nesse ano ocorreria o fechamento do hiato estrutural do Saneamento Básico, reduzindo a necessidade de grandes investimentos nesse setor, o que leva a uma redução e depois estagnação dos investimentos

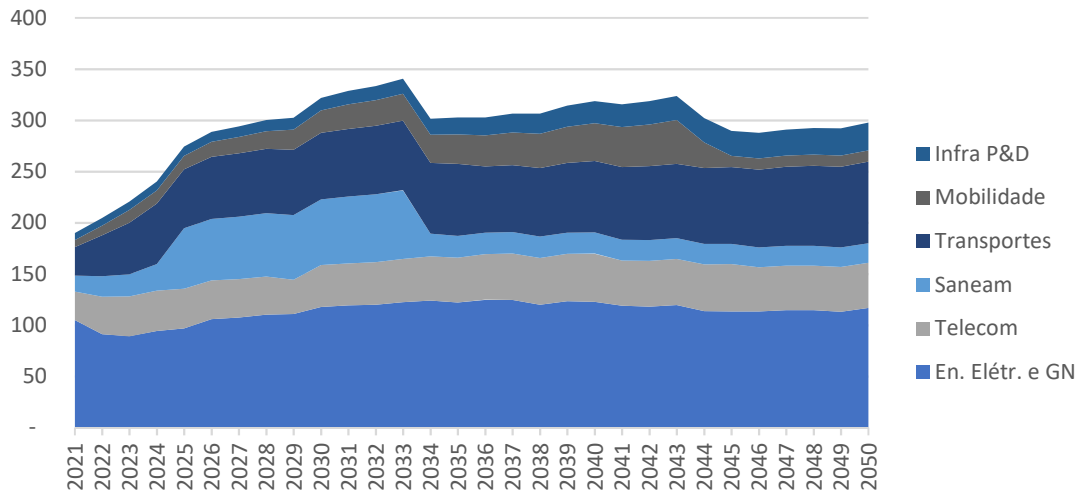
totais em torno de R\$ 310 bilhões por ano. A partir de 2043 ocorre nova redução, quando se fecharia o hiato na infraestrutura de mobilidade urbana. A distribuição setorial dos investimentos em cada cenário é apresentada na Figura 30, a seguir.

Figura 30: Projeção de Investimentos por cenário e setor (R\$ bilhões de 2020).

**Cenário Referência**



**Cenário Transformador**

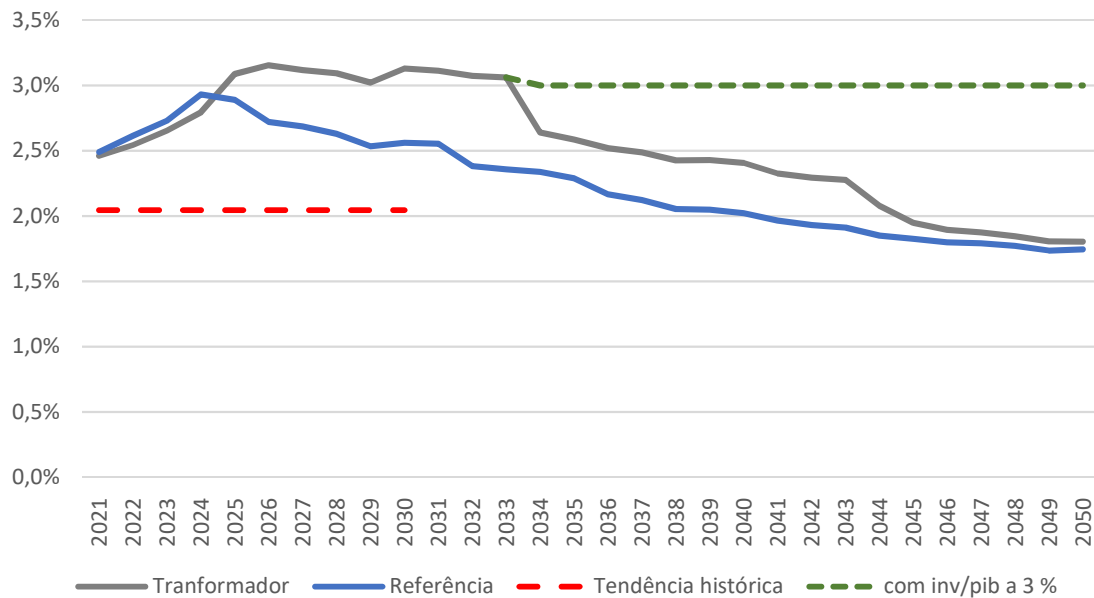


É interessante avaliar também esses investimentos em relação às respectivas projeções de PIB em cada cenário, conforme a Figura 31. Até 2024 o Cenário Referência se apresenta acima do Transformador como proporção do PIB, mas isso ocorre apenas por se considerarem basicamente os mesmos investimentos nos dois cenários, dado que não haveria tempo hábil para se estruturar novos projetos para acelerar os investimentos antes desse horizonte, mas com valores de PIB diferentes. Nesse Cenário Referência os investimentos ficam acima da média histórica de 2,05% do PIB até 2035, confirmando os efeitos positivos do programa de parcerias, do leilão do 5G e do Novo Marco do Saneamento.

No Cenário Transformador, os investimentos ficam ao redor de 3% do PIB de 2024 até 2033, caindo a partir daí. Um aspecto positivo desse resultado é que recursos financeiros não devem

ser um limitador da ampliação dos investimentos em infraestrutura. No passado esse parâmetro já chegou próximo a 6% do PIB. Além disso, com estabilidade macroeconômica, a atração de investimentos estrangeiros é facilitada. Dessa forma, a viabilização desse montante mais elevado de investimentos fica dependente de resolução de deficiências dos próprios setores de infraestrutura, notadamente em planejamento e estruturação dos projetos e desenho adequado de modelos regulatórios e de contratos de parcerias.

Figura 31: Projeções de investimento em infraestrutura por cenário – em % do PIB.



A partir de 2033, em se fechando o hiato de infraestrutura de saneamento básico, abre-se espaço (financeiro) para tanto se acelerarem os investimentos nos demais setores de infraestrutura quanto se explorarem novas oportunidades de melhoria da infraestrutura, como maior automação e utilização mais intensiva de tecnologias de informação e comunicação. Por tal motivo, foi feito um exercício adicional de se manter em 3% do PIB o montante anual de investimentos, já ilustrado na Figura 29.

Os resultados em termos de estoque são apresentados a seguir. No horizonte de 30 anos o estoque total deve aumentar 1,75 vezes no Cenário Referência e 2,35 vezes no Transformador. Se mantido o investimento em 3% do PIB a partir de 2034, o estoque chegaria 2,8 vezes o de 2021. Em termos per capita, os resultados são também auspiciosos: aumento de 60% no cenário Referência e de mais de duas vezes no Transformador. Em % do PIB, entretanto, como alguns dos setores tem como principal elemento de demanda o crescimento populacional, que tende a se estagnar, não se projeta um grande aumento do indicador: partindo de ~40% e chegando a 47% no Referência; enquanto no Transformador haveria uma elevação a 45% com posterior redução a 42%.<sup>45</sup> Vale lembrar que a premissa de PIB no Transformador é bem superior à do Referência. De qualquer forma, isso reforça a possibilidade de se explorarem novas oportunidades de investimento em infraestrutura. Em se confirmando sua viabilidade, ou seja, uma vez demonstrado que os benefícios socioeconômicos advindos desses investimentos sejam

<sup>45</sup> O cálculo de estoque de infraestrutura aqui adotado é o baseado em Frischtak e Mourão (2018), por permitir abertura entre os setores de infraestrutura. Estudo também do Ipea e um pouco mais recente (Souza Jr. e Cornélio, 2020) chegou ao estoque de infraestrutura em 40% do PIB em 2018, mas envolve também infraestrutura relacionada a vias urbanas (que não foram objeto de análise aqui).

superiores aos seus custos, manter o patamar de investimentos em 3% do PIB permitiria elevar o estoque de infraestrutura a 51% do PIB, bem próximo ao observado em países ditos desenvolvidos.

Apesar de ser uma métrica que permite a comparação entre economias diferentes, a razão entre o estoque de infraestrutura e o PIB nacional não está sendo considerada, por si só, uma meta geral para os investimentos, pois o PILPI preconiza a fundamentação microeconômica para os diversos investimentos em infraestrutura. Em outras palavras, é desejável que as decisões de investimento sejam submetidas a apreciação quanto a sua viabilidade socioeconômica<sup>46</sup>. Por isso, os diagnósticos presentes nos planos setoriais foram considerados como a melhor base para construção das estimativas aqui apresentadas. Com isso, busca-se manter uma correlação positiva entre o aumento de infraestrutura e o aumento da produtividade da economia, minimizando a ocorrência de efeitos adversos decorrentes de maus investimentos, como estruturas subutilizadas, baixa eficiência alocativa de recursos, entre outros, o que pode ser obtido via seleção e priorização de projetos que tragam maior retorno socioeconômico.

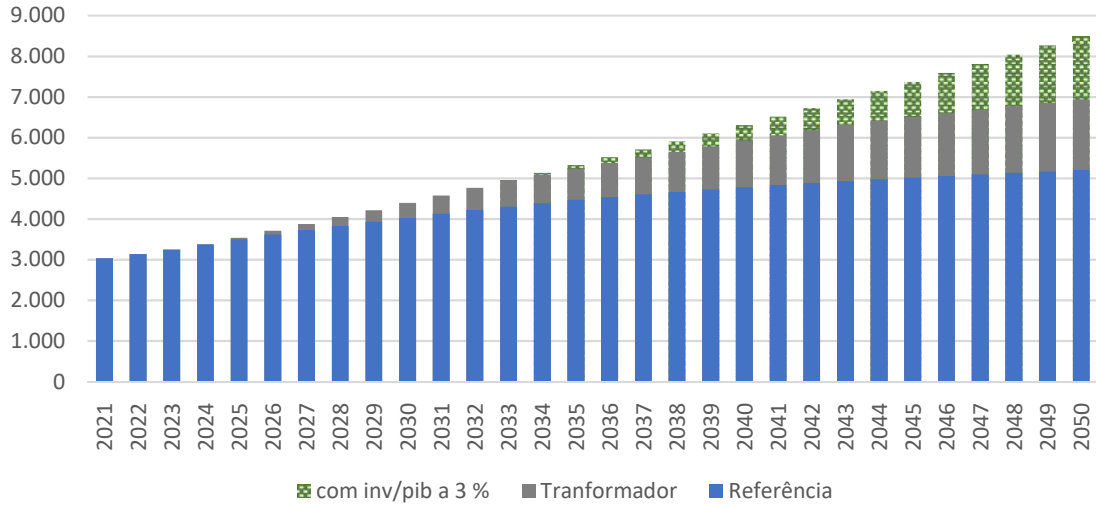
No capítulo seguinte deste relatório serão fornecidos maiores detalhes das ações em curso no curto e médio prazo, no Governo Federal.

---

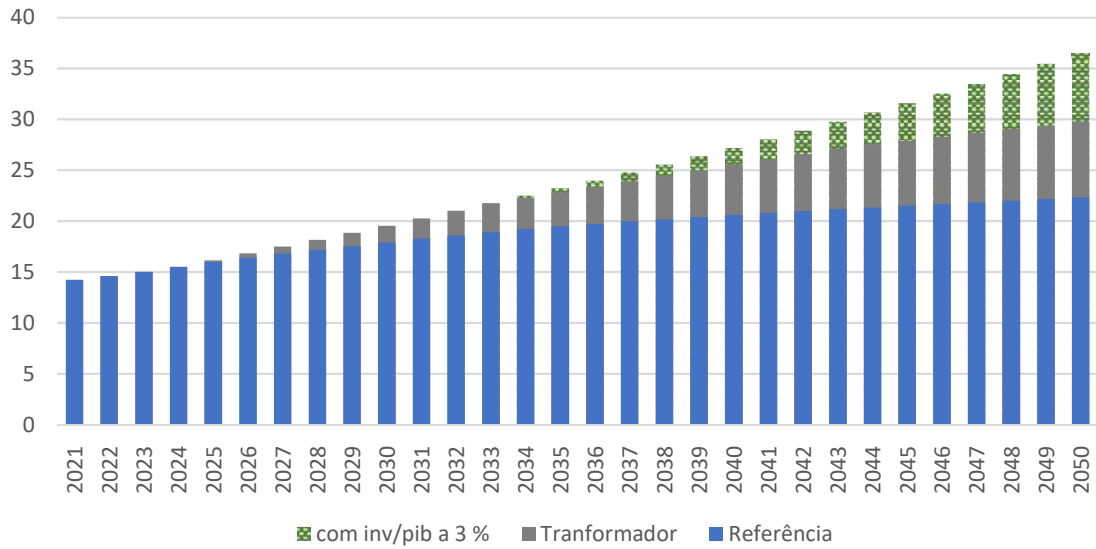
<sup>46</sup> O Guia Geral de Análise Socioeconômica de Custo-Benefício de Projetos de Investimento em Infraestrutura fornece mais detalhes sobre como se computar a viabilidade socioeconômica de um projeto de investimento em infraestrutura. O documento está disponível em: <https://www.gov.br/economia/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/guias-e-manuais/>

Figura 32: Projeções de estoque de infraestrutura por cenário.

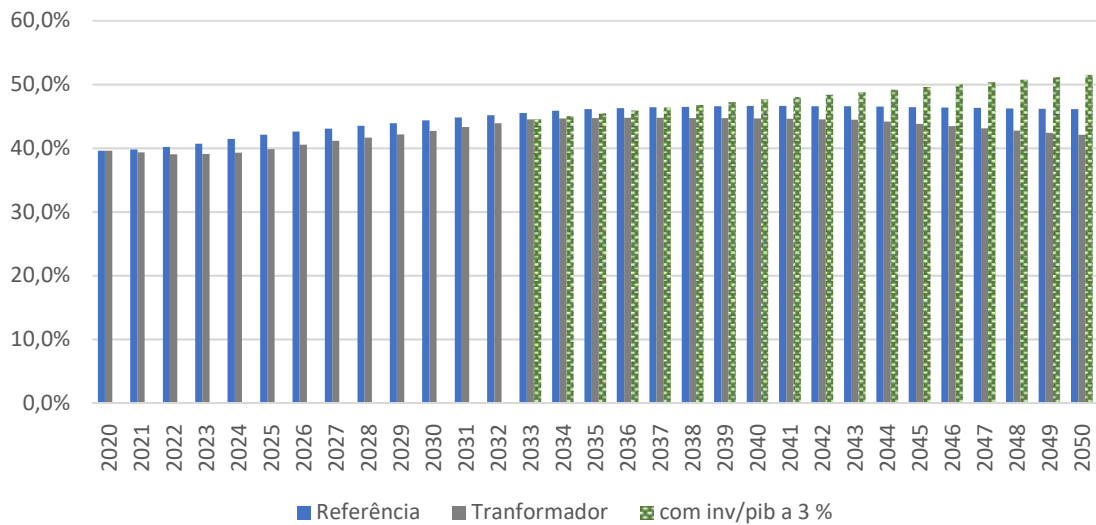
Estoque total (R\$ bilhões de 2020)



Estoque per capita (R\$ mil por habitante)



Estoque como proporção do PIB (% do PIB)





## 4. PROJETOS DE GRANDE PORTE EM ANDAMENTO PARA OS PRÓXIMOS 10 ANOS



## 4.1 Introdução

Como descrito no capítulo anterior, que trata da visão de longo prazo para os diversos setores que compõem a infraestrutura nacional, a tendência de médio prazo para o investimento em infraestrutura contempla diversas ações em andamento que são de iniciativa ou dependem de algum tipo de envolvimento do governo federal.

Neste capítulo é feito um recorte que permite identificar, por setor de infraestrutura, os projetos de investimento em infraestrutura considerados:

- como de **grande porte**: *os critérios que definem quais projetos são de grande são específicos por setor de infraestrutura, de maneira a respeitar suas peculiaridades;*
- **de iniciativa** do governo federal: *inclui a execução direta do investimento via orçamento fiscal, a celebração de contratos de parcerias<sup>47</sup> com agentes privados, a delegação a companhias privadas via autorização, a celebração de convênios e termos de compromisso com outros entes federativos e a disponibilização de linhas de subsídio via crédito direcionado, garantias, etc.;*
- **em andamento**: *são considerados como em andamento os projetos em fase de implantação física ou ainda em estruturação, mas com decisão pela implantação já tomada pelo ministério responsável.*

Nas seções seguintes são apresentados, para cada setor de infraestrutura, os critérios adotados para classificar um projeto ou programa como de grande porte e a respectiva relação de projetos assim classificados que já estão em fase de estruturação ou mesmo de implantação física<sup>48</sup>. As listas de projetos apresentadas refletem o identificado até a data de elaboração deste relatório, 10 de dezembro de 2021.

---

<sup>47</sup> Entende-se parceria como contrato de concessão, seja na modalidade comum, administrativa ou patrocinada.

<sup>48</sup> Como não há, na administração pública federal, um critério comum a todos os setores que identifique o estágio de maturidade de um projeto de investimento, coube a cada ministério estabelecer linhas de corte que identifiquem uma iniciativa como 'em andamento'.

## 4.2 Transportes

Os diferentes segmentos do setor de transporte possuem características próprias que implicam que a relação entre volume de investimento e impacto transporte de cargas e pessoas seja bem diversa em termos de ordem de grandeza.

Por isso, quando se busca identificar os projetos de grande porte para esse tipo de infraestrutura, adotam-se critérios que reflitam, de alguma forma, essas especificidades. Assim, para efeito desta edição do PILPI, são considerados como projetos de grande porte de infraestrutura de transportes:

- Projetos com Capex superior a R\$ 2,5 bilhões; ou
- Projetos com Capex superior a R\$ 1, 0 bilhão e que impliquem em movimentação de carga superior a 5% do total transportado no respectivo modo de transporte;

Foram considerados como em andamento aqueles projetos contemplados no cenário 1 do PNL 2035. Com isso, o resultado são 38 projetos de grande porte em andamento, contemplando os segmentos de transporte aquaviário, terrestre e aéreo. A Tabela 21: Projetos de grande porte de infraestrutura de transporte em estruturação ou implantação mostra os detalhes.

O setor de transportes tradicionalmente contou com grande participação de investimentos públicos como motor da expansão de oferta de infraestrutura. Nos últimos anos, contudo, o aumento da participação de capital privado nesse setor foi muito expressivo. A amostra de projetos de grande porte listados na Tabela 21 reflete tal realidade. Novos formatos contratuais, incluindo inovações na repartição de riscos, novos desenhos de leilão e mesmo a consideração fontes alternativas de financiamento têm possibilitado tal mudança.

Tabela 21: Projetos de grande porte de infraestrutura de transporte em estruturação ou implantação<sup>49</sup>

Ministério Responsável	Tipologia da Infraestrutura	Nome do Empreendimento / Programa	Modelo de Implantação	Custo total de Investimentos (R\$ milhões)
Ministério da Infraestrutura	Transporte - Ferrovias	EF-277 (PR) - Estrada de Ferro Paraná Oeste	Agente privado (concessão)	R\$ 8.000,00
Ministério da Infraestrutura	Transporte - Ferrovias	EF-170 (MT PA) – Ferrogrão	Agente Privado (concessão)	R\$ 19.180,00
Ministério da Infraestrutura	Transporte - Ferrovias	EF-116 e EF-232 (Nova transnordestina)	Governo Federal + Agente Privado (sociedade comercial)	R\$ 13.769,38
Ministério da Infraestrutura	Transporte - Ferrovias	EF-354 (MT GO) Ferrovia de Integração Centro-Oeste (FICO) - Mara Rosa - Água Boa - Trecho I	Governo Federal (Subsídio Cruzado)	R\$ 2.538,77
Ministério da Infraestrutura	Transporte - Ferrovias	EF-354 (MT GO) Ferrovia de Integração Centro-Oeste (FICO) - Água Boa - Lucas do Rio Verde - Trecho II	Em Estruturação	Em estudo
Ministério da Infraestrutura	Transporte - Ferrovias	EF-334 (TO BA) Ferrovia de Integração Oeste Leste (FIOL) - Ilhéus - Caetité - Trecho I	Agente privado (concessão)	R\$ 5.411,27
Ministério da Infraestrutura	Transporte - Ferrovias	EF-334 (TO BA) Ferrovia de Integração Oeste Leste (FIOL) - Caetité - Barreiras - Trecho II	Governo Federal (Orçamento Fiscal)	R\$ 3.453,99
Ministério da Infraestrutura	Transporte - Ferrovias	EF-334 (TO BA) Ferrovia de Integração Oeste Leste (FIOL) - Barreiras - Figueirópolis - Trecho III	Em Estruturação	Em estudo
Ministério da Infraestrutura	Transporte - Ferrovias	EF151 (TO GO MG SP) (Rumo Malha Central)	Agente privado (concessão)	R\$ 2.724,10
Ministério da Infraestrutura	Transporte - Ferrovias	Prorrogação antecipada - Ferrovia Centro Atlântica - FCA	Agente Privado (concessão)	Em estudo
Ministério da Infraestrutura	Transporte - Ferrovias	Prorrogação antecipada - MRS Logística Malha Sudeste	Agente Privado (concessão)	R\$ 16.773,00
Ministério da Infraestrutura	Transporte - Ferrovias	Prorrogação antecipada - Estrada de Ferro dos Carajás	Agente Privado (concessão)	R\$ 8.227,40
Ministério da Infraestrutura	Transporte - Ferrovias	Prorrogação antecipada - Estrada de Ferro Vitória a Minas	Agente Privado (concessão)	R\$ 8.811,71
Ministério da Infraestrutura	Transporte - Ferrovias	Prorrogação antecipada - Rumo Malha Paulista - RMP	Agente Privado (concessão)	R\$ 5.780,00
Ministério da Infraestrutura	Transporte - Ferrovias	Prorrogação antecipada - Rumo Malha Sul - RMS	Agente Privado (concessão)	R\$ 10.300,00
Ministério da Infraestrutura	Transporte - Ferrovias	Autorização – Ferroeste – Cascavel – PR a Chapecó – SC (286 km)	Agente Privado (autorização)	R\$ 6.400,00
Ministério da Infraestrutura	Transporte - Ferrovias	Autorização - Ferroeste -Cascavel – PR a Foz do Iguaçu – PR (166 km)	Agente Privado (autorização)	R\$ 3.100,00
Ministério da Infraestrutura	Transporte - Ferrovias	Autorização – Grão Pará Multimodal -Alcântara – MA a Açailândia – MA (520 km)	Agente Privado (autorização)	R\$ 5.200,00
Ministério da Infraestrutura	Transporte - Ferrovias	Autorização – Macro Desenvolvimento – Presidente Kennedy – ES a Conceição do Mato Dentro e Sete Lagoas – MG (610 km)	Agente Privado (autorização)	R\$ 14.300,00

<sup>49</sup> Em razão do recente marco legal de autorizações ferroviárias, existe um potencial aumento do investimento privado que possibilitará ampliar a quantidade de projetos indicados na Tabela 17. Destacando-se que apenas foram consideradas as 6 das 9 autorizações cujos contratos foram assinados até 10/12/2021, e que se enquadram no critério de porte do PILPI, sendo que ainda há, nesta data, outras 38 em processo de avaliação

Plano Integrado de Longo Prazo da Infraestrutura 2021-2050

Ministério Responsável	Tipologia da Infraestrutura	Nome do Empreendimento / Programa	Modelo de Implantação	Custo total de Investimentos (R\$ milhões)
Ministério da Infraestrutura	Transporte - Ferrovias	Autorização – Petrocity Ferrovias – Barra de São Francisco – ES a Brasília – DF - Estrada de Ferro Juscelino Kubitschek (EFJK) (1.108 km)	Agente Privado (autorização)	R\$ 14.220,00
Ministério da Infraestrutura	Transporte - Ferrovias	Autorização – Planalto Piauí Participações e Empreendimentos – Suape – PE a Curral Novo – PI (717 km)	Agente Privado (autorização)	R\$ 5.700,00
Ministério da Infraestrutura	Transporte – Rodovias	Rodovias Integradas do Paraná	Agente Privado (Concessão)	R\$ 44.000,00
Ministério da Infraestrutura	Transporte – Rodovias	Rodovias Integradas Santa Catarina	Agente Privado (Concessão)	Em estudo
Ministério da Infraestrutura	Transporte – Rodovias	BR-116/101/SP/RJ (InovaDutra). De São Paulo/SP até Rio de Janeiro/RJ e do Rio de Janeiro/RJ até Ubatuba/SP	Agente Privado (Concessão)	R\$ 14.500,00
Ministério da Infraestrutura	Transporte – Rodovias	BR-381/262/MG/Es: [Trecho entre o Entroncamento com a BR-101(B) – Viana/ES - Até a Divisa ES/MG; BR-262/MG, no Trecho entre Divisa ES/MG Até o Entroncamento com a BR-381/MG – João Monlevade/MG; e BR-381/MG, no Trecho entre Belo Horizonte/MG Até Governador Valadares/MG]	Agente Privado (Concessão)	R\$ 7.176,00
Ministério da Infraestrutura	Transporte – Rodovias	BR--116/465/493/RJ/MG (Rio-Valadares) Rio de Janeiro/RJ a Gov. Valadares/MG com Arco Metropolitano do RJ	Agente Privado (Concessão)	R\$ 8.890,00
Ministério da Infraestrutura	Transporte – Rodovias	BR-040/495/MG/RJ - Belo Horizonte/MG ao Rio de Janeiro/RJ	Agente Privado (Concessão)	R\$ 3.100,00
Ministério da Infraestrutura	Transporte – Rodovias	Concessão da BR-153/080/414/GO/TO	Agente Privado (concessão)	R\$ 7.810,00
Ministério da Infraestrutura	Transporte – Rodovias	Concessão da BR-101/SC	Agente Privado (concessão)	R\$ 3.400,00
Ministério da Infraestrutura	Transporte – Rodovias	BR-040/DF/GO/MG	Agente Privado (concessão)	R\$ 7.400,00
Ministério da Infraestrutura	Transporte – Rodovias	BR-060, BR-153 e BR-262 DF/GO/MG	Agente Privado (concessão)	Em estudo
Ministério da Infraestrutura	Transporte - Portos	Programa de Arrendamentos Portuários - Santos STS10	Agente Privado (autorização)	R\$ 2.500,00
Ministério da Infraestrutura	Transporte - Portos	Desestatização da Santos Port Authority	Agente privado (concessão)	Em estudo
Ministério da Infraestrutura	Transporte - Portos	TPB - TERMINAL PORTUÁRIO BRITES LTDA.	Agente privado (autorização)	R\$ 2.520,71
Ministério da Infraestrutura	Transporte - Portos	NOVO PORTO TERMINAIS PORTUÁRIOS MULTICARGAS E LOGÍSTICA LTDA.	Agente privado (autorização)	R\$ 3.653,90
Ministério da Infraestrutura	Transporte - Portos	GPM - GRÃO PARÁ MULTIMODAL LTDA.	Agente privado (autorização)	R\$ 4.770,00
Ministério da Infraestrutura	Transporte - Portos	PETROCITY PORTOS S/A.	Agente privado (autorização)	R\$ 3.157,94
Ministério da Infraestrutura	Transporte – Aeroporto	Concessão do Aeroporto de Congonhas	Agente privado (concessão)	R\$ 2.129,30

### 4.3 Telecomunicações e Radiodifusão

No setor de telecomunicações podemos identificar dois grandes grupos de projetos de infraestrutura de iniciativas do governo federal. O primeiro grupo é o de projetos estruturados e implantados pelo Ministério das Comunicações através de ações orçamentárias. O segundo grupo é o de ações que são viabilizadas na forma de compromissos de investimento impostos a autorizatárias e concessionárias de serviços de telecomunicações associados a atos regulatórios da Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel). Esses compromissos são disciplinados pelo art. 9º do Decreto nº 9.612, de 17 de dezembro de 2018, que dispõe sobre as políticas públicas de telecomunicações, e podem estar associados à licitação de autorização de uso de radiofrequências, a processos sancionatórios e a contratos de concessão, por exemplo.

Dentro desse grupo de iniciativas destacam-se aquelas que, para efeitos deste PILPI, são consideradas como projetos de grande porte e em andamento, conforme atendimento aos critérios a seguir:

- Compromissos de investimento de abrangência nacional associados a autorizações para uso de radiofrequências;
- Compromissos de investimento de abrangência nacional associados às concessões do Serviço Telefônico Fixo Comutado – STFC; e
- Investimentos que necessitem de pelo menos R\$ 50 milhões de recursos do Orçamento Fiscal para serem viabilizados.

O conjunto de projetos que se enquadram nesses critérios está disposto na Tabela 22. É possível observar a relevância, em termos de volume de recursos, dos compromissos de investimento associados a atos regulatórios como instrumento de política pública para o setor de telecomunicações.

Plano Integrado de Longo Prazo da Infraestrutura 2021-2050

Tabela 22: Projetos de grande porte de infraestrutura de telecomunicações e radiodifusão em fase de estruturação ou implantação

Ministério Responsável	Tipologia da Infraestrutura	Nome do Empreendimento / Programa	Modelo de Implantação	Custo total de Investimentos (R\$ milhões)
Ministério das Comunicações	Telecomunicações	5G em 5.570 sedes municipais e outras localidades	Agente Privado (compromisso de edital de licitação de autorizações de uso de radiofrequências)	R\$53.000,00
Ministério das Comunicações	Telecomunicações	4G em sedes municipais e outras localidades	Agente Privado (compromisso de edital de licitação de autorizações de uso de radiofrequências)	R\$8.900,00
Ministério das Comunicações	Telecomunicações	Redes ópticas em municípios e localidades	Agente Privado (compromisso de edital de licitação de autorizações de uso de radiofrequências; compromisso do Plano Geral de Metas de Universalização - PGMU)	R\$4.500,00
Ministério das Comunicações	Telecomunicações	4G em rodovias federais	Agente Privado (compromisso de edital de licitação de autorizações de uso de radiofrequências)	R\$1.800,00
Ministério das Comunicações	Telecomunicações	Rede Privativa de Comunicação da Administração Pública Federal	Agente Privado (compromisso de edital de licitação de autorizações de uso de radiofrequências)	R\$1.000,00
Ministério das Comunicações	Telecomunicações	Adaptação da infraestrutura terrestre de prestação de serviços via satélite	Agente Privado (compromisso de edital de licitação de autorizações de uso de radiofrequências)	R\$3.900,00
Ministério das Comunicações	Telecomunicações	Conectividade de escolas públicas de ensino básico	Agente Privado (compromisso de edital de licitação de autorizações de uso de radiofrequências)	R\$3.000,00
Ministério das Comunicações	Telecomunicações	Programa Amazônia Integrada e Sustentável (PAIS)	Agente Privado (compromisso de edital de licitação de autorizações de uso de radiofrequências) + Governo Federal	R\$1.600,00
Ministério das Comunicações	Telecomunicações	Programa Nordeste Conectado	Governo Federal	R\$55,00
Ministério das Comunicações	Telecomunicações	Infovias estaduais	Governo Federal	R\$67,00
Ministério das Comunicações	Radiodifusão	Programa Digitaliza Brasil	Agente Privado (compromisso de edital de licitação de autorizações de uso de radiofrequências)	R\$844,00

## 4.4 Energia Elétrica

O setor de energia elétrica é marcado por uma preponderância do capital privado no financiamento da infraestrutura. Os tipos de delegação mais comuns são a concessão e a autorização. A primeira é comumente praticada nos segmentos de transmissão, distribuição e, no caso de geração, para Usinas Hidrelétricas -UHEs e Térmicas Nucleares, com exceção de Angra 3 que está sendo considerada como autorização por se tratar de uma deliberação do CNPE. As autorizações são mais utilizadas para o transporte de gás natural e para geração de energia por Pequenas Centrais Hidroelétricas – PCHs, Centrais Geradoras Hidrelétricas - CGHs e outras fontes.

No segmento de distribuição de energia elétrica, as concessões<sup>50</sup> estão associadas a regiões geográficas definidas, dispersas por todo o território nacional, onde operam monopólios sob regulação estatal para servir um aglomerado de consumidores. O alcance atual da rede distribuição é quase universal, de forma que novos investimentos em expansão tendem a ser motivados por aumento de capacidade das instalações existentes e não em expansão de alcance. Além disso, dada a dispersão geográfica das unidades de consumo, esse incremento de capacidade deve ocorrer sem a mobilização de grandes empreendimentos, que são característicos de outros segmentos, como geração e transmissão. Portanto, é natural que não estejam indicados entre os projetos de grande porte, investimentos do segmento de distribuição.

Com relação aos segmentos transmissão e geração, a expansão reponde por uma parte mais significativa dos investimentos necessários. A dinâmica dos investimentos nesses segmentos é majoritariamente determinada pelos leilões organizados pela iniciativa governo federal e mantém alguma relação com o planejamento retratado no Plano Decenal de Expansão de Energia e no Programa de Expansão da Transmissão (PET)/Plano de Expansão de Longo Prazo (PELP).

Nesse contexto, foram considerados como projetos de grande porte em andamento para Energia Elétrica:

- todos os empreendimentos já homologados mediante leilão promovido pelo Ministério de Minas e Energia e que estão considerados no PDE 2030 como expansão contratada.
- Complementarmente à lista anterior, todos os empreendimentos contratados através do Leilão de Energia Nova A-5 2021 promovido pelo Ministério de Minas e Energia em setembro de 2021.

Devido ao alto número de projetos que se enquadram no critério acima, a Tabela 23 traz um resumo do montante de investimento já contratado, relacionado à expansão de energia para os próximos anos 5 anos.

---

<sup>50</sup> As concessionárias respondem por aproximadamente 99% das unidades de consumo e da população atendida, segundo dados da Aneel. Outros regimes de delegação existentes são designação e permissão.



Tabela 23: Projetos de grande porte em andamento do setor de energia elétrica

<b>Custo total de Investimentos (R\$ milhões)</b>	
<b>Geração de Energia Elétrica</b>	<b>60.292,44</b>
Fonte Eólica	20.000,58
Pequenas Centrais Hidrelétricas	2.798,63
Fonte Fotovoltaica	6.785,33
Usinas Hidrelétricas	1.228,00
Usinas Termelétricas a Biomassa	3.136,76
Usinas Termelétricas a Diesel	188,93
Usinas Termelétricas a Gás Natural	8.510,93
Usinas Térmicas Nucleares	17.123,28
Usinas Termelétricas Resíduos Sólidos Urbanos	520,00
<b>Transmissão de Energia Elétrica</b>	<b>62.494,88</b>
<b>Total Geral</b>	<b>122.787,25</b>

Merece destaque a realização do primeiro leilão de geração a partir de resíduos sólidos urbanos, em 30/09/2021, que resultou na contratação de 12 MW de Usina de Recuperação Energética de Resíduos, com investimentos estimados em R\$ 520 milhões. A regulação recentemente atualizada trouxe segurança jurídica e previsibilidade, essenciais para atração de investimentos no setor.

Em termos de potência instalada, esses investimentos correspondem a uma oferta de 14 GW. O PDE 2030 indica a configuração da capacidade instalada em dezembro de 2025, por fonte, resultado do acréscimo dessa capacidade contratada. A Tabela 24 mostra essa configuração, sem contemplar o leilão de energia nova A-5 de setembro/2021.

Tabela 24: Capacidade Instalada Existente e Contratada do Sistema Interligado Nacional em Dez/2025

Fonte	Capacidade Instalada	Participação
Usinas Termelétricas	18.022 MW	10%
Eólicas + Fotovoltaicas	25.135 MW	15%
Biomassa	14.355 MW	8%
Pequenas Centrais Hidrelétricas	7.355 MW	4%
Usinas Hidrelétricas	109.107 MW	63%

Adaptado de MME/EPE, 2021

## 4.5 Infraestrutura Hídrica

Tomando em consideração, inicialmente, os investimentos em infraestrutura hídrica, é possível agrupá-los em 7 tipologias distintas: i) Barragem; ii) Canais; iii) Sistema Adutores; iv) Sistemas integrados de abastecimento; v) Contenção de erosão marítima e fluvial; vi) Sistema de diques; vii) Barragens ou sistema integrado de barragens.

Os critérios para considerar um projeto como de grande porte, abarcando as peculiaridades de cada tipo de topologia, foram definidos conforme se encontra no Quadro 1, a seguir:

Quadro 1: Critérios para considerar projetos de infraestrutura hídrica como de grande porte

Tipologia	Uso predominante	Capex estimado	Critério de característica técnica
<b>Barragem</b>	Oferta de água	≥ R\$ 500 milhões	Regularização* ≥ 3m <sup>3</sup> /s
<b>Canais</b>	Oferta de água		Vazão ≥ 10m <sup>3</sup> /s Extensão ≥ 100km
<b>Sistemas adutores</b>	Oferta de água		Vazão ≥ 3m <sup>3</sup> /s Extensão ≥ 100km
<b>Sistemas integrados de abastecimento</b>	Oferta de água		Vazão ≥ 3m <sup>3</sup> /s Extensão ≥ 500km
<b>Contenção de erosão marítima e fluvial</b>	Prevenção de cheia/desastre**		Proteção de 2 ou mais municípios
<b>Sistema de diques</b>	Prevenção de cheia/desastre		
<b>Barragem ou Sistema integrado de barragens</b>	Prevenção de cheia/desastre		

\*Regularização de vazão no manancial ou de disponibilidade de captação no reservatório

\*\*Para controle de cheia, enxurradas, erosões marítimas e fluviais

Aplicando tais critérios ao rol de projetos do PNSH 2035, publicado em 2019, desconsiderando desse rol aquelas intervenções que ainda estão em fase de estudos iniciais ou elaboração de EVTEA, identifica-se um total de 13 projetos de grande porte em andamento. Esses projetos estão identificados na Tabela 25.

Os projetos de grande porte de infraestrutura hídrica, como pode ser observado na Tabela 25, são implantados através de recursos orçamentários do governo, seja por aplicação direta do governo federal, seja por arranjo (convênio) com governos subnacionais.

Além dos projetos que já contam com participação do governo federal, há uma relação de projetos no PNSH que já estão em fase adiantada de estruturação e que, eventualmente, podem vir a contar com apoio do governo federal, caso sejam contempladas em futuras chamadas que o Ministério de Desenvolvimento Regional venha a promover. A quantidade de projetos de grande porte nessa situação é de 16 e está identificada na Tabela 26.

Plano Integrado de Longo Prazo da Infraestrutura 2021-2050

Tabela 25: Projetos de grande porte de infraestrutura hídrica em andamento com participação do governo federal

Ministério Responsável	Tipologia da Infraestrutura	Subtipo de Infraestrutura	Nome do Empreendimento / Programa	Modelo de Implantação	Custo total de Investimentos (R\$ milhões)
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura Hídrica	Canais	CAC-Trecho I (Cinturão das Águas do Ceará)	Governo Federal + Subnacional (Convênio)	R\$1.690,00
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura Hídrica	Canais	Eixo Norte-Trecho III (Ramal do Salgado)	Governo Federal (Orçamento Fiscal)	R\$600,36
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura Hídrica	Canais	Eixo Norte-Trechos I e II	Governo Federal (Orçamento Fiscal)	R\$7.420,91
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura Hídrica	Barragem (Oferta d'água)	Barragem Pedra Bonita	Governo Federal + Subnacional (Convênio)	R\$59,51
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura Hídrica	Barragem (Oferta d'água)	Barragem Congonhas	Governo Federal (Orçamento Fiscal)	R\$256,00
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura Hídrica	Canais	Ramal do Piancó - Obras	Governo Federal (Orçamento Fiscal)	R\$182,22
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura Hídrica	Sistemas Adutores	Sistema Adutor do Agreste	Governo Federal + Subnacional (Convênio)	R\$1.246,76
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura Hídrica	Canais	Ramal do Agreste	Governo Federal (Orçamento Fiscal)	R\$1.832,00
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura Hídrica	Barragem (Oferta d'água)	Barragem Pannels II-Gatos	Governo Federal + Subnacional (Convênio)	R\$153,13
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura Hídrica	Barragem (Oferta d'água)	Barragem Oiticica	Governo Federal + Subnacional (Convênio)	R\$531,00
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura Hídrica	Canais	Eixo Norte-Trecho IV (Ramal do Apodi)	Governo Federal (Orçamento Fiscal)	R\$1.613,72
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura Hídrica	Barragem (Oferta d'água)	Barragem Taquarembó	Governo Federal + Subnacional (Convênio)	R\$138,85
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura Hídrica	Barragem (Oferta d'água)	Barragem Jaguari	Governo Federal + Subnacional (Convênio)	R\$116,37

Plano Integrado de Longo Prazo da Infraestrutura 2021-2050

Tabela 26: Projetos de grande porte de infraestrutura hídrica de iniciativa de governos subnacionais

Ministério Responsável	Tipologia da Infraestrutura	Subtipo de Infraestrutura	Nome do Empreendimento / Programa	Modelo de Implantação	Custo total de Investimentos (R\$ milhões)
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura Hídrica	Sistemas Adutores	Sistema Adutor Juazeiro-Senhor do Bonfim	Governo Subnacional	R\$665,59
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura Hídrica	Canais	Eixão das Águas (Duplicação)	Governo Subnacional	R\$878,94
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura Hídrica	Canais	Eixo de Integração Jaguaribe-Icapuí	Governo Subnacional	R\$125,20
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura Hídrica	Sistemas Adutores	Eixo de Integração Orós-Trussu e Sistemas Adutores Orós-Centro Sul e Trussu-Alto Jaguaribe (Projeto Malha d'água)	Governo Subnacional	R\$529,73
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura Hídrica	Sistemas Adutores	Eixo de Integração Banabuiú-Pedras Brancas e Sistemas Adutores Banabuiú-Sertão Central e Pedras Brancas-Sertão Central (Projeto Malha d'água)	Governo Subnacional	R\$630,63
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura Hídrica	Sistemas Adutores	Sistema Adutor Engenho Maranhão-ETA Suape	Governo Subnacional	R\$222,76
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura Hídrica	Sistemas Adutores	Sistema Adutor Engenho Maranhão-ETA Pirapama	Governo Subnacional	R\$367,32
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura Hídrica	Sistemas Adutores	Sistema Adutor Tracunhaém-EE Arataca II (Ampliação)	Governo Subnacional	R\$406,66
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura Hídrica	Barragem (Oferta d'água)	Barragem Engenho Maranhão	Governo Subnacional	R\$81,05
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura Hídrica	Barragem (Oferta d'água)	Barragem Tracunhaém	Governo Subnacional	R\$307,59
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura Hídrica	Sistemas Adutores	Sistema Adutor Imunana-Laranjal (Ampliação)	Governo Subnacional	R\$255,53
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura Hídrica	Canais	Desvio dos Rios Poços, Queimados e Ipiranga	Governo Subnacional	R\$56,83
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura Hídrica	Barragem (Oferta d'água)	Barragem Guapiaçu	Governo Subnacional	R\$275,82
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura Hídrica	Barragem ou Sistema integrado de barragens	Barragem do Rio Itajaí Mirim (Barragem Botuverá)	Governo Subnacional	R\$102,80
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura Hídrica	Barragem (Oferta d'água)	Barragem Duas Pontes	Governo Subnacional	R\$206,87
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura Hídrica	Barragem (Oferta d'água)	Barragem Pedreira	Governo Subnacional	R\$243,60

## 4.6 Saneamento Básico

Por ser um setor de competência subnacional, a proposição de projetos não é de iniciativa do governo federal, mas de municípios ou de empresas operadoras municipais e estaduais. Contudo, a viabilização da execução de muitos projetos depende de envolvimento do governo federal. Essa participação se dá em forma de apoio, sendo mais comum a linha de crédito subsidiada ou o repasse orçamentário através da celebração de termos de compromisso.

No âmbito do PILPI, o critério para consideração de projeto de investimento em infraestrutura de saneamento básico como de grande porte baseia-se puramente em um valor financeiro de investimento:

- dentre os projetos de esgotamento sanitário, drenagem urbana, resíduos sólidos e abastecimento de água, aqueles com orçamento superior a R\$ 300 milhões são considerados como de grande porte.

Foram considerados como atualmente em andamento, para esse setor, aqueles projetos em estágio de implantação física. Assim, a lista de projetos em andamento que se enquadram no critério de grande porte, dentre aqueles com participação do governo federal, é mostrada Tabela 27. Para esses projetos, como pode ser visto na tabela, o apoio da União dá-se de diversas maneiras. Há casos em que a União celebra termo de compromisso com um ente subnacional e outros em que a União provê linha de crédito específica, por meio de bancos estatais, para acesso de entes subnacionais, entidades estatais de direito privado e agentes privados que exploram os serviços de saneamento básico.

Dado o caráter subnacional e de viabilidade comercial da exploração de parte dos serviços de saneamento, há muitas iniciativas vultuosas de investimentos que contam com outra forma de apoio na União, que são a renúncia fiscal sobre o custo da dívida captada para financiar projetos (debêntures incentivadas) e o regime diferenciado de tributação (REIDI). Entre os projetos atualmente em andamento, que se enquadram nesses casos, há 14 envolvendo valores de investimento entre R\$ 300 milhões e R\$ 3 bilhões. Juntos, eles somam mais de R\$ 12 bilhões em investimentos.

Plano Integrado de Longo Prazo da Infraestrutura 2021-2050

Tabela 27: Projetos de grande porte de infraestrutura de saneamento básico com participação da União atualmente em estruturação ou implantação

Ministério Responsável	Tipologia da Infraestrutura	Subtipo de Infraestrutura	Nome do Empreendimento / Programa	Modelo de Implantação	Custo total de Investimentos (R\$ milhões)
Ministério do Desenvolvimento Regional	Saneamento Básico	Esgotamento Sanitário	Ampliação do SES na região central - coletor-tronco Anhagabaú, interceptores ITa-1J e ITI-7, elevatória Nova Piqueri e interligações	Governo Federal + Ente Subnacional (linha de crédito exclusiva)	R\$ 480,00
Ministério do Desenvolvimento Regional	Saneamento Básico	Esgotamento Sanitário	Ampliação do SES na Várzea do Tietê - coletores, interceptores, estações elevatórias e interligações	Governo Federal + Ente Subnacional (linha de crédito exclusiva)	R\$ 393,47
Ministério do Desenvolvimento Regional	Saneamento Básico	Esgotamento Sanitário	Ampliação do SES na sede municipal	Governo Federal + Agente Privado (linha de crédito exclusiva)	R\$ 369,47
Ministério do Desenvolvimento Regional	Saneamento Básico	Manejo de Águas Pluviais	Intervenções nas calhas dos rios e bacias de amortecimento nas bacias dos rios Belém Pinheirinhos Água Verde Pilarzinho e Juveve	Governo Federal + Subnacional (Termo de Compromisso)	R\$ 354,72
Ministério do Desenvolvimento Regional	Saneamento Básico	Manejo de Águas Pluviais	Drenagem - ampliação da seção, adequação das declividades, parque Linear - Bacias dos Córregos Pampulha, Onça e Cachoerinha	Governo Federal + Ente Subnacional (linha de crédito exclusiva)	R\$ 356,18
Ministério do Desenvolvimento Regional	Saneamento Básico	Manejo de Águas Pluviais	Drenagem Urbana, canalização e dragagem na Bacia do Rio Bengalas	Governo Federal + Subnacional (Termo de Compromisso)	R\$ 354,30
Ministério do Desenvolvimento Regional	Saneamento Básico	Manejo de Águas Pluviais	Drenagem urbana sustentável em diversos bairros da zona Noroeste de Santos	Governo Federal + Subnacional (Termo de Compromisso)	R\$ 349,29
Ministério do Desenvolvimento Regional	Saneamento Básico	Esgotamento Sanitário	Implantação do SES da Zona Norte - rede coletora, elevatórias, emissários, ligações domiciliares e ETE.	Governo Federal + Subnacional (Termo de Compromisso)	R\$ 324,53
Ministério do Desenvolvimento Regional	Saneamento Básico	Esgotamento Sanitário	Ampliação do SES na sede municipal	Governo Federal + Agente Privado (linha de crédito exclusiva)	R\$369,47
Ministério do Desenvolvimento Regional	Saneamento Básico	Saneamento Integrado	Saneamento integrado e urbanização - Bacia do Maranguapinho	Governo Federal + Subnacional (Termo de Compromisso)	R\$301,72

#### 4.7 Pesquisa e Desenvolvimento

Os projetos de Pesquisa e Desenvolvimento possuem peculiaridades que os distinguem dos demais setores tratados neste Plano, normalmente identificados como infraestrutura econômica. O que geralmente se observa em P&D são projetos associados a entregas bem específicas e que operam autonomamente, sem configurar as redes que costumam caracterizar a infraestrutura econômica. Isso dificulta a adoção de parâmetros baseados em características técnicas para classificar tais projetos como de grande porte. Dessa forma recorre-se a critérios de valor de monetário e de expectativa de impacto para fazer essa classificação.

Para essa edição do PILPI são considerados projetos de grande porte de infraestrutura de Pesquisa e Desenvolvimento:

- aqueles que possuem custo total de investimento superior a R\$ 100 milhões;
- ou, no caso de projetos dos quais se espera elevado impacto socioeconômico, o custo de investimento acima R\$ 25 milhões.

Os projetos de iniciativa do governo federal atualmente em estruturação ou já em fase de implantação, ou seja, considerados em andamento e que atendem ao esse critério de grande porte são 13 e estão identificados na Tabela 28. A lista confirma o caráter específico de cada projeto, com entregas bem distintas entre si.

Plano Integrado de Longo Prazo da Infraestrutura 2021-2050

Tabela 28: Projetos de grande porte de infraestrutura de P&D de iniciativa do governo federal

Ministério Responsável	Tipologia da Infraestrutura	Nome do Empreendimento / Programa	Modelo de Implantação	Custo total de Investimentos (R\$ milhões)
Ministério da Ciência e Tecnologia	P&D	Implementação do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)	Governo Federal (Orçamento Fiscal)	R\$2.625,00
Ministério da Ciência e Tecnologia	P&D	Construção da nova Fonte de Luz Síncrotron - SIRIUS	Governo Federal (Orçamento Fiscal)	R\$2.664,00
Ministério da Ciência e Tecnologia	P&D	Centro de Virologia e Microbiologia Nível 4, no campus do CNPEM - NB4	Governo Federal (Orçamento Fiscal)	R\$1.205,00
Ministério da Ciência e Tecnologia	P&D	Implantação do Centro Espacial de Alcântara (CEA) para desenvolvimento técnico e operação comercial	Governo Federal + Agente Privado (Parceria)	R\$718,80
Ministério da Ciência e Tecnologia	P&D	Centro Tecnológico Nuclear e Ambiental - CENTENA (Antigo RBMN)	Governo Federal (Orçamento Fiscal)	R\$130,00
Ministério da Ciência e Tecnologia	P&D	Implantação do Laboratório de Materiais Avançados e Minerais Estratégicos - GraNioTer	Governo Federal (Orçamento Fiscal)	R\$25,00
Ministério da Ciência e Tecnologia	P&D	Ampliação da rede de alta velocidade e serviços avançados de TIC da RNP	Governo Federal + Agente Privado (Parceria)	R\$818,92
Ministério da Ciência e Tecnologia	P&D	Infraestrutura para expansão da capacidade de Processamento de Alto Desempenho no LNCC, do Supercomputador Santos Dumont.	Indefinido	R\$300,00
Ministério da Ciência e Tecnologia	P&D	Ampliação e adequação da infraestrutura de suporte satelital Brasileira. Expansão do Laboratório de Integração e Testes (LIT) do INPE - Fase 2 a 5	Governo Federal (Orçamento Fiscal)	R\$ 532,60
Ministério da Ciência e Tecnologia	P&D	Programa de expansão da capacidade de Processamento de Alto Desempenho no INPE, com a implementação da Base de informações Georreferenciadas e modernização da Infraestrutura de suporte.	Governo Federal (Orçamento Fiscal)	R\$312,00
Ministério da Ciência e Tecnologia	P&D	Centro Nacional de Tecnologias para Pessoas com Deficiência e Doenças Raras (CNT-MCTI)	Governo Federal + Agente Privado (Parceria)	R\$25,00
Ministério da Ciência e Tecnologia	P&D	Projeto de implantação do Sistema Amazônico de Laboratórios Satélites (SALAS)	Governo Federal (Orçamento Fiscal)	R\$151,60
Ministério da Ciência e Tecnologia	P&D	Implantação do Laboratório de Fusão Nuclear	Governo Federal (Orçamento Fiscal)	R\$100,00



## 4.8 Mobilidade Urbana

Analogamente ao que acontece com o Saneamento básico, a proposição de projetos de investimento em infraestrutura de mobilidade urbana é de competência de municípios e estados. Mais uma vez, o envolvimento do governo federal se dá por meio de apoio financeiro, que muitas vezes se constitui componente essencial para viabilização desses projetos.

Para esse segmento da infraestrutura, são considerados projetos de grande porte:

- os empreendimentos que visam promover o transporte de passageiros de média e alta capacidade. São eles: os metrô, os trens urbanos, os BRTs (*Bus Rapid Transit*) e os VLTs (Veículos Leves sobre Trilho).

Os empreendimentos de grande porte em andamento, no caso dos projetos desse setor em fase de implantação física, e que contam com participação da União, estão identificados na Tabela 29, a seguir. Cada projeto demanda investimentos totais da ordem de grandeza de centena de milhões de reais. Muitos deles são estruturados como Parcerias Público-Privadas entre o agente público subnacional (poder municipal ou estadual) e um agente privado. A forma mais comum de PPP é a concessão patrocinada, em que parte das receitas do projeto advém de tarifas pagas pelos usuários e parte de contraprestações pagas pelo poder concedente.

Plano Integrado de Longo Prazo da Infraestrutura 2021-2050

Tabela 29: Projetos de grande porte de Mobilidade Urbana em andamento

Ministério Responsável	Tipologia da Infraestrutura	Subtipo de Infraestrutura	Nome do Empreendimento / Programa	Modelo de Implantação	Custo total de Investimentos (R\$ milhões)
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura urbana	Sistema BRT	BRT TRANSBRASIL	Governo Federal + Ente Subnacional (linha de crédito FGTS)	R\$1.497,16
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura urbana	Sistema BRT	Sistema de Transporte de Passageiros Eixo Sul	Governo Federal + Ente Subnacional (linha de crédito FGTS)	R\$761,39
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura urbana	Sistema BRT	BRT Lapa-Iguatemi - Trecho 1 - FIN	Governo Federal + Ente Subnacional (linha de crédito FGTS)	R\$324,62
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura urbana	Sistema BRT	BRT Lapa-Iguatemi - Trecho 2 - OGU	Governo Federal + Subnacional (Termo de compromisso)	R\$322,91
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura urbana	Sistema BRT	Complementação da Linha Verde – Linha Verde Norte e Linha Verde - Extensão Sul	Governo Federal + Subnacional (Termo de compromisso)	R\$281,53
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura urbana	Sistema BRT	Plano de Mobilidade Urbana	Governo Federal + Ente Subnacional (linha de crédito FGTS)	R\$261,94
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura urbana	Sistema BRT	BRT: NORTE / SUL - TRECHO IGARASSU / TACARUNA / CENTRO	Governo Federal + Ente Subnacional (linha de crédito FGTS)	R\$195,41
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura urbana	Sistema BRT	BRT Norte Sul	Governo Federal + Ente Subnacional (linha de crédito FGTS)	R\$192,66
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura urbana	Sistema BRT	Plano de Mobilidade Urbana	Governo Federal + Subnacional (Termo de compromisso)	R\$190,39
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura urbana	Sistema BRT	Aumento da Capacidade e Velocidade do BRT na Extensão do Eixo Norte – Sul, Eixo Leste-Oeste e Terminais.	Governo Federal + Subnacional (Termo de compromisso)	R\$189,59
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura urbana	Sistema BRT	BRT Belém - Corredor Centenário	Governo Federal + Ente Subnacional (linha de crédito FGTS)	R\$156,13
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura urbana	Sistema BRT	Implantação de BRT nos eixos Norte/Sul e Leste/Oeste	Governo Federal + Ente Subnacional (linha de crédito FGTS)	R\$133,90

Plano Integrado de Longo Prazo da Infraestrutura 2021-2050

Ministério Responsável	Tipologia da Infraestrutura	Subtipo de Infraestrutura	Nome do Empreendimento / Programa	Modelo de Implantação	Custo total de Investimentos (R\$ milhões)
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura urbana	Trem Urbano	Extensão da Linha 9 CPTM - Grajaú-Varginha	Governo Federal + Subnacional (Termo de compromisso)	R\$500,00
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura urbana	VLT/Bonde	Implantação de linha de VLT Baixada Santista	Governo Federal + Ente Subnacional (linha de crédito FGTS)	R\$1.226,11
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura urbana	VLT/Bonde	VLT: PARANGABA / MUCURIBE	Governo Federal + Ente Subnacional (linha de crédito FGTS)	R\$434,92
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura urbana	VLT/Bonde	Linha 1 - SUDESTE	Governo Federal + Ente Subnacional (linha de crédito FGTS)	R\$228,45
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura urbana	Metro	Implantação da Linha Leste do Metrô de Fortaleza	Governo Federal + Ente Subnacional (linha de crédito FGTS)	R\$1.001,34
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura urbana	Metro	Sistema Metroviário de Salvador e Lauro de Freitas - Linha 1, Tramo 3	Governo Federal + Ente Subnacional (linha de crédito FGTS)	R\$842,11
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura urbana	Metro	Implantação da Linha Leste do Metrô de Fortaleza	Governo Federal + Subnacional (Termo de compromisso)	R\$673,00
Ministério do Desenvolvimento Regional	Infraestrutura urbana	Monotrilho	MONOTRILHO - TRECHO 1 DA LINHA 17-OURO-AEROPORTO DE CONGONHAS A REDE METROFERROVIARIA	Governo Federal + Ente Subnacional (linha de crédito FGTS)	R\$1.792,13

## 4.9 Visão geral

Conforme mostrado no item 3.8, o mapeamento da tendência de investimento no curto e médio prazo, baseada tanto em projetos em andamento de iniciativa do governo, como pelos investimentos privados que não dependem de iniciativa governamental para acontecer, indica elevação do nível de investimento quando comparado àquele observado na média do período 2016-2020, que foi de 2,0% do PIB.

No que diz respeito aos projetos que dependem de iniciativa do governo federal, uma parcela com expectativa de consecução é aquela vinculada a arranjos em que se outorga uma autorização ao agente privado para explorar comercialmente a infraestrutura, geralmente mediante uma pré-qualificação baseada no cumprimento de requisitos mínimos e vencimento de concorrência via leilão. Esse agente fica responsável pelo detalhamento, estruturação e implantação do investimento. No caso dos projetos de grande porte referenciados neste capítulo, aqueles dos setores de energia elétrica e de telecomunicações são os que majoritariamente se enquadram nesse tipo de arranjo. Assim, a continuidade dos leilões regulares de energia elétrica, bem como a execução dos compromissos de investimento associados ao do leilão do 5G são essenciais para garantir a concretização de algo em torno de 55% do investimento previsto no cenário Transformador, conforme pode ser observado na Figura 30.

Outro modelo de iniciativa do governo federal, que tem destaque entre os projetos de grande porte apresentados neste capítulo, são as parcerias do tipo concessão e PPP. Esse tipo de arranjo predomina entre os projetos de grande porte do setor de transporte. Diferentemente do regime de autorização, as concessões demandam detalhamento rigoroso do escopo contratado e da repartição de papéis e responsabilidades entre poder público e parceiro privado. Nesse contexto, o avanço do programa de parcerias é essencial para concretização do cenário transformador de investimento.

Voltando à Figura 30, e agregando o investimento total em transporte aos investimentos em energia e telecomunicações, sejam eles dependentes de iniciativa do governo federal ou não, esses três setores combinados respondem por 74% dos investimentos projetados para o cenário Transformador.

Há ainda outro tipo de iniciativa governamental com potencial de induzir a participação de capital privado no investimento em infraestrutura. Destaca-se entre os projetos de grande porte identificados para os setores de Saneamento Básico e Mobilidade Urbana as linhas de crédito criadas para financiar projetos implementados por empresas concessionárias<sup>51</sup> vinculadas a outros entes federativos. Nesses casos, a estruturação e implantação dos projetos está a cargo do agente concessionário, não cabendo ao governo federal estipular e submeter a processo competitivo o escopo de investimento a ser realizado, como ocorre nos setores de competência federal.

Nesse sentido, deve-se destacar que, com a entrada em vigor do Novo Marco do Saneamento do Saneamento Básico em 2020, é esperada uma grande aceleração no ritmo de estruturação e implantação de projetos, o que já pode ser observado com os leilões de concessão já realizados. Entre outras razões, isto se deve a um cenário de maior segurança jurídica trazido pela nova

---

<sup>51</sup> Embora muitas das empresas concessionárias de abastecimento de água e esgotamento sanitário sejam estatais, podem atuar como empresas privadas, desde que haja a abertura à concorrência e formalização de instrumento contratual de concessão.

legislação; ao incentivo à estruturação regionalizada dos serviços; e a um maior aprimoramento das normas de regulação do setor.

No caso de mobilidade urbana, os projetos de grande porte normalmente geram grande impactos no tecido urbano e, por isso, seu desenho e estruturação são de alta complexidade. Além das complexidades de desenho e estruturação, a implantação também envolve riscos e desafios relevantes, pois as áreas afetadas por essas infraestruturas tendem a ser densamente povoadas. A esses fatores se somam os desafios de financiamento, tanto do investimento, como da operação do serviço.

Nos setores de Infraestrutura Hídrica e Pesquisa e Desenvolvimento, de forma predominante, e em outros setores de forma secundária, a iniciativa do governo federal nos projetos de grande porte se dá via estruturação e implantação direta da infraestrutura. Ou seja, o próprio governo contrata estudos de engenharia, ambientais, financeiros, obras de implantação e, frequentemente, opera a infraestrutura.

O contraste entre os desafios governamentais para prover infraestrutura e a necessidade de superação de hiatos estruturais de oferta, sejam relacionados à disponibilidade de serviços básicos aos cidadãos, ou ao aumento da produtividade e sustentabilidade da economia, enfatiza a importância de se estabelecer critérios de priorização de investimentos que direcionem as escolhas para o conjunto de projetos que maximize o retorno socioeconômico. Além disso, e tão importante quanto, é imperioso criar condições para que soluções inovadoras, seja em termos de modelos de financiamento, arranjos contratuais ou práticas regulatórias, ganhem espaço no arcabouço de governança do investimento público.

O próximo capítulo trata de uma contribuição que o PILPI traz para a busca de critérios de priorização de investimentos que considerem o retorno em termos econômicos em sentido amplo, ou seja, não apenas pelos seus custos financeiros, mas que atribua valor também a outras preferências da sociedade, como externalidades e custos intergeracionais.

## 5. NOVOS ESTUDOS PARA INFRAESTRUTURA E ESTIMATIVA DE VIABILIDADE SOCIOECONÔMICA



## 5.1 Sobre a Análise Custo-Benefício para estimativa de viabilidade socioeconômica

A estimativa de viabilidade socioeconômica considerada pelo PILPI é baseada em metodologia desenvolvida pelo Ministério da Economia, por designação do Comitê Interministerial de Planejamento da Infraestrutura, o CIP-Infra<sup>52</sup>. Essa metodologia está positivada no **Guia Geral de Análise Socioeconômica de Custo-Benefício de Projetos de Investimento em Infraestrutura (Guia ACB)**<sup>53</sup>.

Em linhas gerais, conforme consta do próprio Guia ACB, a viabilidade socioeconômica consiste em avaliar, de uma perspectiva *ex ante*, como, em termos quantitativos, o projeto afeta o bem-estar da sociedade. Como regra, essa sociedade corresponde à população do país considerado na análise, e a medida de bem-estar corresponde a um valor numérico de utilidade<sup>54</sup>. Esse valor de utilidade é computado a partir de atribuições de valores monetários aos benefícios, custos e externalidades decorrentes da implantação do projeto (cenário intervenção), comparativamente a um cenário base. Esse tipo de análise é comumente chamada de Análise Socioeconômica de Custo-Benefício – ACB.

É importante destacar que a ACB Socioeconômica visa indicar a viabilidade do ponto de vista da sociedade. Portanto, não se deve confundir com a análise de viabilidade privada (ou ACB privada) feita do ponto de vista do investidor, que é usualmente utilizada em estudos de estruturação de Concessões e Parcerias Público-Privadas feitos no Brasil. Uma ACB privada normalmente considera preços de mercado ao computar despesas e receitas e não internaliza no seu fluxo de caixa valores relativos a externalidades que não possuem preços explícitos e que não afetem o empreendedor do projeto. Por outro lado, a ACB Socioeconômica, adotada pelo CIP-Infra, pressupõe a aplicação de preços sociais<sup>55</sup> e a consideração de externalidades dentro do fluxo de caixa do projeto. Por isso, o principal indicador de viabilidade é denominado Valor Social Presente Líquido Comparativo –  $\Delta VSPL$ .

No planejamento de longo prazo, as análises de viabilidade socioeconômica podem ser aplicadas a empreendimentos específicos, quando seu impacto é muito relevante sobre um determinado setor, ou, mais comumente, podem ser aplicadas a cenários ou conjunto de empreendimentos, com vistas a apoiar decisões sobre políticas ou desenhos de arranjos mais eficientes para determinado setor. Nesse estágio, denomina-se **ACB preliminar**, pois a análise é feita de modo paramétrico e não dispensa a realização de uma nova avaliação futura mais detalhada, à medida que mais informações sobre a intervenção proposta se tornam disponíveis.

Outro pilar importante da metodologia de ACB adotada pelo CIP-Infra é a necessidade de fundamentação para a intervenção, o que envolve: alinhamento com as diretrizes mais amplas

---

<sup>52</sup> O regimento interno do CIP-Infra está disponível em : <https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/comite-interministerial-de-planejamento-da-infraestrutura>

<sup>53</sup> O Guia ACB, assim como outros materiais relacionados à análise custo-benefício, podem ser acessados em: <https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/choque-de-investimento-privado/avaliacao-socioeconomica-de-custo-beneficio>

<sup>54</sup> Na teoria microeconômica, utilidade é uma medida de satisfação (bem-estar) associada ao consumo. As quantidades das cestas de consumo podem se referir a bens físicos ou intangíveis. Aos quais se pode atribuir valor monetário.

<sup>55</sup> São preços que buscam refletir as preferências dos agentes econômicos levando em conta os efeitos das diversas distorções econômicas presentes nos preços de mercado, como o não cômputo de externalidades, as assimetrias de informação, o efeito de impostos e subsídios, entre outros.

de desenvolvimento, descrição do contexto do projeto, definição de seus objetivos e avaliação estratégica de alternativas. A avaliação estratégica de alternativas parte do pressuposto de que a implantação de um projeto acarreta, necessariamente, a decisão simultânea de não implantar nenhuma das demais alternativas factíveis. Esse processo decisório, durante a fase de planejamento, promove a priorização de recursos para a elaboração de estudos detalhados daqueles projetos com maior potencial de retorno socioeconômico.

No planejamento de setores da infraestrutura que operam em sistema de rede (ex.: transporte, energia), é também importante construir e parametrizar os próprios modelos de otimização em rede com base nas premissas e objetivos da ACB. Alguns setores adotam modelos de otimização de expansão da infraestrutura, por meio de minimização de custos ou maximização do retorno da operação da rede e dos serviços da infraestrutura. Porém, geralmente se adota uma ótica privada nesses otimizadores. A extensão desses otimizadores para considerarem efeitos indiretos e externalidades, ainda que demande tempo de modelagem e calibração nessa transição, não chega a ser complicada do ponto de vista metodológico.

O Guia ACB, publicado pelo Ministério da Economia, assim como iniciativas de customização para setores específicos, como o Relatório de Consultoria que propõe um Manual de Análise Socioeconômica de Custo-Benefício de Projetos de Infraestrutura Hídrica (Manual ACB Infra Hídrica),<sup>56</sup> podem ser usados, além do Governo Federal, por governos subnacionais e demais segmentos da sociedade para avaliar e priorizar projetos de infraestrutura sob a ótica socioeconômica.

Ressalta-se ainda a importância da padronização de premissas para garantir uniformidade e comparabilidade entre as ACBs. Para este fim, o Ministério da Economia em parceria com o Instituto de Pesquisa Economia Aplicada (IPEA) tem desenvolvido o Catálogo de Parâmetros, como um anexo do Guia ACB. Esse documento fornece os valores padronizados para a Taxa Social de Desconto, os Fatores de Conversão Setorial, o custo Social da Mão de Obra, entre outros parâmetros necessários para a elaboração de uma ACB. Os principais benefícios de haver um Catálogo de Parâmetros em nível nacional dizem respeito à redução do esforço analítico requerido pela ACB, a comparabilidade entre projetos obtida a partir da utilização de parâmetros padronizados e a mitigação do potencial viés de otimismo na análise de projetos, decorrente do fornecimento dos principais parâmetros por órgão com maior isenção quanto à promoção de projetos específicos. Vale ressaltar que para uma calibração cada vez mais precisa e realista de tais parâmetros, faz-se necessário um constante monitoramento e avaliação dos impactos de projetos de infraestrutura, conforme detalhada o Quadro 3, abaixo.

Um exemplo de parâmetro importante, ainda não definido em catálogo, mas que afeta distintamente os diferentes setores de infraestrutura é o preço atribuído às emissões de gases de efeito estufa (GEE), normalmente definido em termos unidade de moeda por tonelada equivalente de carbono. O Quadro 2 traz maiores detalhes de como o Guia ACB aborda esse tema.

---

<sup>56</sup> Também disponível em <https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/choque-de-investimento-privado/avaliacao-socioeconomica-de-custo-beneficio>



**Quadro 2: Custo Social do Carbono**

Segundo o Guia Geral de ACB, “há, basicamente, três maneiras de calcular o preço sombra do carbono: por meio do custo social do carbono (SSC – *social cost of carbon*); preços baseados em resultados específicos (*goals-driven analysis*); e preços de mercado”. A primeira busca calcular o custo do dano global decorrente da emissão de uma unidade incremental de carbono, o que poderia ser uma proxy da disposição a pagar pela redução de emissões. A segunda tenta estimar o custo para evitar a emissão de GEE dada alguma meta de redução pré-estabelecida, gerando, por exemplo, curvas de custo de abatimento das emissões. Dessa forma, seria equivalente ao custo de oportunidade de não emitir. O mercado de carbono (terceira opção) então permitiria que “produtores de redução de emissões” se encontrassem com agentes dispostos a pagar por redução de emissões. No equilíbrio, a tendência é que o preço de mercado seria maior ou igual ao custo de oportunidade de reduzir emissões e menor ou igual aos custos estimados para se atingir as metas globais de redução das emissões.

É possível, então, estabelecer um limite inferior e um superior do valor das emissões: limite inferior em zero com base em preços de mercado, dado que não há um mercado formal de emissões no Brasil, e portanto não há “fornecedores”, em escala, para redução de emissões; limite superior em US\$ 100/t CO<sub>2</sub>, a partir da indicação dada com base em estudo de Stiglitz e Stern (2017)<sup>57</sup> quanto ao custo sugerido para se atingir as metas globais de emissões.

---

<sup>57</sup> Segundo Stiglitz e Stern (2017), para que se alcance os objetivos do Acordo de Paris, o preço do carbono estimado, considerando a *goals-driven analysis*, deveria ser de pelo menos US\$40–80/tCO<sub>2</sub> em 2020 e de US\$50–100/tCO<sub>2</sub> em 2030.

**Quadro 3: Avaliação de Impacto Ex-post e a calibração de parâmetros para a ACB**

A avaliação socioeconômica de custo-benefício de um projeto de infraestrutura depende de parâmetros e premissas pré-estabelecidos, como o valor do tempo, o preço social do carbono, entre outros. Quando há pouca informação, ou incerteza sobre esses parâmetros e premissas, a avaliação socioeconômica pode não refletir apropriadamente os resultados da futura implementação do projeto. Por isso, dado a importância de tais parâmetros na estruturação e avaliação de projetos de infraestrutura, é fundamental que haja um monitoramento sistemático dos resultados dos projetos de maneira a retroalimentar o processo de calibração desses parâmetros.

A consolidação desse levantamento é feita por meio da avaliação de impactos *ex post*. A avaliação de impactos consiste no processo de análise dos efeitos do projeto de infraestrutura, sobre diversas variáveis socioeconômicas e ambientais, após o início da operação do projeto. Esse processo verifica como a intervenção em questão afeta determinados resultados, sejam esses efeitos intencionais ou não. Via de regra, uma análise adequada do impacto *ex post*, similarmente a ACB, requer também um contrafactual de quais seriam esses resultados na ausência da intervenção.

Portanto, a preparação da avaliação de impacto do projeto deve ser feita desde a etapa de estruturação do projeto. Nessa etapa, é essencial que as variáveis que serão monitoradas e o mecanismo de coleta de dados ao longo do ciclo de vida do projeto sejam definidos. Essa preocupação com o monitoramento e levantamento de informações antes do processo de avaliação de impacto é extremamente importante para o sucesso da avaliação e, conseqüentemente, para a obtenção de parâmetros confiáveis para a avaliação socioeconômica.

Ressalta-se que as metodologias de avaliação de impactos foram desenvolvidas para mensurar o efeito causal de determinada intervenção (projetos, programas ou políticas) sobre variáveis sociais, ambientais ou econômicas específicas. Portanto, para além da calibração das premissas e parâmetros necessários para a avaliação de novos projetos, a avaliação de impacto *Ex post* é também primordial para garantir maior prestação de contas, aprendizagem com experiências passadas e transparência sobre os resultados alcançados por cada projeto. Como orientação para uma avaliação de impactos robusta, recomenda-se estabelecer, no processo de elaboração do projeto, um cronograma com as variáveis a serem monitoradas ao longo da execução do projeto para que possam ser avaliadas após o início da operação.

## 5.2 ACB preliminar no PILPI 2021

Os planos setoriais de infraestrutura que embasam esta primeira edição do PILPI foram publicados entre 2019 e 2021. Mesmo aqueles publicados em 2021 tiveram um longo processo de elaboração e, ao fim de 2020, quando o Decreto nº 10.526/2020 foi publicado, já estavam em estágio adiantado de desenvolvimento. Assim, não houve oportunidade de compatibilização completa dos planos setoriais a alguns dos requisitos que surgiram a partir da instituição do Plano Integrado de Longo Prazo da Infraestrutura<sup>58</sup>.

Quadro 4: Relação de Planos Setoriais de Infraestrutura e data de publicação ou revisão mais recente

Setor	Plano	Ano de publicação / atualização
Saneamento Básico	Plansab 2033	2018*
Resíduos Sólidos	Planares 2040	2020*
Infraestrutura Hídrica	PNSH (2035)	2019
Telecomunicações	PERT 2019-2024	2021
Energia Elétrica	PNE 2050	2020
	PDE 2030	2021
Transportes	PNL 2035	2021

\*Versão da consulta pública.

Diante dessa situação, a aplicação da sistemática da ACB foi realizada apenas nos planos que continham informações suficientes para a análise, sendo considerados os projetos, ou grupo de projetos, analisados nos próprios planos. Conforme disposto nos regulamentos do CIP-infra, a identificação desses projetos pressupõe que alguns critérios sejam atendidos, como o enquadramento como projeto de grande porte e a dependência de iniciativa do governo federal.

Os critérios para enquadramento como de grande porte estão explicitados no Capítulo 0, onde também se encontra a descrição do que se entende por “iniciativa” do governo federal. O CIP-Infra considera, ainda, que a indicação de viabilidade socioeconômica somente se aplica a iniciativas cuja decisão pela implantação não tenha sido tomada, uma vez que a viabilidade socioeconômica é uma ferramenta de apoio à decisão.

A seguir é feita a contextualização da pertinência de aplicação da ACB para cada setor considerado no PILPI:

- **Transportes:** As definições de projeto de grande porte para esse setor consideraram valor de investimento maior que R\$ 2,5 bilhões ou valor de investimento acima de R\$ 1,0 bilhão com representatividade de movimentação acima de 5% do total do respectivo modo de transporte. O PNL 2035, entretanto, dado seu caráter estratégico,<sup>59</sup> não avaliou individualmente os projetos, mas sim um conjunto bem amplo de nove cenários. Dessa forma, foi elaborada uma avaliação socioeconômica paramétrica considerando os montantes de investimentos indicados para infraestrutura de transportes no capítulo 3

<sup>58</sup> O PILPI e seu conteúdo mínimo foram estabelecidos por meio da publicação do Decreto nº 10.526, de 20 de outubro de 2020.

<sup>59</sup> O Plano Nacional de Logística 2035 é o componente estratégico do Planejamento Integrado de Infraestrutura, estabelecido por meio da Portaria MInfra nº 123, de 21 de agosto de 2020. Conforme estabelecido na citada norma, na sequência do PNL, serão desenvolvidos os Planos Setoriais de nível tático (terrestre, aquaviário, portuário e aeroviário).

deste plano, que, por sua vez, foi montado a partir do PNL 2035. Na seção 5.3 é apresentada a avaliação.

- **Telecomunicações:** Os critérios para um projeto ser considerado como de grande porte nesse setor envolvem a participação desse projeto ou programa de investimento no rol dos compromissos de abrangência nacional estabelecidos em licitações de autorização para uso de radiofrequências, associados a concessões do Serviço Telefônico Fixo Comutado – STFC ou, dentre os programas de investimento que necessitem de recursos do Orçamento Fiscal da União, aqueles com previsão e investimento total igual ou superior a R\$ 50 milhões. Com a realização do leilão de radiofrequências associada à tecnologia 5G, em novembro de 2021, e a publicação da quinta edição do Plano Geral de Metas de Universalização – PGMU V, ainda não foram formatados novos compromissos de investimento de abrangência nacional. Quanto a programas que dependam de recursos do Orçamento Fiscal, considerando a disponibilidade orçamentária atual e cronograma de execução dos projetos, os programas já listados no capítulo 4 ainda levarão alguns anos para serem concluídos, não sendo identificadas novas iniciativas em estágio de planejamento com informações suficientes para a estimativa de viabilidade socioeconômica.
- **Energia:** Nesse setor é considerado projeto de grande porte o conjunto de investimentos que formam a expansão do sistema de geração, podendo esta expansão ser já contratada ou indicativa, de acordo com o PDE vigente. A expansão contratada reflete decisões de investimento já tomadas, baseadas em demonstração de viabilidade de projetos contratados mediante leilão. Alternativamente, a expansão indicativa é fruto do planejamento governamental, mediante análise de viabilidade de fontes disponíveis, levando-se em consideração premissas e diretrizes alinhadas com a política setorial. Dessa forma, a seção 5.4, adiante, apresenta uma avaliação de viabilidade socioeconômica contemplando a expansão indicativa de geração apontada no PDE 2030.
- **Infraestrutura hídrica:** Para infraestrutura hídrica, são considerados projetos de grande porte aqueles com valor de investimento superior a R\$ 500 milhões ou que atendem a algumas características técnicas, relacionada a vazão ou extensão.<sup>60</sup> No capítulo 4 foram apresentados os projetos com essas características que estão em andamento, recebendo apoio do Governo Federal, em geral via Orçamento Fiscal. Considerando a disponibilidade orçamentária atual e o cronograma de execução, esses projetos ainda levarão alguns anos para serem concluídos. Considerando o PNSH 2035, é possível identificar outros projetos que atendam aos critérios de enquadramento com de grande porte, porém, não dependem, até o momento, de iniciativa da União, estando sua estruturação a cargo dos governos subnacionais. Nesse contexto, caberá análise de viabilidade socioeconômica na próxima atualização do PILPI, caso surjam novos projetos de grande porte.
- **Saneamento básico:** Para Saneamento básico, classifica-se como de grande porte os projetos com investimento superior a R\$ 300 milhões. O planejamento federal para esse setor não trata de projetos específicos, mas de diagnósticos gerais, nacionais e

---

<sup>60</sup> Detalhes adicionais podem ser encontrados no Capítulo 4 desse plano ou nas atas de reunião do CIP-Infra, disponível em <https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/comite-interministerial-de-planejamento-da-infraestrutura/>

regionais. Nesse contexto, caberá análise de viabilidade socioeconômica na próxima atualização do PILPI, caso surjam novos projetos de grande porte.

- Infraestrutura de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D): O critério básico para considerar projetos como de grande porte nesse setor é o montante de investimento superior a R\$ 100 milhões. Adicionalmente, projetos de menor valor, entre R\$ 25 e 100 milhões, também podem ser considerados de grande porte se tiverem alto impacto em indicadores socioeconômicos ou de P&D<sup>61</sup>. Além dos projetos indicados no capítulo 4, foi identificada uma iniciativa do MCTI para a qual foi possível levantar informações suficientes para a estimativa de viabilidade socioeconômica, apresentada na seção 5.5.
- Mobilidade urbana: O critério adotado para classificar um projeto como de grande porte nesse setor é ser um empreendimento de média e alta capacidade de transporte de passageiros. Os tipos são: metrô, trens urbanos, BRTs e VLTs. No capítulo 4 foram apresentados os projetos com essas características que estão recebendo apoio do Governo Federal, em geral via convênio envolvendo transferências via orçamento fiscal. Esse setor não conta com um plano federal que identifique novos projetos. Nesse contexto, caberá análise de viabilidade socioeconômica na próxima atualização do PILPI, caso surjam novos projetos de grande porte.

---

<sup>61</sup> Detalhes adicionais podem ser encontrados no Capítulo 4 desse plano ou nas atas de reunião do CIP-Infra, disponível em <https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/comite-interministerial-de-planejamento-da-infraestrutura/>

### 5.3 Cenários de expansão da infraestrutura de transportes do PNL 2035

#### 5.3.1 Contextualização do PNL 2035 e a ACB

O Plano Nacional de Logística 2035 contempla o planejamento estratégico do governo federal para todos os modos de transporte intermunicipais e interurbanos no Brasil, de forma integrada. Esse princípio se coaduna com o objetivo do próprio PILPI de integrar os planejamentos dos distintos setores de infraestrutura; especificamente para logística, integrar os planos de cada subsistema (ou modo) de transporte intermunicipal e interurbano: rodoviário, ferroviário, aquaviário, aeroviário e dutoviário. Trata-se de um marco relevante para o planejamento de transportes no Brasil, que no passado sofreu com planos individualizados para cada modo que não necessariamente se retroalimentavam, em parte pela própria estrutura compartimentada em vários ministérios e secretarias especiais que fora adotada no setor de transporte do governo federal.

Os planos de cada modo de transportes continuam existindo, dada a necessidade de detalhamento específico de cada um, mas agora abarcados pelo Planejamento Integrado de Transportes (PIT), instituído pela Portaria 123, de 21 de agosto de 2020, do Ministério da Infraestrutura. O PNL é um dos principais componentes do PIT, que também congrega os chamados Planos Táticos Setoriais, de cada subsistema, que deverão alimentar o Plano Geral de Parcerias e o Plano Geral de Ações Públicas, conforme a Figura 33.

Figura 33: Estrutura do Planejamento Integrado de Transportes instituído pelo Ministério da Infraestrutura.



Fonte: Figura 1 do Relatório Executivo do PNL 2035.

Trata-se de uma estrutura alinhada aos objetivos e processos definidos no Decreto 10.526/2020, que se propõe a consolidar a alimentação dos programas de parceria e dos planos orçamentários do governo federal. Dessa forma, não apenas o PNL, mas principalmente os Planos Táticos Setoriais de Transportes são os principais fornecedores de projetos a serem consolidados no PILPI e suas atualizações, e que deverão, portanto, estimar a pré-viabilidade socioeconômica de novos projetos conforme definido no inciso II do art. 4º do Decreto 10526/2020.

Para esta primeira versão do PILPI, apenas o PNL 2035 foi considerado, dado que o PIT foi instituído em meados de 2020, pouco mais de um ano antes da consolidação do PILPI 2021. Os Planos Táticos Setoriais e Gerais começaram a ser elaborados a partir do PNL e há previsão de estarem concluídos até o fim de 2022. Conforme explicado no PNL:

Nos Planos Setoriais, as análises são específicas de cada subsistema, o que permite um maior detalhamento e avaliação da forma como as necessidades e oportunidades identificadas no PNL podem ser supridas. Novas necessidades também podem ser identificadas nesses planos, como por exemplo, necessidades de aumento de capacidades específicas de cada elemento das infraestruturas de transporte. Como resultados principais dos Planos Setoriais, apresentam-se as indicações de pré-viabilidade de infraestruturas, com destaque para aquelas que virão a compor os Planos Setoriais de Parcerias, por meio de Concessões, PPPs ou outras modalidades de outorgas específicas.

Por isso, os resultados do PNL não permitem uma avaliação socioeconômica direta de cada projeto de investimento previsto em seus cenários. Entretanto, os resultados do PNL 2035 são materializados por meio de um sistema de indicadores que utilizam parâmetros transparentes e alinhados à Política Nacional de Transportes do Ministério da Infraestrutura. Segundo o Relatório Executivo do PNL 2035, tal sistema de indicadores permite “que o Poder Público e a sociedade interessada apreciem de forma objetiva os cenários testados”. A partir desse sistema também é possível obter subsídios importantes para desenvolver uma análise socioeconômica do conjunto de intervenções simuladas nos cenários do PNL 2035, ainda que de forma não exaustiva sobre todos os efeitos que as intervenções podem trazer, e apenas de forma agregada, sem analisar projeto a projeto.

A Política Nacional de Transportes apresenta doze objetivos estratégicos, dos quais sete são estendidos ao PNL 2035:<sup>62</sup>

1. Prover um sistema acessível, eficiente e confiável para a mobilidade de pessoas e bens;
2. Garantir a segurança operacional em todos os modos de transportes;
3. Prover uma matriz viária racional e eficiente;
- (...)
9. Promover a cooperação e a integração física e operacional internacional;
10. Considerar as particularidades e potencialidades regionais nos planejamentos setoriais de transportes;
11. Atuar como vetor do desenvolvimento socioeconômico e sustentável do país;
12. Garantir a infraestrutura viária adequada para as operações de segurança e defesa nacional.

Os indicadores desenvolvidos para avaliar os cenários do PNL 2035 estão associados a esses objetivos, conforme indicado na Figura 34. Vale ressaltar, entretanto, que intervenções na infraestrutura de transporte não são os únicos mecanismos de promoção desses objetivos.

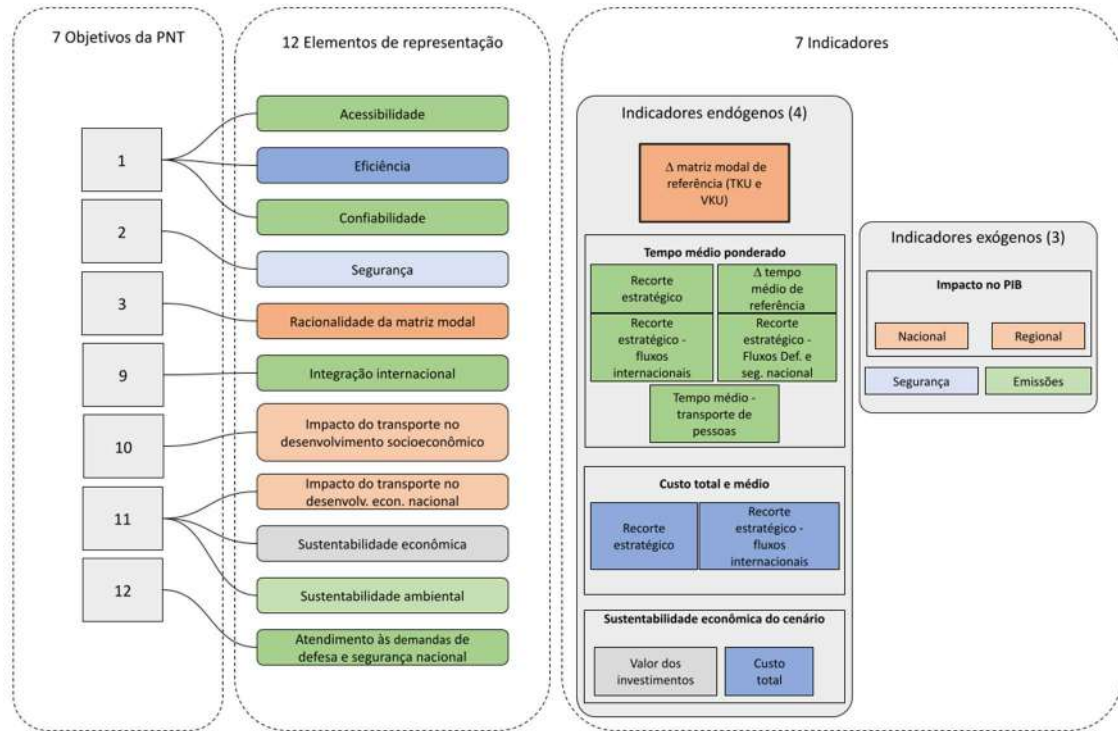
---

<sup>62</sup> A numeração apresentada é a mesma da Política Nacional de Transportes, disponível em [https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/centrais-de-conteudo/resumo\\_executivo\\_pnt\\_portugues.pdf](https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/centrais-de-conteudo/resumo_executivo_pnt_portugues.pdf)



Nesse sentido, os cenários desenvolvidos no âmbito do PNL consideraram também diferentes perspectivas macroeconômicas, nos termos da Estratégia Federal de Desenvolvimento – EFD; alterações em marcos legais; e perspectivas de inovações tecnológicas. Adicionalmente, deve-se considerar que há um sem fim de medidas operacionais que também promovem eficiência, acessibilidade e segurança, como por exemplo: medidas de sinalização viária, fiscalização de trânsito e campanhas de educação, internas ao setor de transporte; uso de biocombustíveis e programas de renovação de frota, que envolvem outros setores da economia; dentre outras.

Figura 34: Sistema de Indicadores do PNL 2035.



Fonte: Figura 40 do Relatório Executivo do PNL 2035.

Os indicadores relacionados a custo (de transporte), tempo (de viagem), valor dos investimentos, segurança operacional e emissões de gases de efeito estufa são quase diretamente relacionados aos itens tipicamente considerados em uma ACB para o setor de transportes:

**Benefícios:**

- Redução de custos de transporte (carga e pessoas);
- Redução do tempo de viagem (carga e pessoas);
- Aumento da confiabilidade do tempo de viagem (carga e pessoas);
- Aumento do conforto durante a viagem;

**Custos:**

- Implantação da infraestrutura de transportes (CAPEX);
- Operação e Manutenção da infraestrutura de transportes (OPEX);

**Externalidades:**

- Redução da incidência e gravidade de acidentes de trânsito;
- Alteração nas emissões de Gases de Efeito Estufa e de poluentes atmosféricos;
- Alteração na dinâmica econômica regional, inclusive de desmatamento induzido.



A seguir, então, é apresentada uma estimativa quantitativa dos potenciais benefícios a partir dos indicadores dos cenários do PNL 2035, para comparar com os custos associados à expansão da infraestrutura compatível com o apresentado no capítulo 3. Ressalta-se que os benefícios aqui analisados tendem a ser subestimados, especialmente os relacionados a redução de tempo de viagem e de acidentes, dado o nível bastante agregado em termos geoespaciais da modelagem em rede do PNL. Os impactos ambientais também são tratados de forma simplificada, dado que não foi estimada a redução de outros poluentes atmosféricos (resultado direto da redução do consumo de combustíveis de modos mais eficientes energeticamente) e até de menor indução ao desmatamento, pelo maior uso de modos de transporte de alta capacidade (ferrovias, hidrovias e dutos). Também se deve destacar que o PNL 2035 não apresenta análises comparativas que indiquem a importância relativa entre os indicadores, tendo em vista que os critérios para priorização de projetos devem ser tratados no contexto dos planos setoriais, em desenvolvimento, e que a Política Nacional de Transportes (PNT) não define pesos ou hierarquia para os objetivos do sistema. Dessa forma, traduz-se no PNL 2035 que todos os objetivos, e consequentemente, indicadores, possuem igual relevância para o setor de transportes. Dessa forma, a estimativa dos benefícios e custos socioeconômicos apresentadas a seguir consideram as variações dos indicadores entre os cenários do PNL 2035, que servem de insumo à análise socioeconômica, o que leva a se entender as magnitudes de custos e benefícios associados às intervenções em infraestrutura de transportes, que poderão ser detalhadas nos planos setoriais.

### 5.3.2 Estimativa de Custos e Benefícios a partir do PNL 2035

*Custos com investimento e manutenção da infraestrutura de transportes:*

Os custos relacionados a investimentos em expansão da infraestrutura de transportes e à manutenção são compatíveis com os apresentados no capítulo 3, (seção 3.2), que foram montados a partir dos cenários do PNL 2035. Dessa forma, o cenário base da análise é o indicado no Cenário Referência, que considera a rede existente e os investimentos já em andamento, que teve como base o Cenário 1 do PNL 2035. Já para o cenário com intervenção, tomou-se o Cenário Transformador da seção 3.2.2, que adota a média dos investimentos em expansão indicados nos cenários 2 a 9 do PNL 2035 como aumento de estoque até 2035, além da reposição da depreciação necessária. Uma diferença, porém, foi adotada. Na seção 3.2, após 2035 assumiu-se que novos investimentos em expansão surgirão seguindo a tendência de crescimento de PIB compatível com cada cenário, ainda que o PNL 2035 não indique nada além desse horizonte. Aqui, para fins da ACB, considera-se que a infraestrutura de transportes não será expandida após 2035, assim como efeitos relacionados ao crescimento da demanda que se espera acontecer, para manter coerência entre as premissas de demanda e oferta. Assim, seguindo a indicação do Guia ACB, os benefícios são estimados num horizonte de 30 anos após o término dos investimentos das intervenções, isto é, até 2065, assim como os custos com manutenção da infraestrutura.

No cenário base tem-se, assim, R\$ 375,56 bilhões em investimentos para expansão da infraestrutura de transportes e R\$ 354,47 bilhões em manutenção da infraestrutura, distribuídos até 2035 conforme indicado na seção 3.2.1. Após 2035, há um custo anual em manutenção da infraestrutura estimado em R\$ 29,74 bilhões. Para o cenário com intervenção, tem-se R\$ 509,3 bilhões de investimentos em expansão e R\$ 379,23 bilhões em manutenção, distribuídos conforme indicado na seção 3.2.2. Para manutenção dessa infraestrutura de 2036 em diante,

estimou-se gastos de R\$ 33,46 bilhões por ano. Esses valores estão a preços de mercado. Para transformá-los a preços sociais, foi usado o fator de conversão setorial para obras de infraestrutura, de 0,935, conforme IPEA (2021a). Observa-se que o valor residual dos ativos, geralmente incluído na ACB como um custo de sinal invertido no último ano de análise, não foi considerado na análise, o que torna o resultado ainda mais conservador do ponto de vista de estimativa de benefícios.

Calcula-se, então, a diferença de custos entre o cenário intervenção e o base, já a preços sociais, ano a ano, e traz-se a valor presente utilizando a Taxa Social de Desconto (TSD), de 8,5% a.a., conforme recomendado no Guia ACB. O resultado desse cálculo é que o valor social presente dos investimentos adicionais do caso intervenção (cenário transformador menos cenário referência) é de R\$ 59,44 bilhões, e que o adicional de custos com manutenção da infraestrutura tem valor social presente de R\$ 18,22 bilhões. Resta, agora, saber se esses custos adicionais são capazes de gerar benefícios socioeconômicos em montante superior, ou seja, acima de R\$ 77,66 bilhões, em valor presente.

#### *Redução do custo de transporte de cargas:*

O custo de transporte aqui se relaciona ao custo de execução do transporte, sem considerar os custos relacionados ao provimento da infraestrutura, dado que já foram considerados explicitamente na seção anterior. Dessa forma, os custos de transporte envolvem, dentre outros elementos, a remuneração dos investimentos em veículos e demais sistemas operacionais utilizados na prestação do serviço, custos com insumos, especialmente combustíveis, e custos com a mão de obra empregada na operação. Todos esses itens devem ser considerados a preços sociais, de forma a eliminar efeitos de tributos e eventuais distorções de mercado, aplicando, para isso, os fatores de conversão setorial e da mão de obra apresentados por IPEA (2021a e 2021b).

Na categoria de custos de transportes podem também ser considerados os custos relacionados ao tempo de viagem, tanto de cargas como de pessoas. Porém, a depender da fonte de informações e da abordagem adotada na análise, os custos relacionados ao tempo podem ser classificados à parte. Qualquer abordagem é válida, desde que não se incorra em dupla contagem, como considerar o custo de estoque em trânsito das cargas em ambas as categorias: de custo de transporte e de tempo de viagem.

Especificamente para os custos com transporte de cargas, no transporte intermunicipal e interurbano, esses tendem a ser os benefícios de intervenções na infraestrutura de transporte de maior magnitude. Isso ocorre devido à alta participação das cargas em relação às pessoas em métricas de transporte em que a comparação é possível. Por exemplo, em veículos equivalentes, métrica na qual cada eixo de caminhão é equivalente a um automóvel, a participação das cargas é de cerca de 2/3 do tráfego nas rodovias brasileiras. Nos demais modos, à exceção do aéreo, a participação das cargas é quase absoluta. Dessa forma, e dado que intervenções em infraestrutura de transportes tendem a produzir efeitos para todos os usuários de forma mais ou menos equânime, mesmo que o objetivo das intervenções não seja de reduzir o custo de transporte de carga, acaba a fazer.

O PNL 2035 apresenta alguns indicadores sobre o custo de transporte de carga: o total, o médio por TKU, e o médio no recorte internacional. Apresenta também indicadores do tempo de viagem das cargas, porém, como indicado em seu Relatório Executivo, o custo de transporte de

cargas já abarca os custos com estoque em trânsito das mercadorias. Dessa forma, não será estimado o ganho advindo por redução do tempo de viagem das cargas, por já estar computado nos custos de transporte.

A partir dos cenários do PNL 2035, adotou-se para a análise de ACB aqui desenvolvida que, em relação ao caso base (Cenário 1 do PNL), espera-se uma redução média de 14% no custo de transportes de carga, podendo variar de 3% a 27%, a depender da efetivação das premissas embutidas nos cenários. Para calcular como esses ganhos devem ocorrer ao longo do período de análise, o custo total de transporte em cada caso foi calculado considerando uma demanda total de transporte crescendo entre 2017 e 2035 conforme o cenário referência de demanda apresentado no PNL. A partir de 2036, a demanda é mantida constante até 2065, condizente com a premissa de não ampliar a oferta de infraestrutura.

Nesses custos foi aplicado o fator de conversão setorial de 0,845, obtido pela média dos fatores de conversão dos setores de fabricação de caminhões, produtos de refino de petróleo e da mão de obra de menor qualificação, dado que os principais itens de custo de transporte são veículos, combustível e condutores. Ao calcular, então, a diferença de custos de transportes, a preços sociais, e trazer a valor presente à TSD de 8,5% a.a., os benefícios esperados com redução do custo de transporte de cargas devem ficar entre R\$ 96,7 bilhões e R\$ 479,9 bilhões, com média em R\$ 325,3 bilhões.

#### *Reduções no tempo de viagem das pessoas:*

O Relatório Executivo do PNL 2035 apresenta o indicador “Tempo médio ponderado – Pessoas (seg/km)”. Para a estimativa aqui desenvolvida, foi utilizado um dos dados usados para esse indicador final, a quantidade de pessoas vezes horas em viagem, calculado a partir dos resultados das simulações do PNL. Em comparação ao Cenário 1 do PNL 2035, espera-se reduções de 2% a 8% nesse indicador, com média de 6%. Como apontado acima, pela modelagem matemática da rede de transportes no PNL 2035, em especial seu nível de agregação geoespacial, não foi possível inferir ganhos de intervenções mais pontuais na malha, como eliminação de cruzamentos em nível, de segregação da via e de redução de interferências urbanas (esses últimos inclusive fora do escopo do PNL). Assim, deve-se entender esses resultados como representativos de parte dos potenciais benefícios em redução do tempo de viagem de pessoas, obtidos basicamente pela migração de cargas das rodovias para outros modos, o que reduz o congestionamento nas rodovias provocado por excesso de caminhões, e pelas ampliações de capacidade rodoviária de grandes extensões. Além disso, há também reduções diretas no custo operacional dos veículos no transporte de pessoas, devido a intervenções na infraestrutura, que não foram estimados aqui.

Para calcular esse benefício é necessário ainda adotar uma premissa sobre o valor do tempo das pessoas. Estudos internacionais adotam geralmente um valor genérico de que o valor do tempo em viagem equivale a 50% do valor de tempo em trabalho de cada pessoa, que seria obtido a partir da remuneração mensal dividida pela quantidade de tempo a trabalhar no mês. Essa abordagem exige, assim, que se tenha alguma informação sobre o nível de renda dos afetados pela intervenção. Pompermayer (2017) cita que a renda per capita média de usuários de rodovias em automóveis era 70% superior ao do restante da população do Brasil, considerando enquête realizada pela EPL em 2014 e a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD/IBGE) do mesmo ano. Ao considerar o PIB per capita observado em 2020, o valor de uma

hora em viagem de um passageiro rodoviário em automóvel seria, nessa abordagem, em torno de treze reais.

Outro estudo, realizado pelo IPEA no âmbito de termo de cooperação com a EPL, estimou a disposição a pagar por reduções de tempo de viagem em rodovias e no transporte aéreo a partir de dados de duas enquetes: uma via internet para usuários de rodovias em 2017 e outra realizada pela EPL em aeroportos no ano de 2014 (Ferrari et al, 2019). Os resultados indicaram os seguintes valores médios, já atualizados para valores de 2021: R\$ 32,96 por hora para usuários de automóveis em rodovias, e R\$ 186,01 por hora no transporte aéreo. O valor mais alto no transporte aéreo é claramente devido ao maior nível de renda. Tal efeito, porém, também está presente no resultado para rodovias, dado que a amostra da enquete rodoviária não cobriu bem as faixas de renda mais baixas. Ainda assim, outro resultado desse estudo é a proporção da disposição a pagar por tempo em relação à renda média, que foi maior nas faixas de renda mais baixas. Na faixa de renda entre cinco e dez salários mínimos, a disposição a pagar por tempo ficou em 79% da renda média por tempo de trabalho, bem acima da recomendação internacional de 50%. Para as análises aqui desenvolvidas foi adotado, então o valor de R\$ 32,96 por hora por passageiro, premissa que pode ser revista nas atualizações futuras à medida que novos estudos permitam refinar essa premissa.

Assim, aplicando o valor do tempo de R\$ 32,96 por hora sobre a redução esperada em pessoas.hora em relação ao cenário 1 do PNL 2035, de 2% a 8%, ano a ano e trazendo esses ganhos a valor presente pela TSD, tem-se benefícios valorados na faixa de R\$ 24,3 bilhões a R\$ 120,3 bilhões. O ganho médio dos cenários, baseado numa redução média de 6% do tempo das pessoas em viagem interurbanas, apresenta o valor de R\$ 83,9 bilhões, um ganho bastante relevante.

#### *Redução na incidência de acidentes de trânsito*

Relevante objetivo da Política Nacional de Transportes, o aumento da segurança nos transportes tem entre seus componentes o aumento da segurança de trânsito como o efeito mais visível para a sociedade em geral. Medidas que propiciem a redução do risco e da gravidade dos acidentes de trânsito são demandadas por toda a sociedade. Tais medidas envolvem desde intervenções na infraestrutura como ações operacionais, de educação, sinalização e fiscalização, entre outras.

As simulações realizadas no PNL 2035 que afetam a segurança envolvem basicamente os efeitos da redução de tráfego de veículos pesados de carga nas rodovias fruto da migração de cargas para outros modos e de intervenções de aumento de capacidade de rodovias, que trazem efeitos positivos também sobre a incidência de acidentes de trânsito. Dessa forma, assim como os efeitos sobre tempo de viagem de pessoas, as estimativas de benefícios aqui desenvolvidas devem ser vistas como parciais. No caso da segurança, pode-se ainda interpretar a estimativa como um limite inferior dos ganhos possíveis, visto que a maior parte dos acidentes de trânsito ocorre próximos das zonas urbanas das cidades, onde se observa grande volume de tráfego. Essa escala de análise, porém, não foi escopo do PNL 2035, de nível estratégico. Simulações específicas a serem desenvolvidas nos Planos Táticos Setoriais devem permitir identificar outras oportunidades de intervenções na infraestrutura, de modo a ampliar os benefícios à sociedade nesse quesito, mas ainda com foco nas viagens interurbanas.

Os resultados das simulações do PNL 2035 apresentam um índice de segurança em que se observa reduções potenciais entre 6% e 17% em relação ao cenário 1. A projeção desses ganhos ano a ano foi realizada com a mesma premissa do crescimento de demanda até 2035, se mantendo constante a partir daí até o fim do horizonte de análise, em 2065. Para transformar esses ganhos em valores monetários, recorreu-se a estudos prévios sobre os custos de acidentes de trânsito no país.

Dentre os estudos disponíveis, dois foram selecionados pelo grau de atualização e por permitirem definir limites inferiores e superiores desses custos. Ambos os estudos estimam tanto custos patrimoniais como pessoais relacionados aos acidentes, inclusive quanto à perda de vidas que provocam. Carvalho (2020) estimou que os acidentes de trânsito no Brasil em 2014 custaram cerca de R\$ 50 bilhões à sociedade, sendo que R\$ 40 bilhões seriam os relativos a acidentes ocorridos em rodovias (federais, estaduais e municipais). Atualizando esses valores pelo IPCA, o custo anual de acidentes de trânsito em rodovias estaria em R\$ 75 bilhões em 2021.

Ferreira (2020) faz um levantamento dos impactos socioeconômicos dos acidentes de transporte no Brasil entre 2007 e 2018. Nesse período, o custo total imposto à sociedade pelos acidentes em todos os modos de transporte teria sido de R\$ 1,584 trilhão, dos quais R\$ 1,567 trilhão no modo rodoviário. Assim, a média anual do modo rodoviário, o que inclui os acidentes ocorridos em vias urbanas, seria de R\$ 130,66 bilhões. Aplicando o percentual de 80% dos acidentes ocorrendo em rodovias, indicado por Carvalho (2020), e atualizando para 2021 pelo IPCA, o custo anual com acidentes em rodovias estaria em R\$ 115,68 bilhões. Tem-se, assim, duas estimativas para o custo anual de acidentes sobre as quais são aplicadas as reduções de acidentes simuladas no PNL 2035 (6% a 17% de redução), a fim de se obter as estimativas de ganhos socioeconômicos das intervenções discutidas nos cenários do PNL 2035. O cálculo de benefícios pela redução de acidentes rodoviários estima, assim, valores entre R\$ 32,6 bilhões e R\$ 141,5 bilhões, em valor presente considerando a TSD de 8,5% a.a.

#### *Redução das emissões de Gases de Efeito Estufa*

Emissões de poluentes atmosféricos e de gases de efeito estufa (GEE) são externalidades bem conhecidas das operações de transportes. Essas emissões são resultado direto da queima de combustíveis usados como fonte energética para a operação. Como os combustíveis representam entre 20 e 50% dos custos operacionais de transportes, medidas que reduzem o consumo de combustível acabam gerando reduções na emissão de poluentes e de GEE. Reduções adicionais podem ser obtidas ainda via substituição de combustíveis fósseis por renováveis, como o etanol e o biodiesel.

A partir do PNL 2035 é possível observar uma série de intervenções na infraestrutura que propiciam a migração de cargas do modo rodoviário, menos eficiente energeticamente, para outros modos. Além do efeito direto de reduzir o consumo de combustíveis nas cargas que trocam de modo, há um efeito indireto de redução do consumo para as cargas que permanecerem nas rodovias, que deverão estar menos congestionadas. O PNL 2035 estima o montante de emissões de GEE. Para a análise de ACB, são consideradas reduções nas emissões entre 5% e 16%, em relação ao Cenário 1.

Outra premissa importante é quanto ao custo social das emissões. O próprio relatório executivo do PNL 2035 aponta o valor de R\$ 71,43 por  $t_{eq}$  de CO<sub>2</sub>. Nesse valor, o benefício de redução de

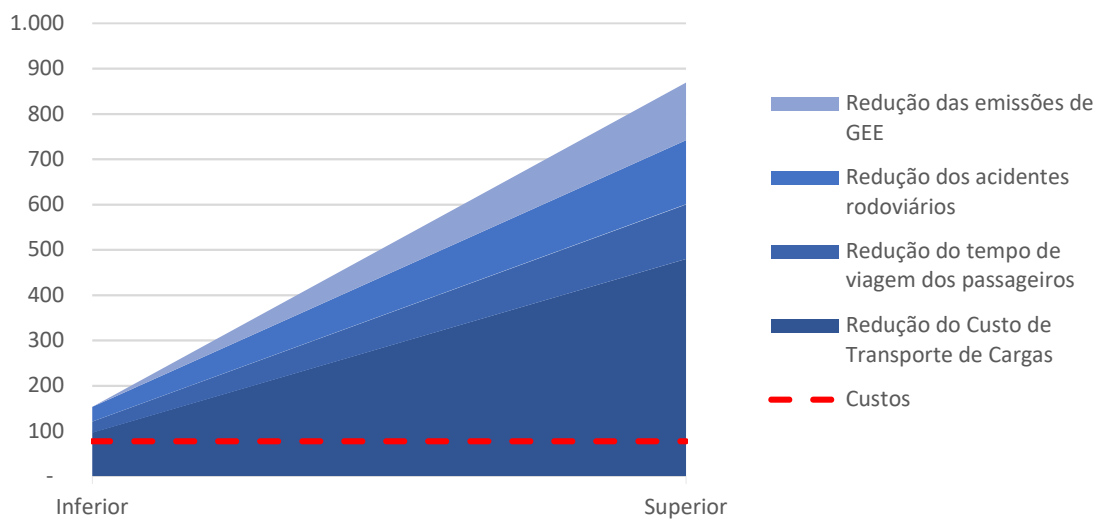
emissões, em relação ao Cenário Referência, seria da ordem de R\$ 5,6 bilhões a R\$ 17,6 bilhões, em valor presente à TSD de 8,5% a.a.

Entretanto, ainda não há uma referência específica para o caso brasileiro. Com base no Guia ACB, como foi descrito no Quadro 2, é possível estabelecer um limite inferior e um superior do valor das emissões: limite inferior em zero com base em preços de mercado, dado que não há um mercado formal de emissões no Brasil, e limite superior em US\$ 100/t CO<sub>2</sub>, a partir do estudo de Stiglitz e Stern (2017). Com base nesses limites de preços sociais da emissão de GEE, o benefício socioeconômico da redução de emissões estimada no PNL 2035 ficaria entre zero e R\$ 127,2 bilhões, em valor presente à TSD de 8,5% a.a.

### Consolidação dos resultados

A partir das estimativas de custos e benefícios apresentados acima, ainda que tal levantamento não seja exaustivo, é possível esboçar os resultados de uma avaliação socioeconômica do conjunto de intervenções avaliada nos cenários 2 a 9 do PNL 2035 (compatível com Cenário Transformador de investimentos apontado na seção 3.2.2), em comparação ao Cenário 1 (compatível com Cenário Referência de investimentos apontado na seção 3.2.1). A Figura 35 indica que o somatório desses benefícios já inferidos é sempre maior que os custos estimados, indicando robustez do retorno desses investimentos.

Figura 35: Estimativas de benefícios e custos (diferenciais) do cenário Transformador vs Cenário Referência de investimentos em infraestrutura de transportes (R\$ bilhões).



Em resumo, o Valor Social Presente Líquido de fazer o conjunto de investimentos previsto no cenário Transformador, em relação ao cenário Referência, ficaria entre R\$ 75,9 bilhões e R\$ 791,3 bilhões, com uma razão B/C entre 1,98 e 11,19. Isso indica com relativa margem de segurança que, em conjunto, as intervenções previstas nos cenários 2 a 9 do PNL 2035 trarão retorno positivo à sociedade. De qualquer forma, por ser uma avaliação agregada, ainda cabe discutir otimizações dentro desse grupo de intervenções, tanto para identificar aquelas intervenções com maior potencial de retorno, o que poderia subsidiar ações para antecipar sua implementação, quanto para mapear concorrências e complementaridades entre elas. Esse detalhamento deverá ser feito nos Planos Táticos Setoriais e na próxima revisão do PNL, também em consonância com a próxima atualização do PILPI.

## 5.4 Expansão da geração de energia elétrica indicada no PDE 2030

### 5.4.1 Contextualização do PDE 2030

O Plano Decenal de Expansão de Energia - PDE tem como um de seus componentes a expansão da oferta de geração e transmissão de energia elétrica. Ele é atualizado anualmente e é composto por diversos estudos e outros documentos técnicos que embasam o relatório final. O Plano, com horizonte temporal de 10 anos, não possui caráter determinativo, mas indicativo para o setor, desde uma perspectiva do governo calcada em fundamentos econômicos, estratégicos e socioambientais.

Na edição PDE 2030, elaborada entre 2020 e 2021 e publicada em 2021, a expansão do parque de geração para o período 2021-2030 pode ser dividida em 2 grandes grupos: contratada e indicativa. O grupo de expansão contratada se refere aos empreendimentos já outorgados que devem, no horizonte de 5 anos, agregar capacidade ao Sistema Integrado Nacional - SIN. Já o grupo de expansão indicativa visa capturar recomendações de estudos que se encontram em andamento ou a iniciar, realizados tanto no âmbito do governo, como pela iniciativa privada.

A expansão contratada considerada no cenário de referência do PDE 2030, para o período 2021-2030, é de 14.164 MW. A distribuição desse montante em termos de ano previsto para entrada em operação e respectiva fonte energética é mostrado na Tabela 30 a seguir. Essa evolução concentra-se nos cinco primeiros anos do horizonte decenal, a exceção dos 1.405 MW da Usina Nuclear de Angra 3, previstos para entrar em operação a partir de 2027.

Tabela 30: Expansão contratada de Geração em MW

Fonte	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Biomassa	73	22	235	0	235	0	0	0	0	0
Eólica	1.216	63	920	1.251	1.035	0	0	0	0	0
Hidrelétrica	0	0	62	0	142	0	0	0	0	0
PCH + CGH	262	238	49	73	116	0	0	0	0	0
Fotovoltaica	291	645	204	30	500	0	0	0	0	0
Termelétrica	1.631	56	2.238	436	735	0	1.405	0	0	0
Total Geral	3.474	1.024	3.708	1.790	2.763	0	1.405	0	0	0

Fonte: Adaptado de MME/EPE, 2021

A expansão contratada é o reflexo de decisões passadas, tomadas tanto no âmbito do governo, que outorga autorizações ou concessões para empreendimentos de geração e transmissão de energia, como no âmbito do mercado privado, quando decidem levar a cabo projetos que comporão a Geração Centralizada. São projetos que, no momento de elaboração do plano, já estão em fase adiantada de estruturação ou implantação, não cabendo mais avaliação de oportunidade quanto à sua implantação.

Complementarmente à expansão contratada e de maneira a fazer frente à projeção de crescimento da demanda, o PDE mostra uma indicação de expansão de capacidade de geração concentrada no período 2026-2030. Essa expansão é mostrada na Tabela 31

Tabela 31: Expansão Indicativa no Cenário de Referência do PDE 2030

Fonte	Potência Instalada (MW)					
	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Hidrelétrica <sup>(1)</sup>	593	854	1.189	1.384	313	4.333
PCH + CGH	300	300	300	300	300	1.500
Biomassa	80	80	80	80	80	400
Resíduos Sólidos Urbanos	12	12	12	12	12	60
Eólica	2.375	2.375	2.375	2.375	2.375	11.875
Fotovoltaica	731	731	731	731	731	3.657
UTE Flexível	3.082	3.117	2.135	2.000	2.000	12.334
Modernização de Carvão	0	0	350	0	0	350
Resposta da Demanda	200	400	500	600	700	2.400
<b>Total Geral</b>	<b>7.373</b>	<b>7.869</b>	<b>7.672</b>	<b>7.483</b>	<b>6.512</b>	<b>36.908</b>

<sup>(1)</sup>Incremento de capacidade devido à modernização de UHEs do parque existente  
Fonte: Adaptado de EPE, 2021

A expansão indicativa é oriunda de um exercício teórico que busca projetar qual a configuração de expansão de menor custo total (investimento + operação) para o sistema, considerando cenários de demanda futura, efeitos de políticas setoriais e outras restrições operativas. Esse exercício é realizado com o apoio de três ferramentas computacionais de otimização: o Modelo de Decisão de Investimento – MDI, desenvolvido pela EPE; o modelo NEWAVE, desenvolvido pelo CEPEL/Eletrabras; e a ferramenta de Balanço de Potência, desenvolvida pela EPE. A metodologia está descrita de forma geral no próprio PDE 2030.

As ferramentas em questão trabalham de forma iterativa, onde a informação de saída de uma serve de entrada para a outra e realimentações entre uma e outra podem se mostrar necessárias. O primeiro passo para a estimativa de expansão indicativa é dado através do MDI, que tem como saída uma indicação para a evolução do parque gerador, em termos de capacidade instalada por fonte de geração, ano a ano, e explicita o custo a ela associado. As demais ferramentas tratam de questões operativas de todo o sistema face os cenários de expansão contratada e indicativa, ou seja, consideram o efeito agregado da base de infraestrutura já existente, somada aos empreendimentos contratados e acrescida da expansão indicativa ótima. Uma das informações mais importantes resultante dessa análise é o valor obtido para o Custo Marginal de Operação, que mostra qual o custo de operação do SIN como efeito de cada novo megawatt incorporado ao sistema.

Para gerar uma solução ótima, em termos de minimização de custo sujeita a restrições operativas e de política setorial, o MDI considera os custos médios de várias fontes tomadas como possíveis alternativas para compor da expansão<sup>63</sup>. Esses valores baseiam-se nos valores observados em diversos projetos recentemente estudados ou mesmo implantados e promove uma competição entre elas. Algumas fontes possuem custo maior de implantação, mas possuem baixo custo de operação e manutenção ou mesmo de encargos. Outras características técnicas dessas tecnologias também são consideradas no cômputo de vantajosidade financeira, como:

<sup>63</sup> As fontes consideradas como candidatas à expansão no PDE 2030 foram: Baterias de armazenamento, Biomassa (cavaco de madeira ou bagaço de cana), Biogás (biodigestores de resíduos vegetais ou resíduos sólidos urbanos), Carvão nacional, Eólica (*Onshore* ou *Offshore*), Fotovoltaica (flutuante ou não), Gás Natural, Hidrelétricas (pequeno, médio ou grande porte, inclusive reversíveis) e Nuclear.



fator de capacidade (razão entre potência disponível e potência instalada); localização geográfica, que afeta custos de transmissão, e custo de capital relacionado ao financiamento dos empreendimentos, entre outras. Esse tipo de modelo decisório pode ser enquadrado como uma análise custo-efetividade, em que se parte do princípio que os benefícios são amplamente desejáveis, pouco sujeitos a contestação, e se busca pela solução que capaz de entregá-los com o menor custo.

No âmbito das restrições operativas, são observados, entre outros, os critérios de suprimento de potência e energia, conforme estipulados pela Resolução CNPE nº 29/2019 e a Portaria MME nº 59, de 20 de fevereiro de 2020. São critérios que se traduzem em avaliações de probabilidade de ocorrência e mesmo impacto de eventos que possam comprometer a capacidade do sistema em atender as demandas por potência (instantânea) ou energia (ocorrências acumuladas em janelas anuais). Por isso, o planejamento da expansão, além de adotar parâmetros determinísticos baseados em custos observados em projetos reais, precisa incorporar análises probabilísticas relacionadas a cenários possíveis para os regimes hidrológicos futuros, dentro do horizonte decenal. Esse é um dado muito importante quando se leva em consideração que a fonte hidrelétrica ainda corresponde a mais de 60% por cento da capacidade instalada e deve permanecer acima desse patamar dentro do horizonte decenal de planejamento

Com relação às diretrizes ditas de políticas setorial de energia elétrica adotadas no planejamento da expansão indicativa no PDE 2030, a título de exemplificação faz-se menção à indicação de limite mínimo de expansão de 60 MW para geração de energia elétrica a partir de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) e à indicação de modernização de Usina Termelétrica movida a carvão vegetal, em 2028, com 40% de indisponibilidade.

O PDE 2030, ao indicar uma solução ótima para a expansão de oferta de energia, com base em uma metodologia complexa sobre a qual alguns aspectos foram destacados anteriormente neste texto, aponta para a escolha de uma alternativa que foi considerada mais vantajosa comparativamente a milhares<sup>64</sup> de outras configurações possíveis. Essa alternativa ótima é denominada de Cenário de Referência<sup>65</sup> e serve de base para outras discussões de planejamento setorial feitas no próprio plano decenal.

Na seção do PDE 2030 em que são discutidas visões de futuro para o parque gerador de energia elétrica apontam-se cenários futuros em que parâmetros ou diretrizes embutidas no Cenário de Referência sofrem alterações e, a partir daí, são feitas análises de sensibilidade quanto ao efeito dessas mudanças em alguns dos indicadores relevantes para o planejamento, notadamente o Custo da Expansão e o Custo Marginal de Operação do sistema. Cada um desses cenários é chamado de “Caso” ou cenário “*what-if*” e são no total de 5 nessa edição do plano decenal, incluindo o próprio Cenário de Referência, que corresponde ao “Caso 1”. Os demais casos se referem a: Caso 2: Expansão com diferentes projeções de demanda; Caso 3: Inflexibilidade Termelétrica e Integração Gás-Eletricidade; Caso 4: Mudança de Operação nas Hidrelétricas para maior disponibilidade de capacidade; e Caso 5: Revisão de Encargos e Incentivos.

Enquanto o Caso 2 trata mais propriamente de uma análise de risco a partir de incertezas inerentes a trabalhos com projeções de cenários futuros, os Casos 3 a 5 tratam de análises de

---

<sup>64</sup> O modelo de decisão, por ser baseado em um cálculo de otimização realizado a partir da combinação do dezenas de parâmetros, implica no processamento de um número alto de alternativas obtidas a partir da análise combinatória desses diversos parâmetros.

<sup>65</sup> O PDE 2030 traz uma descrição mais rica em detalhes sobre as premissas e metodologias que basearam a determinação do que é denominado no plano setorial como “Expansão de Referência”.

custo de oportunidade, ainda que feitas parcialmente, sobre decisões de cunho de política setorial, seja em termos regulatórios, sejam em termos de regime operativo. Essas são análises tipicamente sujeitas a Análise Custo-Benefício, por envolverem efeitos em outros mercados que não o de energia (externalidades), além de benefícios e custos que podem não estar propriamente refletidos nos custos de investimento e operação.

A seção a seguir aprofunda essa discussão sobre a oportunidade de aplicação de Análise Custo-Benefício socioeconômica ao planejamento do setor elétrico.

#### 5.4.2 ACB socioeconômica como ferramenta para apoio à decisão no planejamento da oferta de energia elétrica

Conforme colocado na seção 5.2, a elaboração do PDE 2030 deu-se anteriormente ao estabelecimento da metodologia de viabilidade socioeconômica a ser considerada na elaboração do PILPI.

A ACB socioeconômica é, primordialmente, uma ferramenta de apoio à tomada decisão. É desejável, portanto, que ela seja empregada em avaliações de custo de oportunidade feitas durante o exercício de planejamento. Contudo, em virtude do exposto no parágrafo anterior, optou-se, neste PILPI, por se apresentar um exercício simplificado de aplicação da metodologia de avaliação socioeconômica a um problema já enfrentado no plano decenal de energia. Busca-se, com esse exercício ilustrativo, dar partida a esse processo de compatibilização metodológica entre o planejamento setorial e as diretrizes do CIP-Infra.

Dessa forma, os resultados apresentados neste relatório não devem ser adotados de maneira isolada para a tomada de decisões nas políticas públicas do setor energético, bem como não devem ser adotados como referência de comparação para os instrumentos de planejamento setorial já existentes, tais como o PDE e o PNE, os quais apresentam uma leitura mais precisa dos setores a que se refere.

Para o exercício simplificado em questão, serão abordadas as seguintes etapas de Análise ACB: Fundamentos para a Intervenção, Estimativas de Custo Econômico, Estimativas de Benefícios Econômicos e Estimativa de Externalidades.

##### **Fundamentos para a Intervenção**

De acordo com o Guia Geral de Análise Socioeconômica de Custo-Benefício de Projetos de Infraestrutura – Guia ACB, a primeira etapa a ser vencida em uma análise de viabilidade socioeconômica é certificar-se que a intervenção proposta está bem fundamentada. Isso implica em dar clareza ao objetivo a ser alcançado mediante a implementação da intervenção proposta, bem como demonstrar sua vantajosidade em relação a outras alternativas de encaminhamento do mesmo problema.

No caso do planejamento de médio prazo do setor elétrico, como apontado no item 5.4.1, o planejador governamental não se debruça sobre avaliações de custo de oportunidade de empreendimentos específicos de geração e transmissão de energia. Via de regra, a avaliação de viabilidade de empreendimentos específicos cabe ao empreendedor com interesse em atuar nesse mercado. Aos planejadores do governo, por sua vez, cabe analisar uma expansão

indicativa, definida em termos de fontes de geração e subsistema<sup>66</sup>. Nesse sentido, para o setor elétrico, a aplicação da ACB nessa fase de planejamento, ainda que de forma preliminar, demanda adaptações.

A primeira adaptação diz respeito à definição do escopo da intervenção. No caso do PDE 2030 ela pode ser entendida como a escolha de um portfólio de fontes que compõe a expansão indicativa. Como já tratado anteriormente, os objetivos dessa expansão estão bem expostos no plano decenal e visam, em linhas gerais, atender, da maneira mais eficiente: a crescente demanda por energia da economia e sociedade (empresas e domicílios), observando critérios de qualidade operativa (limitação dos riscos de suprimento de energia e potência), bem como observando diretrizes de política setorial.

Em termos de análise de alternativas, o Modelo de Decisão de Investimentos, o MDI, é uma ferramenta desenvolvida justamente para buscar, de maneira automatizada, entre as possíveis alternativas de configuração da expansão indicativa, aquela mais eficiente. Comparativamente ao previsto no Guia ACB, todas essas alternativas estariam sendo comparadas a um mesmo contrafactual, que seria o cenário “não fazer nada”. Contudo, para se valorar corretamente o benefício líquido do resultado do MDI frente ao cenário “não fazer nada”, é preciso computar os custos que podem surgir a partir da decisão de não expandir a oferta de energia elétrica. Para isso, seria necessário atribuir valores ao aumento da exposição aos riscos de não atendimento aos critérios de suprimento de potência e energia. Como esses valores costumam ser exorbitantes, esse tipo de contrafactual normalmente não é considerado em análises ACB de projetos de energia elétrica.

Adicionalmente ao objetivo primordial de indicação da expansão de oferta de energia elétrica que seria mais eficiente, o PDE também analisa cenários hipotéticos (Casos ou “*what-if*”), com vistas a avaliar a sensibilidade do Cenários de Referência à variação ou relaxamento de algumas das diretrizes consideradas entre as restrições da função objetivo do problema de otimização. Nesses exercícios, o Cenários de Referência pode ser entendido como Contrafactual e os Casos hipotéticos considerados alternativas de intervenção. Mais uma vez, pensando em termos incrementais, como recomenda o Guia ACB, o benefício ou custo líquido é obtido a partir da diferença entre os custos, benefícios e externalidades computados para o contrafactual e aqueles computados para os cenários alternativos em consideração.

Para determinados projetos de geração de energia elétrica, considerados “estruturantes”, como novas Usinas Hidrelétricas – UHEs, o tratamento das análises de viabilidade é um pouco diferente. Dadas as características peculiares de cada empreendimento, notadamente no que diz respeito à concentração locacional dos impactos gerados, as análises de viabilidade não são tão parametrizáveis como no caso das demais fontes. Dessa forma, para que projetos desse tipo sejam considerados como possíveis alternativas para a expansão indicativa, é necessário que seus Estudos de Viabilidade Técnica e Ambiental – EVTEAs estejam em estágio avançado de desenvolvimento, permitindo à EPE proceder com a avaliação processual<sup>67</sup> e estimar o ano da possível data de entrada em operação. Uma vez que a avaliação processual indique possibilidade

---

<sup>66</sup> Os subsistemas correspondem a subdivisões do Sistema Interligado Nacional e são em total de quatro: Norte, Nordeste, Sul e Sudeste/Centro-Oeste.

<sup>67</sup> Informações detalhadas sobre a avaliação processual de UHEs nos planos decenais, ver Nota Técnica EPE 027/2018 “Metodologia para avaliação processual de usinas hidrelétricas”. Disponível em <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2027>

de entrada em operação no horizonte decenal, o projeto é disponibilizado como opção de oferta ao MDI, para competir com as demais fontes no cálculo da expansão indicativa ótima.

No caso do PDE 2030, as avaliações processuais de UHEs indicaram a possibilidade de sete novas UHEs entrarem em operação no horizonte 2026-2030. Contudo, o cálculo de viabilidade do MDI não indicou a construção de novas UHEs para o período de referência.

Tendo em vista as características gerais do planejamento decenal do setor elétrico, os pressupostos da metodologia de análise de viabilidade socioeconômica e os resultados contidos no PDE 2030, os quatro cenários “*what-if*” seriam os candidatos naturais a aplicação ACB preliminar, por abordarem decisões que podem impactar a expansão de oferta indicativa de energia.

Contudo, após uma análise detida desses casos, identifica-se que:

- i. No *Caso 1*, Cenário de Referência, não há indicação de cenário contrafactual adotado. Para que o cenário “não fazer nada” pudesse ser considerado como contrafactual seriam necessários dados quantitativos adicionais sobre essa alternativa.
- ii. O *Caso 2* se trata de análise de risco sobre escolha de cenários possíveis de demanda, não envolvendo, ao menos diretamente, decisão sobre alternativas de investimento.
- iii. O *Caso 3* envolve decisão sobre alternativas de investimentos a partir da flexibilização de premissa adotada no Cenário de Referência, que funciona como contrafactual. Os custos envolvidos em cada decisão são disponibilizados no plano.
- iv. O *Caso 4* envolve decisões de cunho regulatório que afetariam diretamente a operação do sistema mediante a realocação de custos entre os agentes que participam desse mercado (geradores, transmissores, distribuidores, consumidores e governo). Ainda que esses pudessem ser indiretamente afetados, por alterações nos cenários de demanda. Essas decisões não se dariam sobre alternativas de investimento.
- v. O *Caso 5* envolve decisões sobre encargos que afetam diretamente a configuração da expansão indicativa, porém, não consta no plano os efeitos em termos de custo de operação do sistema, dessa decisão. Analogamente ao *Caso 3*, o cenário contrafactual seria dado pelo Cenário de Referência, contudo a indisponibilidade de informações sobre os efeitos do cenário alternativo não permite a aplicação da ACB socioeconômica.

Nesta edição do PILPI, levando-se em consideração a disponibilidade de dados e a aderência do Guia Geral de ACB, optou-se por aplicar a versão simplificada da metodologia ao *Caso 3: Inflexibilidade Termelétrica e Integração Gás-Eletricidade*.

Para tanto, procedeu-se da seguinte forma:

- A partir do cruzamento entre os custos paramétricos utilizados no MDI, conforme disponibilizado no próprio PDE 2030, e dos estudos de caso desenvolvidos no âmbito do Ministério da Economia<sup>68</sup>, foram calculados fatores de conversão de preços de mercado (MDI) em preços sociais (ACB);

---

<sup>68</sup> A Secretaria de Desenvolvimento da Infraestrutura, do Ministério da Economia, desenvolveu, no âmbito do plano de ação para resposta ao Acórdão TCU nº 2723/2017, Estudo de Caso em que se aplica a metodologia ACB ao caso de implantação de uma Usina Hidrelétrica de grande porte.

- Esses fatores de conversão são aplicados aos Custos de Expansão e Custo de Operação indicados no PDE 2030, como resultado das simulações do *Caso 3* no NEWAVE;
- A partir dos quantitativos de emissões de gases causadores de efeito estufa, também publicados no PDE, faz-se um exercício de sensibilidade a possíveis preços para o carbono equivalente.

### Estimativa de custos econômicos

Os valores de custo de investimento, operação e manutenção e encargos associados às diversas tecnologias de geração de energia parametrizados no MDI são médias tomadas a partir de valores praticados no mercado. Devido a possíveis distorções existentes nesses mercados, esses preços podem não refletir bem a utilidade conferida pela sociedade a esses insumos/serviços.

Para corrigir essas distorções e avaliar a viabilidade das escolhas a partir de um custo de oportunidade que reflita melhor as preferências da sociedade brasileira, o Guia ACB faz referência a um catálogo de parâmetros que contém Fatores de Conversão – FCs aplicáveis aos preços de mercado a fim de reduzir ou eliminar essas distorções.

Segundo os achados<sup>69</sup> do PDE 2030 para o *Caso 3*, os custos financeiros envolvidos na expansão e operação dos cenários referência (contrafactual) e cenário alternativo (Inflexibilidade com gás pré-sal) são os seguintes:

*Quadro 5: Custos de Expansão e Operação do Caso 3(demanda de referência)*

	<u>Contrafactual:</u> Expansão de Referência	<u>Alternativa 1:</u> 1.000 MW/ano UTEs Inflexíveis	<u>Alternativa 2:</u> 2.000 MW/ano UTEs Inflexíveis
Custo de Expansão*	R\$ 21,4 bilhões	R\$ 17,2 bilhões	R\$ 12,0 bilhões
Custo de Operação*	R\$ 43,2 bilhões	R\$ 51,7 bilhões	R\$ 59,2 bilhões

\*Fonte: PDE 2030, valores para demanda de referência

Enquanto os Fatores de Conversão disponibilizados pelo Catálogo de Parâmetros do Guia ACB referem-se a insumos e serviços, os valores explicitados para o *Caso 3* referem-se a uma matriz de projetos de geração. Dessa forma, procedeu-se com a composição de um FC equivalente - FCEq que levasse em consideração, em alguma medida, a agregação que caracteriza a expansão indicativa.

O primeiro passo para encontrar esse FC equivalente foi aplicar os FCs do catálogo de parâmetros aos custos de cada fonte que compõe a matriz de geração da expansão indicativa. Para se fazer isso foi necessário decompor os custos paramétricos de cada fonte em custos de insumos e serviços, chegando-se a um primeiro nível de agregação com FCEq por MW de fonte, de acordo com o tipo de gasto (Investimento, O%M ou Encargo). O resultado é apresentado a seguir:

<sup>69</sup> Segundo PDE 2030, "para que fosse possível captar efeitos destas decisões no custo total, foram realizadas simulações nos modelos MDI e NEWAVE, de modo que fossem obtidos, respectivamente, os custos totais de investimento e de operação."

Quadro 6: Fatores de Conversão equivalentes para as fontes consideradas na Expansão Indicativa

	Encargos R\$/kW.ano			O&M R\$/kW.ano			Investimento R\$/kW		
	PDE	ACB	FCeq	PDE	ACB	FCeq	PDE	ACB	FCeq
Eólica NE	180	99	0,55	90	83	0,92	4500	4438	0,99
Fotovoltaica SE	150	96	0,64	50	41	0,82	4000	3593	0,90
UTE GN CA Dist.	230	106	0,46	80	70	0,88	3400	2859	0,84
UTE GN CA Sul	230	106	0,46	240	211	0,88	3400	2859	0,84
PCH Sul	180	99	0,55	90	81	0,90	5000	4576	0,92
PCH SE	180	99	0,55	90	81	0,90	5000	4576	0,92
RSU	750	3	0,00	600	530	0,88	19600	17931	0,91
Biomassa	190	96,9	0,51	90	79	0,88	4000	3659	0,91
Retrofit GN Flex	210	86	0,41	240	211	0,88	1520	1278	0,84
Retrofit Carvão	400	76	0,19	240	211	0,88	3920	3296	0,84
R&M UHE	300	92,4	0,31	50	45	0,90	1500	1373	0,92

O segundo nível de agregação foi obtido a partir do peso de cada fonte, em termos de participação no custo total (Investimento + O&M + Encargos), na configuração de cada cenário. Esse cálculo considerou os valores presentes desses custos e os resultados obtidos estão exibidos no Quadro 7. Para o custo de operação considerou-se por simplificação, o fator de conversão do gás natural, independentemente do cenário. A indisponibilidade de informações mais detalhadas sobre a simulação de operação impediu a adoção de um critério mais elaborado.

Quadro 7: Fatores de Conversão calculados para aplicação nos valores agregados de custo

	Contrafactual: Expansão de Referência	Alternativa 1: 1.000 MW/ano UTEs Inflexíveis	Alternativa 2: 2.000 MW/ano UTEs Inflexíveis
Fator de Conversão equivalente - Expansão	0,834	0,817	0,773
Fator de Conversão - CVU	0,998	0,998	0,998

Aplicando-se os fatores de conversão listados no Quadro 7 aos valores de custos financeiros do Quadro 5, obtêm-se os custos totais de cada alternativa, a preços sociais. Os valores são mostrados na Figura 36.

### Estimativa de benefícios econômicos

Os principais benefícios relacionados aos projetos de infraestrutura de energia elétrica são o fornecimento da energia e a confiabilidade desse fornecimento. A melhor métrica disponível para aferir o quanto o consumidor valoriza esses atributos é a sua disposição a pagar (DAP) pelo benefício.

O preço da tarifa de energia faturada pela Distribuidora de energia junto ao consumidor final possui muitas distorções como subsídios cruzados e tributos, de maneira que é necessário retirá-los dessa conta para aferir a DAP. Assim, calculando-se a razão entre a receita líquida total das

Distribuidoras em 2020 e o total de energia consumido no mesmo período, chega-se ao valor de R\$ 509,44/MWh.

Na descrição do Caso 3, no PDE 2030, não há indicação da quantidade de energia gerada em cada cenário. Contudo, ao descrever o Caso 1, mostra-se no documento que o acréscimo de energia elétrica no cenário de referência é de aproximadamente 6.500 MW médios. No período dos 5 anos da expansão indicativa, isso resulta em 287.700.000 MWh gerados. Multiplicando-se a DAP pelo total de energia gerada, chega-se a um benefício da ordem de R\$ 145 bilhões.

Para fins de simplificação, na ausência de dados sobre a energia gerada por cenário e, levando em consideração que as três alternativas em análise nessa ACB preliminar visam atender a mesma demanda de energia, o benefício em todos os casos será considerado o mesmo. Uma análise mais pormenorizada, feita em condições diferentes desta análise preliminar, poderia estimar os custos ou benefícios decorrentes da mudança de atendimento aos critérios de suprimento de potência e considerá-los no cálculo total.

Figura 36: Total de custos econômicos estimados para a análise do Caso 3 do PDE 2030

Alternativas	1 R\$ bilhões Cenário Referência	2 R\$ bilhões 4 GW Inflex Pré- Sal	3 R\$ bilhões 8 GW Inflex Pré- Sal	
<b>Custos econômicos</b>				
Custo Variável	-43,20	-51,70	-59,20	<b>C</b>
Fator de Conversão CVU	0,998	0,998 $\Delta$	0,998 $\Delta$	
Custo de Operação a Preços Sociais	-43,11	-51,60 <b>-8,48</b>	-59,08 <b>-15,97</b>	
Custo financeiro da Expansão (I + O&M + E)	-21,40	-17,20	-12,00	<b>D</b>
Fator de Conversão 3	0,834	0,817 $\Delta$	0,773 $\Delta$	
Custo da Expansão a Preços Sociais	-17,86	-14,05 <b>3,81</b>	-9,28 <b>8,58</b>	
<b>Subtotal: Custos totais a preços sociais (R\$ bilhões)</b>	<b>-60,97</b>	<b>-65,65</b> <b>-4,68</b>	<b>-68,36</b> <b>-7,39</b>	<b>D + C</b>

Figura 37: Estimativa dos benefícios econômicos do Caso 3 do PDE 2030

<b>Benefício econômico</b>				
Energia Gerada (MW médio)	6 500	6 500	6 500	
Energia Gerada no período (MWh)	284 700 000	284 700 000	284 700 000	
Valor MWh (R\$)	509,44	509,44	509,44	
Valor Benefício (R\$ bilhões)	145,04	145,04 $\Delta$	145,04 $\Delta$	<b>F</b>



### Estimativa de externalidades

Em uma análise preliminar, é difícil reunir informações específicas de impactos de projetos, ou mesmo da expansão de uma fonte específica, que se traduzirá em vários projetos futuros. Contudo, há um tipo de externalidade característica de projetos de energia elétrica que permite parametrizações análogas àquelas feitas para os custos de implantação: a emissão de gases de efeito estufa.

No relatório do PDE 2030 são indicadas estimativas para as emissões de gases de efeito estufa referentes a cada um dos cenários “*what-if*”. Para o caso das alternativas aqui analisadas, os valores são os seguintes:

Tabela 32: Estimativa de emissões de gases causadores de efeito estufa para cenários de energia elétrica

Caso	Emissões (milhões de t de CO <sub>2</sub> eq)		margem em 5 anos (milhões t de CO <sub>2</sub> eq)
	2025	2030	
Expansão de referência	26,3	24,4	-1,9
Expansão com 1.000 MW/ano de UTE Inflexível	26,1	34,6	8,5
Expansão com 2.000 MW/ano de UTE Inflexível	26,6	42,7	16,1

Tomando por hipótese que esse aumento se dá de forma linear ao longo do período 2026-2030, tem-se que o total acumulado de emissões adicionais, provocadas pela expansão é de:

Tabela 33: Estimativa de emissões de gases causadores de efeito estufa acumulada até 2030 para cenários de energia elétrica.

Caso	Incrementos de Emissões (milhões de tCO <sub>2</sub> eq)					Total acumulado
	2026	2027	2028	2029	2030	
Expansão de referência	-0,38	-0,76	-1,14	-1,52	-1,9	-5,7
Expansão com 1.000MW/ano de UTE Inflexível	1,7	3,4	5,1	6,8	8,5	25,5
Expansão com 2.000MW/ano de UTE Inflexível	3,22	6,44	9,66	12,88	16,1	48,3

O catálogo de parâmetros que complementa o Guia ACB não traz, em suas versões atualizadas até novembro de 2021, valores estipulados para a tonelada de carbono. Contudo, no mapeamento realizado para esse fim, descrito no Quadro 2, esse valor pode variar de 0 a 100 de dólares, a depender do critério adotado.

Para efeito desta análise simplificada são utilizadas cinco faixas de valores: US\$ 100, US\$ 75, US\$ 50, US\$ 25 e US\$ 0 (zero) para avaliar os efeitos sobre os resultados preliminares. A Figura 38 mostra os resultados.

Outra externalidade relevante dessa política, mencionada no próprio PDE 2030 e que precisaria ser levada em consideração em uma ACB detalhada, é sobre os possíveis efeitos indutivos causados pela demanda firme de gás natural na cadeia de armazenamento, processamento e transporte de gás. Análises com esse objetivo normalmente demandam modelos econômicos mais elaborados, como os de Equilíbrio Geral Computado, que permite isolar os efeitos setoriais da modificação do comportamento de mercados de insumos importantes, como é o caso do Gás Natural.

### **Resultado e Comentários**

O Valor Social Presente Líquido (VSPL), que consiste na diferença dos valores presentes de benefícios e custos (considerando as externalidades), pode ser calculado a partir das estimações de benefícios, custos e externalidades feitas com base nos dados divulgados. A indicação de viabilidade socioeconômica se dá quando o VSPL é positivo.

De acordo com os resultados mostrados na Figura 39, ambas as alternativas de intervenção, baseadas na inflexibilidade de UTEs a Gás Natural advindo do pré-sal, mostram-se inviáveis por apresentar custos de oportunidade social superiores ao contrafactual, dado pelo Cenário de Referência. O VSPL incremental, no caso estudado, pode variar entre R\$ 5 bilhões negativos a R\$ 35 bilhões negativos, a depender do custo atribuídos às emissões de gases de efeito estufa. Conclui-se, com base nesses resultados, que a aplicação dos fatores de conversão e a consideração monetária dos efeitos das emissões confirmam os resultados já apontados no relatório do PDE 2030, de menor custo do Cenário de Referência em comparação às alternativas 1 e 2.

Em linhas gerais, ainda que os cenários com demanda firme para das Usinas Termelétricas exijam menor volume de investimento, o custo de operação dessas usinas, determinado em grande medida pelo preço do combustível, torna o cenário menos atrativo em relação ao Cenário de Referência. A consideração das externalidades de emissão de gases de efeito estufa também não muda o resultado, pois, justamente as fontes cujas operações são mais caras, são aqueles que mais emitem.

A convergência entre os resultados do exercício simplificado, mostrado nesta seção do PILPI, e aqueles mostrados no relatório do PDE 2030, revela que, para as fontes de maior participação na expansão indicativa, os preços de mercado estão alinhados com as preferências da sociedade. Nesses casos, os fatores de conversão tendem a ficar muito próximos da unidade.

As maiores distorções observadas nos fatores de conversão estão nos encargos, pois boa parte dos seus valores é composta de tributos ou, para algumas fontes, algum tipo de regime especial de subsídio. Na medida em que essas tecnologias têm participação menor na matriz de geração, há convergência entre os resultados socioeconômicos e os financeiros para toda a expansão.

Já com relação à possível ausência de valoração de externalidades nos preços de mercado, as fontes mais poluentes já são penalizadas com preços maiores de produção, ao menos em termos de gases de efeito estufa. Durante o planejamento de médio e longo prazo, a análise de externalidades pode ser muito desafiadora, principalmente para fontes com características idiossincráticas, que dificultam sua parametrização para aplicação em casos generalizados, como é o caso do impacto de reservatórios, mesmo em hidrelétricas de pequeno porte, e usinas de recuperação energética de resíduos sólidos urbanos, entre outras.

Com relação à valoração econômica de benefícios e de externalidades positivas, é possível evoluir na precificação dos impactos de diferentes configurações de expansão no atendimento aos critérios de suprimento de potência e energia. Além disso, efeitos indutivos de empreendimentos de grande porte ou políticas de fomento a fontes específicas com impactos em outras cadeias de produção também são frentes com possibilidade de avanços.

Figura 38: Resultado dos custos econômicos considerado a externalidade de emissão de gases de efeito estufa na análise do Caso 3

Externalidades						
Aumento de Emissões (Milhões de tCO <sub>2</sub> eq)	-5,7	25,5	25,5	48,3	48,3	E
Preço do carbono* (R\$/t CO <sub>2</sub> eq)	525	525	525	525	525	
*USD/BRL = 5,25			Δ		Δ	
Valor de externalidade (R\$ bi)	2,99	-13,39	-16,38	-25,36	-28,35	
			Δ		Δ	
(Custos + Externalidade) 1º Total (100 USD)	-57,98	-79,04	-21,06	-93,72	-35,74	D + C + E
(Custos + Externalidade) 2º Total (75 USD)	-58,73	-75,69	-16,96	-87,38	-28,65	
(Custos + Externalidade) 3º Total (50 USD)	-59,48	-72,34	-12,87	-81,04	-21,57	
(Custos + Externalidade) 4º Total (25 USD)	-60,22	-69,00	-8,77	-74,70	-14,48	
(Custos + Externalidade) 5º Total (0 USD)	-60,97	-65,65	-4,68	-68,36	-7,39	

Figura 39: Valor Social Presente Líquido estimado para o Caso 3 do PDE 2030

Viabilidade						
Alternativas	1	2		3		
	Cenário Referência	4 GW Inflex Pré-Sal		8 GW Inflex Pré-Sal		
1º VSPL	87,06	66,00	-21,06	51,32	-35,74	F + D + C + E
⋮			Δ		Δ	
5º VSPL	84,07	79,39	-4,68	76,67	-10,23	F + D + C + E

## 5.5 Infraestrutura de Pesquisa e Desenvolvimento

Nesse setor, que envolve grande diversidade de tipologias de projetos, analisa-se um projeto em estruturação, cujo escopo envolve a expansão da infraestrutura de rastreamento, controle e recepção de imagens de satélite.<sup>70</sup>

A infraestrutura de Rastreamento de Controle de Satélites do INPE foi criada em 1988 com o projeto da Missão Espacial Completa Brasileira (MECB). Naquela época foi feito um investimento significativo com a criação das estações de Cuiabá e Alcântara. Depois desse período, o que se tem feito basicamente é a manutenção dessa infraestrutura.

As atividades de rastreamento e controle de satélites são de responsabilidade do Centro de Rastreamento, Recepção e Controle de Satélites (CORCR), que é composto pelo Centro de Controle de Satélites (CCS), em São José dos Campos - SP; pela Estação Terrena de Rastreamento de Cuiabá (ETC) - MT e pela Estação Terrena de Rastreamento de Alcântara (ETA) - MA, que operam em Banda S de frequências.

Esse projeto consiste na instalação de nova Estação de Rastreamento, e Controle e Recepção de Imagens em um novo local, em Mato Grosso, perto do Centro Geodésico da América do Sul, no Parque Nacional da Chapada dos Guimarães, a 70 Km de Cuiabá. Os fatores que motivam esse projeto incluem:

- 1) Atender ao compromisso assinado no dia 18 de agosto de 2021 pela Agência Espacial Brasileira (AEB) com o BRICS, denominado COOPERATION ON BRICS REMOTE SENSING SATELLITE CONSTELLATION. Em linhas gerais o CORCR vai disponibilizar as imagens providas pelos satélites brasileiros ao BRICS e vice-versa. Atualmente a infraestrutura do CORCR não suporta essa demanda.
- 2) A interferência na recepção dos dados de imagens, em Banda X, em Cuiabá, devido às interferências em banda X da rede de telefonia celular nos entornos. Atualmente existem dezenas de redes de telefonia celular que operam na mesma frequência das antenas de Banda X.
- 3) O aparecimento de novas edificações prediais ao redor do atual sítio do INPE em Cuiabá que ameaçam causar bloqueio de sinais de RF em Banda S, utilizados para o rastreamento e controle de satélites;
- 4) Ampliar a capacidade de monitoramento da floresta Amazônica e conseqüentemente de todo o território brasileiro com a instalação de novas antenas de recepção de imagem e controle de satélites;
- 5) Ampliar a capacidade de monitoramento de desastres em todo território brasileiro inclusive na costa brasileira com a possibilidade de recepção de imagens de satélites brasileiros e internacionais;
- 6) Ampliar a capacidade de monitoramento das redes elétricas com a possibilidade de recepção de imagens de satélites brasileiros e internacionais

---

<sup>70</sup> Esse projeto foi inserido dentre as ações de investimento no Projeto de Lei Orçamentária para 2022, ainda em discussão no Congresso no momento de elaboração deste relatório.

7) A possibilidade de auxílio no Rastreo de Satélites do PESE (Programa Estratégico de Sistemas Espaciais) no novo Sítio do INPE. O auxílio do INPE no rastreo do PESE levaria a uma otimização de custos com conseqüente economia de recursos governamentais. O INPE executaria suas atividades operacionais utilizando os sistemas de antena implantados sob sua responsabilidade.

8) A possibilidade de auxílio no rastreo e recepção de dados de carga útil para satélites de baixa altitude de observação da Terra e meteorológicos do Sistema Águila: Frota Carponis, com sensores ópticos de alta resolução; Frota Lessônia, com sensores radar, e Frota Attícora de meteorologia. O rastreo dos satélites destas frotas requer, como no caso dos satélites do INPE, que a antena possua movimento em azimute e elevação para manter o apontamento ao satélite durante suas passagens sobre a estação de rastreo.

9) Dado as futuras missões do INPE, tais como: Equars, Amazonia 1 B, CBERS 5 e 6, Satélite Radar, etc., faz-se necessário um investimento na infraestrutura de controle e recepção de dados de satélites do INPE.

10) Aumentar a disponibilidade e capacidade de Rastreo. Conforme foi colocado anteriormente, o CORCR conta hoje com três antenas para controlar cinco satélites e 3 antenas para receber imagens de 13 satélites. O que mostra que a capacidade está no limite e uma falha em uma dessas estações pode colocar em risco a operação de um satélite, que no caso do Amazonia 1, CBERS4 ou CBERS4A estimado em centenas de milhões de reais.

O projeto se insere no contexto do Programa Espacial brasileiro, uma vez que essa infraestrutura apoiará futuras missões espaciais do INPE, tais como: Equars, Amazonia 1 B, CBERS 5 e 6, Satélite Radar. O projeto enquadra-se nos eixos institucional e de infraestrutura previstos na Estratégia Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social e nas áreas aeroespacial e de defesa, tidas como prioritárias na Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação - ENCTI 2016-2022. No Planejamento Plurianual - PPA 2020-2023, se adequa ao objetivo 1192 que visa aumentar a autonomia nacional no atendimento das demandas por produtos e serviços espaciais. Ao controlar e receber dados de várias missões espaciais, os mesmos podem ser utilizados pela academia e instituições de pesquisas para gerar novos conhecimentos, visando o desenvolvimento sustentável do país. Poderá também ser usada pelo setor produtivo, facilitando a criação de aplicações e negócios inovadores usando dados de satélites.

Com relação ao Mapa Estratégico do MCTI, o projeto contribui com processos internos para fortalecer parcerias nacionais e internacionais e fortalecer o sistema de pesquisa e aprimorar a infraestrutura de CTIC, sendo que as futuras missões espaciais podem envolver outras Instituições no Brasil bem como prover serviços para Instituições pares do INPE tais como ESA, NASA, etc. O objetivo estratégico OE4 do INPE que consiste em *“prover a infraestrutura adequada para rastreo e controle de satélites e para recepção, armazenamento, processamento e disseminação de dados espaciais”* (OE4) dá respaldo à essa iniciativa.

No que se refere aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis (ODS) - Agenda 2030 ONU, destaca-se o ODS 13 – *“Ação Contra a Mudança Global do Clima”* e o ODS 9 – *“Indústria, Inovação e Infraestrutura”*.

As ações contra a mudança global do clima dependem do avanço do conhecimento científico sobre os componentes naturais e humanos do sistema climático terrestre, incluindo a capacidade de observação do sistema terrestre e o desenvolvimento e aprimoramento de modelos para a construção e análise de cenários atuais e futuros de mudanças ambientais

globais. E isso somente ocorrerá se houver uma infraestrutura robusta de rastreamento e controle de satélites para captar imagens e dados que possam ser utilizados com essa finalidade.

Além das aplicações às mudanças climáticas, as imagens são utilizadas no controle do desmatamento; agricultura de precisão; seguros (verificação local, fraudes e reivindicações); detecção de invasões; crises humanitárias; atividade marítima; dentre muitas outras áreas.

As partes interessadas incluem a comunidade científica e acadêmica; profissionais liberais; setores produtivos e empresas de base tecnológica; profissionais liberais; jovens usuários e demais segmentos da sociedade; Governos Federal, Estadual e Municipal atendendo às diversas demandas públicas setoriais e beneficiando a população de modo geral.

### ANÁLISE FUNDAMENTAL

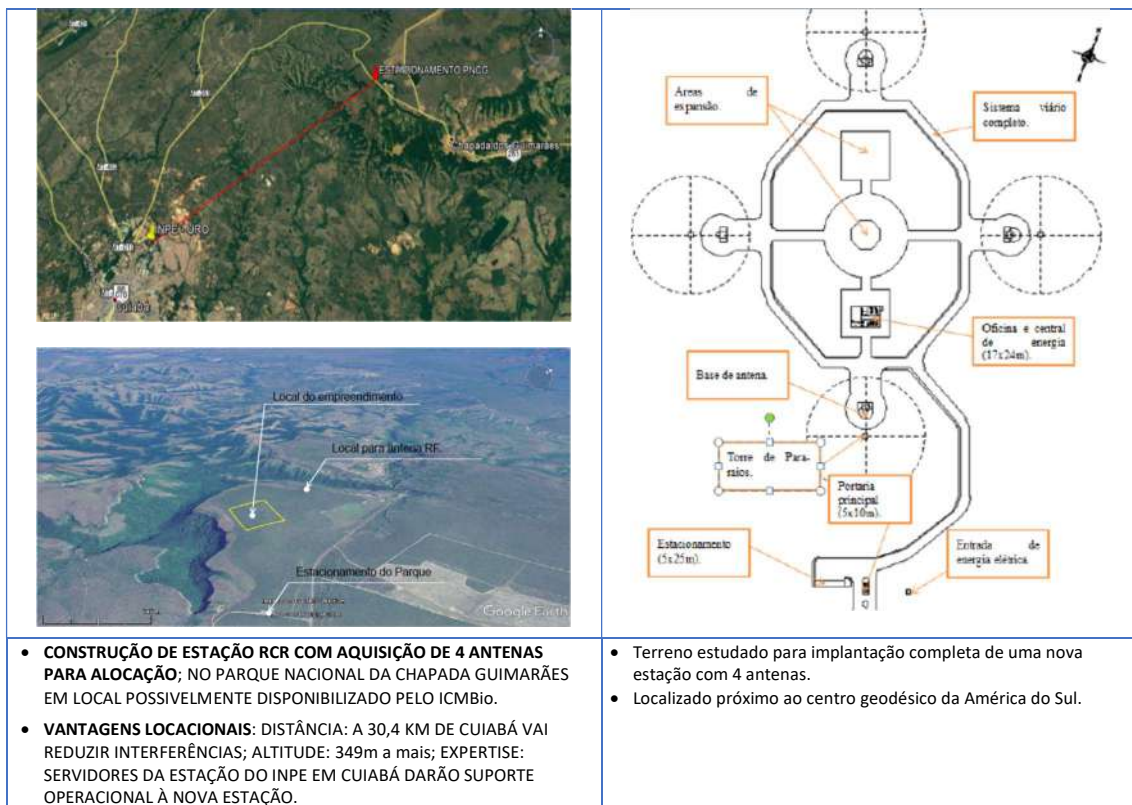
Um sistema de satélites é composto por um segmento espacial, o que inclui os satélites propriamente ditos, e um segmento solo que tem a função de supervisionar o funcionamento do satélite, controlar seu posicionamento na órbita predefinida e a recepção dos dados enviados por ele. A unidade autossuficiente de análise deste projeto abrange apenas o segmento solo composto pela atual infraestrutura de rastreamento e controle de satélites (Banda S) e recepção de imagens (Banda X), o qual necessita de expansão para atendimento da demanda crescente em local livre de interferências de antenas de telefonia.

Observa-se que a transmissão de dados do satélite é exógena ao limite de expansão do segmento solo, mas como é essencial para a recepção e geração das imagens, para efeitos de simplificação, considera-se a transmissão dos dados de satélites como um *input*, como se fosse a matéria-prima do segmento solo, conformando-se como uma infraestrutura funcionalmente completa. Os Quadro 8 e Quadro 9 apresentam, respectivamente, a situação atual e a expansão almejada, conforme demanda descrita na sequência:

Quadro 8: Situação Atual

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>RASTREIO E CONTROLE DE SATÉLITES (BANDA S): 3 ANTENAS:</b> 2 na Estação Terrena de Cuiabá (CBA/MT) e outra na Estação Terrena de Alcântara (ALC / MA). <b>CONTROLE DE 5 SATÉLITES:</b> SCD1, SCD2, CBERS4, CBERS4A e Amazonia1</li> <li>• <b>RECEPÇÃO DE IMAGENS (BANDA X): 3 ANTENAS DE BANDA X:</b> 2 em Cuiabá e uma em Cachoeira Paulista (Centro de Controle de Satélites – SJC/SP). <b>RECEPÇÃO DE 13 SATÉLITES:</b> CBERS4, CBERS4A, Amazonia 1, LANDSAT 7 e 8, RESOURCESAT-2, UK-DMC, TERRA, AQUA, S-NPP, NOAAs, GOES-13 e METOP-B.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mapa de antenas de telefonia em torno do INPE (Cuiabá-MT) causando interferência na geração de imagens.</li> </ul>

Quadro 9: Expansão almejada



Resumindo, o CORCR conta hoje com 3 antenas para controlar cinco satélites e 3 antenas para receber imagens de 13 satélites. Nesta configuração, a capacidade controle e rastreamento está no limite e uma falha em uma dessas estações pode colocar em risco a operação de um satélite, que no caso do Amazonia 1, CBERS4 ou CBERS4A, causaria um prejuízo de centenas de milhões de reais.

No que se refere à demanda, o CORCR/INPE tem trabalhado no limiar da sua capacidade (180 mil imagens e 9 mil rastreios) e prevê a necessidade de aumento desta capacidade para atender futuros lançamentos de satélite (Amazonia B1, CBERS 5 e CBERS 6); atender compromissos internacionais e a crescente demanda de usuários na esfera pública e privada. Na esfera pública, recentemente foi realizado um levantamento por um grupo de trabalho interministerial, coordenado pela Casa Civil, denominado Comitê de Desenvolvimento do Programa Espacial Brasileiro – CDPEB-15, envolvendo 10 Ministérios para identificar a demanda atual e futura por soluções satelitais.

Como exemplo de demanda identificada, no setor de transportes, foi informado que as imagens orbitais de média resolução espacial e altíssima resolução temporal são úteis ao desenvolvimento de aplicações relacionadas à infraestrutura de transportes, quais sejam: monitoramento da execução de obras, com potencial acompanhamento diário do avanço dos trabalhos de implantação e construção; análises ambientais para avaliação de impacto decorrente de obras de infraestrutura viária; monitoramento de invasões e ocupações nas faixas de domínio de rodovias federais; obtenção de informações espaciais para suporte à execução de Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental (EVTEA), incluindo estudos de traçados correlatos. Estas informações foram estruturadas por demanda específica de cada



setor, identificando-se a frequência de ocorrência, aplicação das informações e se já têm sido atendidas ou não.

Os resultados preliminares deste levantamento indicam 464 demandas distintas, atendidas e não atendidas, cuja distribuição e projeção de frequências são apresentadas na Tabela 34. Destas 464, excluindo-se às demandas atribuídas a satélites de comunicações e de posicionamento e navegação, tem-se 380 demandas associadas a imagens.

Tabela 34: Levantamento de demanda pública setorial por soluções satelitais (dados preliminares)

Aplicações satelitais	Demandas identificadas (unidade)			Frequência de ocorrência da demanda em Horas por ano	
	TOTAL	Atendidas	Não Atendidas	Horas Atendidas	Horas Não atendidas
Observação da Terra	254	162	92	313.761	186.103
Coleta de Dados	43	22	21	61.429	26.382
Meteorologia	84	63	21	370.123	26.923
<b>Sub-Total (Observação, Coleta e Met.)</b>	<b>380</b>	<b>247</b>	<b>134</b>	<b>745.313</b>	<b>239.408</b>
Comunicações	39	12	27	88.001	192.840
Posicionam. e Navegação por Satélites	45	35	9	123.549	8.885
<b>TOTAL Geral:</b>	<b>464</b>	<b>294</b>	<b>170</b>	<b>956.863</b>	<b>441.133</b>

Fonte: Dados preliminares disponibilizados pelo INPE.

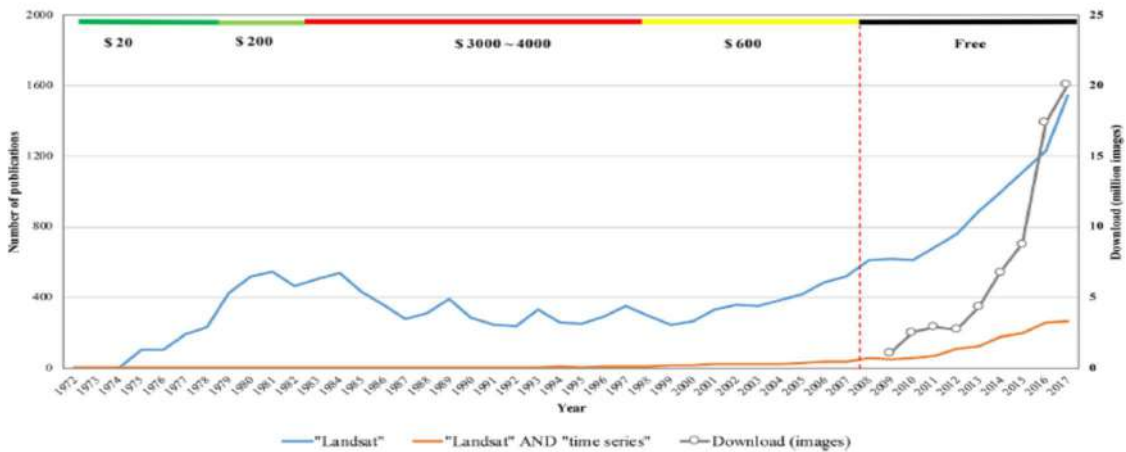
Se considerarmos que para atendimento de uma única demanda futura (não atendida) fosse necessário apenas uma imagem, isso já seria motivo para o aumento da capacidade. Há de se considerar também que parte dessa demanda tenha sido atendida por serviços contratados de terceiros. Neste sentido, se subtrairmos as 180 mil imagens geradas pelo CORCR das 247 mil imagens atendidas, restariam 67 mil imagens supridas por serviços de terceiros, que somadas às 134 mil imagens ainda não atendidas, resultaria numa demanda a ser explorada de 201 mil imagens não atendidas).

No entanto, observa-se que cada uma dessas demandas identificadas pode ocorrer mais de uma vez anualmente, mensalmente ou até mesmo diariamente. E, as imagens do acervo podem ser reutilizadas a depender do objetivo específico de análise em cada demanda, o que torna difícil definir o atendimento com precisão. De qualquer forma, para dar uma ideia do tamanho da demanda, os dados foram uniformizados e compilados, de forma que a frequência de ocorrência foi transformada em horas demandadas por ano. Os resultados indicam que a demanda não atendida é bastante expressiva e, se considerarmos a geração de apenas 1 imagem por hora, embora esse valor não consista um limite, tem-se uma demanda futura aproximada de 240 mil imagens, o que coincide com a expansão de capacidade sugerida com a aquisição de 4 antenas (geração de 60 mil imagens por antena).

Embora somente a demanda de órgãos públicos já seja suficiente para justificar a disponibilização destes serviços à sociedade, boa parte dos usuários são da comunidade científica, além de empresas de base tecnológica e profissionais liberais que prestam consultorias em diversas áreas. Uma pesquisa realizada por Silva & Epiphanyo (2008), num universo de 15.000 usuários do CBERS à época, contou com 3.400 participantes. Dentre as pessoas físicas, contou com 1.172 servidores públicos (34,4%), 642 autônomos (18,8%), 460 profissionais do regime CLT (13,5%), 370 estudantes (10,9%) e 333 bolsistas de pesquisa (9,8%) e outros 429 (12,6%). Dentre as pessoas jurídicas participaram organizações representando 1,9% do total, sendo 42 empresas prestadoras de serviços (64,6%), 6 empreendimentos rurais (9,2%), 6 organizações não governamentais (9,2%), 4 organizações educacionais (6,2%); 4 estabelecimentos comerciais (6,2%) e 3 indústrias (4,6%). Portanto, um público bastante distribuído entre categorias, setores e áreas do conhecimento.

No sentido de capturar a perspectiva de aumento da demanda deste público diversificado, cita-se outro estudo realizado por Zhu *et al.* (2019) para demonstrar os benefícios da política de dados abertos e gratuitos do Landsat o qual corrobora com a previsão de aumento da demanda. Neste estudo, os autores demonstram o aumento do uso (*downloads*) de imagens do acervo do Landsat (linha cinza) e aumento do número de artigos publicados na base Scopus com o termo “Landsat” (linha azul) ou “Landsat e séries temporais” (linha laranja) em seu título, abstract ou como palavras-chaves, correlacionados à disponibilização gratuita das imagens a partir de 2008 e tal qual já ocorria com as imagens do CBERS. A Figura 40 foi extraída do mencionado estudo.

Figura 40: Comportamento do número de artigos publicados na base Scopus (linha azul e laranja) e downloads do acervo do Landsat entre 1972 e 2017. Fonte: Zhu *et al.* (2019)



Uma vez delimitada a unidade básica de análise e constatada a necessidade de expansão da infraestrutura de P&D e aumento da demanda, identificou-se um rol de alternativas estratégicas para se alcançar os objetivos pretendidos. O Quadro 10 lista algumas opções de forma estruturada, identificando o escopo (tamanho) dos cenários alternativos e como cada alternativa solucionaria o problema. Nesta fase qualitativa, descartou-se duas opções (2ª e 3ª linhas) por serem tecnicamente difíceis de implementar e pouco factíveis e, na primeira coluna do Quadro 10, atribuiu-se letras (A, B, C, D) aos cenários classificados para a lista curta de análise.

Quadro 10: Lista longa de alternativas estratégicas consideradas

Escolha a Lista Curta	CENÁRIOS (Framework de opções)	Escopo (O que?)	Soluções (Como?)	Fornecedor (Quem)	Implementação (Quando?)	Financiamento (Quem paga?)	Classificação para a lista curta
A	Não Fazer Nada "Business as Usual" - BAU	180 mil imagens 9 mil rastreios	Manter infraestrutura atual	Situação corrente.	n/a	Situação corrente.	Contrafactual
	Interromper a transmissão de todas as antenas de telefonia	180 mil imagens 9 mil rastreios	Solicitar a Anatel. Interromper dezenas de antenas	n/a	n/a	n/a	NÃO CLASSIFICADO. Há dezenas de antenas nas proximidades e esbarraria em questões regulamentares de priorização de uso e ocupação de áreas urbanas e demanda social.
	Alugar antenas para fazer o rastreamento dos satélites brasileiros (Custo por satélite 250 mil dólares.)	420 mil imagens 21 mil rastreios (capacidade equivalente ao cenário D)	Em 30 anos, seriam necessários 40 milhões para controlar e rastrear apenas 1 satélite.	Empresas internacionais	n/a	Financiamento Público.	NÃO CLASSIFICADO. No horizonte temporal considerado (30 anos), os gastos com aluguel de antena seriam superiores ao necessário para desenvolvimento de novos satélites. Outras questões: domínio tecnológico, segurança, disponibilidade e soberania. Know how adquirido e a perda desta capacidade científica e tecnológica. País à mercê da disponibilidade de terceiros.
B	Fazer o mínimo (+ 1 antena no mesmo local)	240 mil imagens 12 mil rastreios	Adquirir 1 antena para a atual estação	Contratar projeto executivo.	Dois anos	Público	Analisar Opção na Lista Curta
C	Fazer algo mais (+2 antenas na nova estação)	300 mil imagens 15 mil rastreios	Adquirir 2 antenas para o novo sítio	Licitação Internacional para a antena	Três anos escalonados	Público	Analisar Opção na Lista Curta
D	Fazer o Máximo OPÇÃO PREFERIDA	420 mil imagens 21 mil rastreios	Adquirir 4 antenas para o novo sítio		Quatro anos escalonados	Público	Analisar Opção na Lista Curta

No Quadro 11, destacam-se fatores críticos de sucesso para cada uma das alternativas classificadas para a lista curta. A segunda coluna refere-se à alternativa A, considerada com Cenário Base ou contrafactual do projeto, pois é a situação que ocorre na ausência do projeto. O cenário base, também caracterizado como "Business as Usual" (BAU), inclui custos e benefícios para operar e manter o serviço em seu nível atual. Nesta fase ainda qualitativa, destaca-se em amarelo a última coluna do Quadro 11 como opção preferida, uma vez que é a única que não apresentou fatores adversos assinalados em vermelho. Ainda assim, segue-se a análise comparativa para seleção da melhor alternativa.

Quadro 11: Fatores críticos de sucesso dos cenários da lista curta de alternativas estratégicas

FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO	Não Fazer Nada (A) "Business as Usual" Contrafactual	Fazer o Mínimo (B)	Fazer algo mais (C)	Fazer o Máximo (D) OPÇÃO PREFERIDA
Específico (S)	Não atende demanda futura	Atende aumento da demanda de curto prazo	Limitação de oportunidades	Segmento de Infraestrutura única
Mensurável (M)	180 mil imagens 9 mil rastreios	240 mil imagens 12 mil rastreios	300 mil imagens 15 mil rastreios.	420 mil imagens 21 mil rastreios
Alcançável (A)	Esgotamento de capacidade e risco de descontrole operacional.	Não resolve problema de interferência e espaço físico.	Sim. Viável e oferece credibilidade.	Sim. Viável, oferece credibilidade e maior segurança. (+ Bandas)
Relevante (R)	Aquém da proposta de expansão do setor (Futuro lançamento Amazônia B)	Solução paliativa.	Atende o planejamento do Governo, mas pode perder oportunidades.	Atende a estratégia setorial e pode oferecer mais serviços.
Tempo Determinado (T)	Situação corrente.	Tecnicamente inadequado. Escalonado em 2 anos.	Adequado no tempo previsto. Escalonado em 3 anos.	Adequado no tempo previsto. Escalonado em 4 anos.

## DADOS DE ENTRADA PARA ANÁLISE INCREMENTAL

A Análise de Custos e Benefícios - ACB considera apenas a diferença entre os fluxos dos cenários “com projeto” e contrafactual, por isso, essa abordagem é incremental. Para tanto, são feitas projeções de todos os fluxos de caixa relacionados a operações na área do projeto durante sua vida útil. Mas antes disso identificou-se dados básicos de entrada para o cenário contrafactual e as respectivas projeções de capacidade e desempenho para os cenários alternativos da lista curta (Tabela 35). A definição dos dados do cenário contrafactual foi realizada com base na experiência prática e dados fornecidos pelo CORCR/INPE.

Tabela 35: Sumário dos dados básicos de entrada dos cenários alternativos da lista curta

	Projeções dos cenários alternativos (lista curta)	Unidade	A	B	C	D
1	Capacidade Instalada	Nº DE ANTENAS	6	7	8	10
2	Desempenho - Recepção (3 antenas atualmente)	Nº Imagens geradas/ano	180.000	240.000	300.000	420.000
3	Desempenho - Rastreamento (3 antenas atualmente)	Nº Rastreamento/ano	9.000	12.000	15.000	21.000
4	Parecerias Internacionais em Missões Espaciais. Alocação de Antena para Aluguel. Banda S.	Satélites controlados	5	6	7	8
5	Parcerias PD&I (Cooperação para fornecimento de serviços ou intercâmbio de imagens (ex.: BRICS e Países Vizinhos). Banda X.	Parcerias para Recepção (nº satélites provedores)	13	46	52	65
6	Imagens distribuídas por satélite (1 usuário faz vários downloads)	downloads	578.770	675.232	771.693	964.617

Na Tabela 34 e na Tabela 35, os 3 primeiros itens estão diretamente relacionados à capacidade de uma única antena em receber 60.000 imagens ou realizar 3.000 rastreamentos. Para o item 4, adotou-se de maneira conservadora a possibilidade de um aluguel por antena para parceiros estrangeiros, embora esse número possa ser maior. O item 5 considera o número de satélites atendidos por 3 antenas no cenário base e triplica esta relação, projetando para os outros cenários a perspectiva otimista de aumento de satélites provedores de imagens pelo estabelecimento de novos acordos internacionais, desenvolvimento de novos satélites nacionais e recepção de dados de carga útil para satélites de baixa altitude de observação da Terra e meteorológicos. Porém, o item 5 não entrou nas estimativas de custos e benefícios deste projeto.

Já o item 6 da Tabela 35, considera o número de imagens distribuídas do acervo (download) conforme relatórios do setor de estatística do CORCR. A Tabela 36 apresenta o número por satélite e total de imagens geradas ao ano, ou seja, recebidas e processadas pela equipe do CORCR, e o número de imagens do acervo distribuídas (downloads realizados diretamente pelos usuários). Como referência, a Tabela 36 inclui o número de imagens geradas e distribuídas apenas pelo CBERS.



Tabela 38: Coeficientes técnicos para projeção de custos e benefícios dos cenários alternativos

Estimativas:		Coeficiente Técnico	CT	Unidade	A	B	C	D
1	Aumento pessoal qualificado (com ou sem vínculo)	Pessoal/antena	11	Pessoal	66	77	88	110
2	Média Anual de Dissertações e Teses de Mestrado e Doutorado	Títulos/antena	3,2	Titulados	63	66	69	76
3	Produção Intelectual Total - PIT Anual Média	PIT/Imagem	0,0003	PIT	285	304	323	361
4	Taxa ajuste custos operacionais	Ajuste %	---	%	0%	60%	80%	100%
5	Custo de Imagem transmitida por Satélite (CMLP)	R\$/imagem transmitida	790	R\$	790	790	790	790
6	Valor da imagem gerada (DAP)	R\$/imagem gerada	850	R\$	850	850	850	850
7	Valor da imagem distribuída do acervo (DAP)	R\$/imagem distribuída	210	R\$	210	210	210	210
8	Quantidade de usuários/satélite controlado	Usuários	1154	Usuários	15.000	53.077	60.000	75.000
9	Nº de instituições científicas e tecnológicas usuárias	ICT	1500	ICT	1.500	>1.500	>1.500	>1.500

As projeções para os cenários alternativos foram calibradas segundo experiência e expectativa dos especialistas do CORCR. Como a análise focou no cenário preferido D, definiu-se uma taxa de ajuste (item 4) para aplicar a custos fixos dos cenários B e C que não variam proporcionalmente ao número de antenas definidos para cada cenário.

Importante notar que o custo de imagem transmitida por satélite (item 5) foi calculado com base na razão entre o valor estimado de desenvolvimento de um satélite (R\$ 500 milhões) e a quantidade de imagens transmitidas durante sua vida útil, obtendo-se o seu custo de produção marginal de longo prazo (CMLP).

Em contrapartida, o valor da imagem gerada (recebida e processada na estação do INPE), item 6, foi calculado a partir da disposição a pagar (DAP) dos usuários. *O conceito de DAP marginal é frequentemente usado para estimar o preço sombra dos serviços fornecidos pelo projeto, i.e., para valorar os benefícios diretos do projeto, relacionados ao efetivo uso dos bens e serviços prestados* (Brasil, 2021). Existem diversas técnicas<sup>71</sup> para estimar empiricamente a DAP, Loomis *et al.* (2015 e Jabour *et al.* (2020), aplicaram o método de valoração contingente para avaliar a DAP por imagens de satélite. O primeiro chegou a um valor médio de US\$ 912 para usuários americanos, e mediana de U\$ 182 (R\$ 955)<sup>72</sup> para a cena básica do Landsat. O segundo chegou a um valor médio € 1.696 (R\$ 11.064)<sup>73</sup> para imagens de alta resolução (60x60 km) para usuários da plataforma Geo Information for Sustainable Development (GEOSUD), com 43% de aceitação. Segundo, Sartori (2020), a mediana pode indicar uma previsão melhor do valor que a maioria das pessoas realmente desejariam pagar, ao invés do valor médio, pois a mediana não dá muito peso a valores discrepantes.

Os dados de satélites podem ser obtidos de fontes gratuitas ou comerciais. As fontes de dados gratuitos podem ser de governos e instituições de pesquisa, mas também de acervos de plataformas comerciais. O preço das imagens varia amplamente dependendo da fonte, sensores de interesse, resolução, mapa, área mínima de cobertura, taxa de revisitação dentre outras especificações técnicas. Em geral, a prática comercial exige uma área mínima de 20 a 25 km<sup>2</sup>, porém é possível a contratação de pacotes de imagens que permitem o processamento de determinada área ao longo do ano. Kraetzig (2021) correlacionou a relação inversa da resolução espacial da imagem e seu preço, conforme figura abaixo, que apresenta valores por km<sup>2</sup> e por área mínima de diversos satélites, incluindo duas fontes gratuitas (Sentil-2 e Landsat 7/8). Um

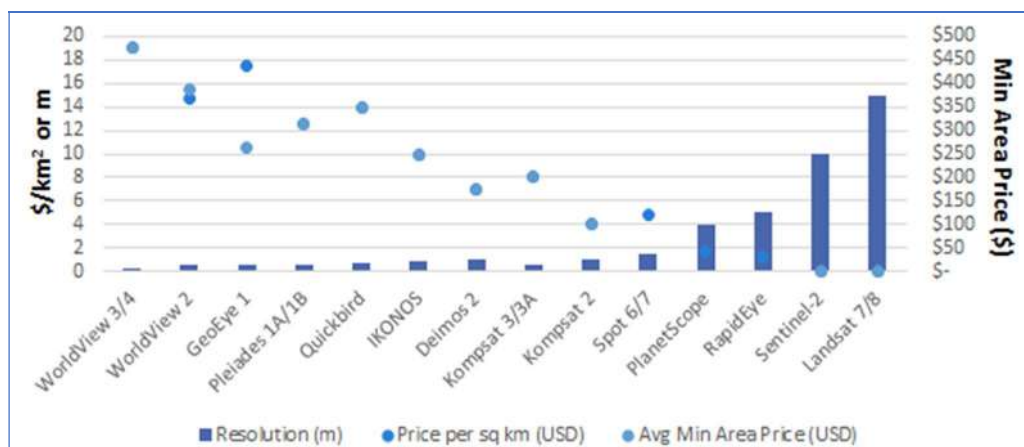
<sup>71</sup> Métodos de preferência declarada, de preferência revelada, e de transferência de benefícios.

<sup>72</sup> Dólar a R\$ 5,25.

<sup>73</sup> Euro a R\$ 6,50.

estudo realizado por Silva e Epiphanyo (2008) sobre o perfil dos usuários do CBERS adotou um valor de R\$ 1.000 de DAP por imagens do CBERS, próximo ao valor intermediário de US\$ 10/km<sup>2</sup> na figura abaixo.

Figura 41: Relação entre resolução espacial e preço



O valor de R\$ 850 considerado para a imagem gerada (item 6) é inferior aos valores médios e medianas encontrados nos estudos mencionados. Nesta análise, optou-se por um valor comedido, atribuindo-se um acréscimo de cerca de 8% ao custo marginal de produção de longo prazo da imagem transmitida pelo satélite (item 5), o suficiente para aferir valores satisfatórios à análise econômica do projeto. Da mesma forma moderada o valor da imagem distribuída do acervo representa 25% do valor da imagem gerada e foi calculado a partir do rateio do custo total das imagens geradas pela quantidade de imagens distribuídas em 2020, conforme informado pelo setor de estatística do CORCR (Tabela 34). Os itens 8 e 9 da Tabela 38 são apenas informativos e projetados a partir das informações levantadas em Siva & Epiphanyo (2008) e, no que se refere às instituições de ciência e tecnologia cadastradas como usuárias do acervo, na página web do INPE.

## ANÁLISE SOCIOECONÔMICA

A Análise de Custos e Benefícios – ACB, também chamada “avaliação socioeconômica”, consiste em avaliar, de uma perspectiva *ex ante*, a contribuição líquida de um projeto de investimento para o bem-estar da sociedade, permitindo computar o seu retorno socioeconômico. O método se baseia na projeção dos efeitos comparativos ou incrementais do projeto ao longo do seu ciclo de vida (custos e benefícios), em relação a um cenário sem o projeto, e em sua conversão para uma métrica comum, o valor monetário, possibilitando o cálculo do benefício líquido para a sociedade em valor presente (Guia ACB, Brasil, 2021).

Nesta análise, foram considerados os cenários alternativos da lista curta apresentada nos itens anteriores (A, B, C e D), assumindo-se a alternativa A como cenário base contrafactual para efeitos de comparação com os demais cenários, e em especial ao cenário D, cuja análise qualitativa despertou maior interesse. A estimativa dos custos do projeto é o ponto de partida da ACB, partindo-se da identificação de custos financeiros (investimentos, custos operacionais e de manutenção) com base em projetos técnicos para conversão em custos econômicos.



Nesta etapa, foi possível estimar os custos totais de investimento, seu volume e sua repartição ao longo dos anos (escalonamento). Os investimentos iniciais, também chamados **CAPEX** (*capital expenditure*: despesas de capital ligadas a investimentos em melhorias e ampliações de capacidade), inclui os custos de capital de todos os ativos fixos (ex. construções e equipamentos etc.) e ativos não-fixos (ex.: estudos de engenharia, supervisão da construção, compensação ambiental, etc.). A Tabela 39 apresenta os custos totais de investimentos incrementais para os 4 cenários considerados em seus valores nominais e sua conversão a preços sociais.

Tabela 39: CAPEX – Estimativa dos investimentos incrementais iniciais para os cenários alternativos

Investimentos Incrementais	Unidade	A	B	C	D
Valor Total Nominal	R\$	0	44.190.000	74.920.000	130.650.000
Valor Total Social	R\$	0	41.830.827	71.486.746	125.672.628
Escalonamento do investimento inicial	%	0	20% - Ano 1 80% - Ano 2	20% - Ano 1 40% - Ano 2 40% - Ano 3	20% - Ano 1 30% - Ano 2 30% - Ano 3 20% - Ano 4

A Tabela 40 apresenta a desagregação dos custos de investimentos para o cenário alternativo escolhido (D), com aplicação de fatores de conversão para cálculo dos valores a preços sociais. Para a estimativa da compensação ambiental foi assumido o valor de 0,5% do valor de investimento do projeto, conforme opções dispostas no Guia ACB (Brasil, 2021).

Tabela 40: Estimativa do valor social do CAPEX para o Cenário D

	Categoria de custo (CAPEX)	Desagregação (Conforme NT)	Valor total nominal (D)	Desagregação %	Fator de Conversão	FC Ponderados	Valor Total Social (D)
1	Estudos de engenharia, projeto executivo e acompanhamento	Subtotal 1	2.000.000	100%		96,15%	1.923.000
		Serviços de arquitetura e engenharia	1.000.000	50%	0,957	47,85%	
		Serviços especializados para construção	1.000.000	50%	0,966	48,30%	
2	Obras Civas (CONSTRUÇÃO DA ESTAÇÃO)	Subtotal 2	23.000.000	100%		88,51%	20.357.530
		Obras de Infraestrutura	11.500.000	50%	0,947	47,35%	
		Pavimentação e área Mão-de-Obra de menor qualificação	9.200.000 2.300.000	40% 10%	0,840 0,75610	33,60% 7,56%	
3	Equipamentos e parte elétrica	Subtotal 3	3.800.000	100%		96,82%	3.679.221
		Máquinas, aparelhos e materiais elétricos Outras máquinas e equipamentos mecânicos	3.040.000 760.000	80% 20%	0,982 0,913	78,56% 18,26%	
4	ANTENAS	Subtotal 4	100.000.000	100%		98,12%	98.119.855
		Serviços especializados para construção	4.000.000	4%	0,989	3,96%	
		Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	93.000.000	93%	0,982	91,36%	
		Frete (Atividades financeiras, de seguros e outros)	1.000.000	1%	0,910	0,91%	
		Manutenção, reparação e instalação de máquinas Componentes eletrônicos	1.000.000 1.000.000	1% 1%	0,965 0,932	0,97% 0,93%	
5	Equipamentos e material permanente	Subtotal 5	200.000	100%		85,27%	170.542
		Máquinas e equipamentos para escritório	140.000	70%	0,8403	58,82%	
		Móveis e utensílios	20.000	10%	0,8947	8,95%	
		Eletrodomésticos	40.000	20%	0,8750	17,50%	
6	Equipamentos de TIC	Subtotal 6	850.000	100%		83,16%	706.878
		Material eletrônico e equip. de comunicações	680.000	80%	0,84	67,20%	
		Mão-de-Obra de maior qualificação Máquinas para escritório e equip. de informática	85.000 85.000	10% 10%	0,75587 0,84034	7,56% 8,40%	
7	Veículos de apoio	Subtotal 7	150.000	100%	0,9090	90,90%	136.350
8	Comp. ambientais	Subtotal 8	650.000	100%	0,8912	89,12%	579.251
	<b>TOTAL</b>		<b>130.650.000</b>			<b>96,19%</b>	<b>125.672.628</b>

Os fatores de conversão ponderados resultam da aplicação dos fatores de conversão (FC)<sup>74</sup> setoriais aos respectivos itens de custos desagregados (IPEA, 2021a). Os FC são utilizados para

<sup>74</sup> Fontes dos Fatores de Conversão: Catálogo de Parâmetros para Avaliação de Projetos de Investimento em Infraestrutura, em desenvolvimento pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), observando diretrizes estabelecidas pela em uma parceria entre a Secretaria de Desenvolvimento da Infraestrutura da Secretaria Especial de Produtividade, Emprego e Competitividade do Ministério da Economia.



facilitar a conversão de preços de mercado para preços sociais, corrigindo a incidência média de impostos e subsídios indiretos, bem como distorções presentes nos mercados de fatores primários; não apenas na produção do item em si, como também distorções acumuladas ao longo da cadeia produtiva do respectivo setor (Brasil, 2021). A finalidade da decomposição dos itens de custo é facilitar a aplicação de fatores de conversão setoriais, quando for o caso, e, principalmente, computar o custo de oportunidade do fator trabalho no projeto, dado pelo preço sombra da mão de obra (IPEA., 2021b).

Além do CAPEX de investimento, foi incluído diretamente no fluxo de caixa o CAPEX de manutenção, ou seja, os custos do ciclo de vida ou de reposição de maquinários e equipamentos de menor vida útil, no valor de R\$ 2.050 mil anuais, conforme dados de entrada (Tabela 37) apresentado anteriormente. Contudo, no fluxo de desembolso comparativo eles se anulam uma vez que são considerados tanto no cenário base quanto no cenário alternativo, porém são balanceados nos períodos de execução física e de implementação dos cenários B, C e D.

Na Tabela 41, apresenta-se o valores totais de custos operacionais (**OPEX – operational expenditures**) para os 4 cenários e, na Tabela 42, detalhamos as estimativas dos custos incrementais ( $\Delta$ ) para a alternativa escolhida (D) a partir do valor nominal dos custos operacionais no cenário base (A), convertidos ao valor social. Destaque foi dado ao custo da imagem transmitida pelo satélite em função da sua acentuada participação no OPEX Total, permitindo a sua inclusão no fluxo de caixa em linha separada para análise de sensibilidade complementares.

Tabela 41: OPEX – Estimativa dos custos operacionais anuais para os cenários alternativos

Custos Operacionais	Unidade	A	B	C	D
Valor Total Nominal	R\$	155.805.213	205.584.233	254.743.041	352.750.552
Valor Total Social	R\$	147.122.741	194.405.400	241.094.861	334.177.184

Tabela 42: Estimativa de custos operacionais a custo de fatores – OPEX

	Categoria de custo (OPEX)	Desagregação (Conforme NT)	Valor total nominal (A)	Valor total nominal (D)	FC Ponderado	Valor Total Social (A)	Valor Total Social (D)	Δ Social (D-A)
1	Pessoal (com e sem vínculo)	Subtotal 1	8.692.213	14.487.022	0,74	6.470.772	10.784.620	4.313.848
		Mão-de-Obra de maior qualificação	7.301.459	12.169.098	0,63	5.445.647	9.076.079	3.630.431
		Mão-de-Obra de menor qualificação	1.390.754	2.317.923	0,12	1.025.125	1.708.541	683.417
2	Serviços TÉCNICOS de terceiros - pessoa jurídica (Incluindo Telemetria de satélites, desenvolvimento de sistemas e outros serviços técnicos)	Subtotal 2	2.984.000	4.476.000	0,96	2.852.634	4.278.951	1.426.317
		Atividades científicas, profissionais e técnicas	1.521.840	2.282.760	0,49	1.454.879	2.182.319	727.440
		Atividades administrativas e serviços complementares	805.680	1.208.520	0,26	762.173	1.143.260	381.087
		Desenvolvimento de sistemas e outros serviços de informação	596.800	895.200	0,19	579.493	869.239	289.746
		Outros serviços técnicos	59.680	89.520	0,02	56.089	84.133	28.044
3	Custos de locomoção	Subtotal 3	326.000	358.600	1,00	324.402	356.842	32.440
		Diárias	159.740	175.714	0,49	159.740	175.714	15.974
		Passagens	143.440	157.784	0,44	143.440	157.784	14.344
		Armazenamento e serviços auxiliares aos transportes	16.300	17.930	0,05	16.123	17.736	1.612
		Gasolina álcool	6.520	7.172	0,02	5.099	5.608	510
		Subtotal 4	10.000	11.000	0,85	8.454	9.300	845
4	Material de Consumo (escritório e TI e outros)	Produtos de indústrias diversas	4.000	4.400	0,33	3.327	3.660	333
		Material eletrônico e equip. de comunicações	5.000	5.500	0,42	4.211	4.632	421
		Papel, papelão, embalagens e artefatos de papel	1.000	1.100	0,09	917	1.009	92
5	Insumos básicos (provimento de outros serviços de terceiros)	Subtotal 5	100.000	110.000	0,91	90.663	99.729	9.066
		Telecomunicações, TV por assinatura e outros serv. Relacionados	20.000	22.000	0,18	17.579	19.337	1.758
		Serviços de vigilância, segurança e investigação	40.000	44.000	0,38	38.304	42.134	3.830
		Eletricidade, gás e utilidades	30.000	33.000	0,25	25.210	27.731	2.521
6	Manutenção e reparos	Água, esgoto, reciclagem e gestão de resíduos	10.000	11.000	0,10	9.570	10.527	957
		Subtotal 6	1.493.000	1.507.930	0,96	1.432.616	1.446.942	14.326
		Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equip.	149.300	150.793	0,10	144.008	145.448	1.440
7	Custo de imagem transmitida por satélite	Manutenção de computadores, telefones e objetos domésticos	1.343.700	1.357.137	0,86	1.288.608	1.301.494	12.886
		Subtotal 7	142.200.000	331.800.000	0,96	135.943.200	317.200.800	181.257.600
SUBTOTAL OPEX (Custo de operações e manutenção)			13.605.213	20.950.552		11.179.541	16.976.384	5.796.843
OPEX TOTAL (OPERACIONAL + PROVIMENTO IMAGEM)			155.805.213	352.750.552		147.123.171	334.177.184	187.054.443

Na sequência, obtêm-se as estimativas de benefícios (**BENEX – Benefícios diretos e Externalidades**) que é um dos maiores desafios da ACB. O benefício socioeconômico consiste no excedente social, monetário ou monetizável, contabilizado a partir de efeitos positivos diretos, indiretos e externalidades positivas de um projeto. Os benefícios diretos estão relacionados ao efetivo uso dos bens e serviços prestados pelo projeto, enquanto os impactos que não ocorrem em transações diretas entre o ofertante e os usuários dos serviços do projeto, mas recaem sobre terceiros, normalmente sem a devida compensação, são denominados externalidades. De outra forma, uma externalidade é um custo ou benefício que extravasa do projeto para partes externas (Brasil, 2021).

De acordo com o Guia ACB (Brasil, 2021), a abordagem mais comum para obter estimativas dos benefícios é a mensuração direta de variações de bem-estar, pelo conceito de Disposição a Pagar (DAP), em aplicações específicas. Esse conceito é aplicado tanto para a valoração de benefícios diretos, i.e., auferidos como objetivo primário do projeto, quanto para a valoração de externalidades. Alternativamente, outras proxies para DAP podem ser utilizadas. Uma prática bem aceita é calcular os custos evitados pelos usuários para consumir o mesmo bem ou serviço

de uma fonte alternativa. Para a valoração de determinados produtos, quando a abordagem DAP não é factível ou relevante, pode-se utilizar como padrão o critério do custo marginal de longo prazo (CMLP). Na prática, a análise econômica dos benefícios diretos do projeto é realizada em substituição às receitas financeiras, na forma de cobrança de tarifas de serviço, pelas estimativas de DAP pelos bens e serviços fornecidos pelo projeto, subtraídos de variações nos custos de produção.

Os principais benefícios diretos e externalidades positivas gerados pelo projeto são listados a seguir:

- ❖ Qualificação de Mão de Obra: nas áreas de Engenharia Espacial e Sensoriamento Remoto, são titulados em média 63 mestres e doutores, ano a ano, no INPE. O prêmio que estes profissionais agregam aos seus salários (salário incremental) é um benefício entregue à sociedade ao longo de suas carreiras (Sartori *et al.*, 2020).
- ❖ Produção Intelectual e Técnica: valor social estimado com base no “Custo de Produção Marginal” referente à razão entre o tempo gasto por pesquisador (30% do salário) pela produção média anual de publicações técnicas e científicas por pesquisador na área de sensoriamento remoto e engenharia espacial (Sartori *et al.*, 2020).
- ❖ Parcerias internacionais para missões espaciais: trata-se de alocação de serviço das antenas para rastreamento de satélites de terceiros. Nesta análise, aplicou-se o valor empírico de US\$ 70 mil dólares por serviço oferecido.
- ❖ Imagens Geradas: as imagens recebidas dos satélites são processadas pela equipe da estação para atender as solicitações dos usuários. O benefício social é o Custo Evitado tendo como referência pesquisas da Disposição a Pagar - DAP dos usuários diretos das novas imagens geradas em atendimento às solicitações, conforme informado nos dados de entrada.
- ❖ Imagens Distribuídas (*downloaded*): as imagens geradas vão formando um acervo que permite aos usuários baixá-las a qualquer momento. A estimativa também se dá pelo Custo Evitado, agora com base no rateio do custo de transmissão da imagem pela quantidade de imagens distribuídas (downloads do acervo), conforme informado nos dados de entrada.
- ❖ *Spillovers*: usuários destas imagens disponibilizadas ao domínio público sem qualquer forma de proteção de propriedade intelectual se beneficiam do conhecimento e desdobramentos distribuídos sem cobrança. “*Spillovers* em P&D” ou, simplesmente, “*spillovers* do conhecimento” são normalmente definidos como externalidades, sendo que poucos agentes conseguem se apropriar de todos os benefícios de suas próprias atividades em P&D (Dummond *et al.*, 2000; Grossman and Helpman, 1992).

Negócios que tem a oportunidade de assimilar novos conhecimentos que se alastram como externalidades das infraestruturas de P&D podem usá-los para produzir novos avanços tecnológicos e aumentar a performance de vendas e competitividade. “*Spillovers* de conhecimento” se assemelham à transferência de conhecimento, no entanto, não é igual porque não envolve pagamento e não gera rivalidades entre os utilizadores desse conhecimento que se encontra fluindo no ambiente de negócios (Andrade & Diniz, 2020). *Spillover* pode ser valorado como o Lucro Sombra incremental esperado (Sartori *et al.*, 2020). Nesta análise, utilizou-se dados da pesquisa realizada pelo INPE que identificou o

aumento do faturamento anual médio realizado por usuários diretos (Silva & Epiphanyo, 2008).

- ❖ *Spin off e startups*<sup>75</sup>: O estabelecimento de *spin-offs* e *startups* pode ser intencional ou um efeito colateral de infraestruturas de P&D. *Spin-offs* e *startups* desenvolvem e levam ao mercado novos produtos e serviços originados do conhecimento inicial transferido por suas matrizes. Se a infraestrutura de P&D contribui para o aumento do número absoluto de *spin-offs* e *startups* numa determinada região, o benefício socioeconômico pode ser valorado como o lucro sombra esperado obtido durante o ciclo de vida dos negócios comparado com a situação contrafactual (Sartori *et al.*, 2020). Nesta análise, indica-se este item apenas como uma externalidade qualitativa uma vez que não foram encontrados dados disponíveis para se proceder a valoração.

Na Tabela 43, apresenta-se o valores totais de benefícios e externalidades positivas (**BENEX – benefícios diretos e externalidades**) para os 4 cenários e, na Tabela 44, detalha-se as estimativas dos benefícios diretos incrementais ( $\Delta$ ) para a alternativa escolhida (D) a partir do valor nominal dos benefícios no cenário base (A), convertidos ao valor social, seguida pela Tabela 45 detalhando as externalidades da mesma maneira.

Observa-se que a Tabela 44 apresenta o valor incremental ( $\Delta$ Social) anual referente à qualificação de mão-de-obra (13 novos titulados ao ano), mas como o benefício é percebido ao longo de toda a carreira do profissional, no fluxo de caixa considera-se o acúmulo dos titulados no ano anterior mais os novos titulados do respectivo ano. Nos anos iniciais do fluxo o número de novos titulados ao ano também é compatibilizado com o escalonamento dos investimentos iniciais, aumentando pouco a pouco até atingir a variação correspondente.

Tabela 43: BENEX – Benefícios diretos e externalidades positivas

Benefícios Diretos + Externalidades	Unidade	A	B	C	D
Valor Total Nominal	R\$/ano	272.734.203	336.696.920	400.659.427	528.287.925
Valor Total Social	R\$/ano	264.623.577	326.262.677	387.901.569	510.871.514

<sup>75</sup> *Spin-off* nasce a partir de uma entidade já existente desdobrando-se em duas ou mais unidades separadas. *Start-ups* são novas entidades criadas a partir da influência de uma empresa ou instituição de pesquisa pré-existente.

Tabela 44: Estimativa de Benefícios Diretos a custo de fatores

	Benefícios Diretos	Unidade	Quantidade Anual (A)	Quantidade Anual (D)	Custo Unitário (R\$)	Valor Nominal Anual (R\$) - A	Valor Nominal Anual (R\$) - (D)	FC	Valor Total Social (A)	Valor Total Social (D)	Δ Social (D-A)
1	Qualificação de mão de obra (Capital Humano)	Titulados/Ano	63	76	70.565	4.445.577	5.362.918	0,75	3.315.645	3.999.825	684.181
2	Produção Intelectual e Técnica - PIT	PIT/Ano	285	361	8.337	2.376.000	3.009.600	0,96	2.271.456	2.877.178	605.722
3	Parcerias Internacionais para missões espaciais (Alocação de antena para rasteiro de 3 <sup>as</sup> )	Missões Alocadas / Antena	5	8	367.500	1.837.500	2.940.000	0,98	1.804.425	2.887.080	1.082.655
4	Imagens geradas (recepção e processamento na estação)	Imagens Geradas/Ano	180.000	420.000	850	153.000.000	357.000.000	0,96	146.268.000	341.292.000	195.024.000
5	Imagens Distribuídas (acervo de imagens processadas)	Downloads/Ano	398.770	544.617	210	83.575.125	114.142.071	0,99	83.491.549	114.027.929	30.536.379
SUBTOTAL BENEX 1 - Benefícios Diretos SEM Qualificação de Mão de Obra						240.788.625	477.091.671		233.835.430	461.084.186	227.248.756
SUBTOTAL BENEX 2 - Benefícios Diretos COM QMO						245.234.202	482.454.589		237.151.075	465.084.012	227.932.937

Tabela 45: Estimativas de Externalidades positivas a custo de fatores

	Externalidades positivas	Unidade	Quantidade (A)	Quantidade (D)	Custo Unitário (R\$)	Valor Nominal Anual (A)	Valor Nominal Anual (D)	FC	Valor Total Social (A)	Valor Total Social (D)	Δ Social (D-A)
1	<b>SPILLOVERS</b> - Desdobramentos do conhecimento e aplicações em P&D&I em produtos e serviços tecnológicos.	<b>Valor Agregado ao Faturamento por usuários respondentes</b>	422	703	65.165,88	27.500.001	45.833.336	0,99	27.472.501	45.787.502	18.315.001
2	<b>SPIN Off</b> - Novos negócios (startups)	+	+	+	+	+	+		+	+	+
SUBTOTAL BENEX 3 - EXTERNALIDADES POSITIVAS						27.500.001	45.833.336		27.472.501	45.787.502	18.315.001

Quanto aos valores mais expressivos dos custos evitados com imagens geradas e distribuídas (itens 4 e 5), a literatura pesquisada indica valores bastantes superiores. Uma pesquisa de usuários de imagens do Landsat (*downloaders*) identificou um benefício total de US\$ 1,8 bilhões para 2,38 milhões de imagens (Loomis *et al.*, 2015). Ou seja, uma DAP média de US\$ 756/imagem entre usuários americanos. O estudo demonstrou que a cobrança de US\$ 100/imagem seria economicamente ineficiente, resultando em uma perda de US\$ 37,5 milhões ao ano (R\$ 195 milhões a.a.). Em 2011, os usuários registrados no *U.S. Geological Survey from Landsat imagery* distribuídas pelo *Earth Resource Observation and Science (EROS) Center*, 3 mil usuários americanos e 8 mil usuários internacionais, apontaram um benefício econômico agregado de US\$2,19 bilhões ao ano por 2,92 milhões de imagens, sem contar o reuso de imagens depois de sua obtenção pelo EROS ou pelo uso de produtos de valor agregado baseado em imagens do Landsat (USGS, 2013).

Outro levantamento do *National Geospatial Advisory Committee – NGAC, em 2013*, identificou um custo evitado em 16 setores de aplicações de imagens de satélite entre US\$ 350 a 436 milhões (NGAC, 2014). Dentre estas aplicações setoriais, como exemplo, destaca-se que a agência de gestão de riscos do departamento de agricultura americano (USDA-RDA) expedia cerca de 1,2 milhões de apólices resultando num prêmio acima de US\$ 6 bilhões ao ano, sendo 20% das apólices sob áreas de inundação. Com evidências das imagens do Landsat, a RMA desenvolveu um programa para mapeamento mais detalhado das taxas de inundação aproximando-se mais do risco real de danos por inundação, reduzindo o custo de premiação e ganhando eficiência econômica acima US\$ 100 milhões ao ano.

Adicionalmente, Jabbour (2019) buscou valorar a informação geoespacial proporcionada pela plataforma GEOSUD-SID, utilizando uma forma direta de computar os benefícios econômicos totais de imagens de satélite de alta resolução (HR) ao multiplicar o número total de imagens HR disponíveis, pelo valor médio global de DAP por imagem (€ 1696), o que resultaria em € 12,7 milhões percebidos apenas por usuários diretos (6.363) a um custo nulo de imagens. O projeto GEOSUD foi desenvolvido para financiar a extensão do Centro de Sensoriamento Remoto em Montpellier com uma infraestrutura de dados espaciais (SDI) para recepção de dados do satélite SPOT 6\_7 e um portal web para acesso a imagens e serviços associados. O estudo demonstrou que este preço contaria com 43% de aceitação e 57% de usuários deixando de adquirir as imagens. Note-se que as imagens HR diferem enormemente das imagens do Landsat em termos de precisão, cobertura, resolução, etc.

Em pesquisa mercadológica sobre aplicações do CBERS realizado por Silva & Epiphanyo (2008), obteve-se uma estimativa média de economia anual (Custo Evitado) com imagens do CBERS de R\$ 126,8 milhões, considerando um DAP de 1000 reais. Até a época da pesquisa, acumulavam-se 380 imagens do CBERS entregues a 15.007 usuários acumuladas. Com uma amostra efetiva de 3471 usuários participantes, constatou-se a geração de mais mil empregos e uma declaração de aumento de faturamento médio das empresas em mais de R\$ 27,5 milhões, com 422 respondentes, estimou-se o faturamento médio anual de R\$ 65.165,88 que consta como custo unitário na Tabela 45 (item 1).

Ainda vale fazer uma distinção entre os impactos do uso de imagens de satélite que poderia ser revelado através do número de vidas salvas, tempo economizado, redução de incertezas, etc. ou, como realizado nesta análise, medindo quantitativamente o valor das imagens, estimando o valor que os usuários extraem diretamente dos dados (Liew, 2007). Portanto, considera-se que os valores adotados nesta análise foram razoavelmente comedidos a fim de evitar um viés de otimismo (*optimism bias*) comum nas análises de investimento em infraestruturas (Guia ACB, Brasil, 2021).

### **Fluxo de Caixa Comparativo**

A partir dos requisitos informacionais básicos identificados anteriormente, foi possível montar os fluxos de caixa comparativo do cenário base contrafactual e dos cenários alternativos, reunindo o valor monetário de todos os efeitos positivos (benefícios) e negativos (custos) sobre o bem-estar decorrentes da intervenção, para obter o fluxo de caixa comparado (incremental) e indicadores de viabilidade na análise custo-benefício, tais como o Valor Social Presente Líquido Comparativo ( $\Delta VSPL$ ) e a Taxa de Retorno Econômica (TRE), que permitem a comparabilidade e a priorização entre projetos concorrentes ou entre alternativas para o mesmo projeto.

Os fluxos de caixa foram estruturados para um horizonte temporal de 30 anos, incluindo-se ao final um valor residual. O valor residual reflete a capacidade potencial remanescente de serviço

dos ativos fixos atuais, cuja vida econômica ainda não se exauriu completamente. Esse valor tende a ser zero ou desprezível se o horizonte de análise utilizado corresponder exatamente ao tempo de vida econômica do ativo (Guia ACB, Brasil, 2021). Neste caso, o valor foi calculado pela perpetuidade dos benefícios (ou custos) econômicos líquidos por possuir vida útil com prazo indeterminado. Considerando a manutenção adequada do projeto, o resultado deve ser computado no último ano do período de análise, sendo que o valor social presente da perpetuidade do benefício (ou custo) líquido pode ser obtido pela fórmula BL/TSD, onde BL é o benefício (ou custo) líquido e TSD é a taxa social de desconto<sup>76</sup>. Atualmente, a TSD para o Brasil é de 8,5% (Guia ACB, Brasil, 2021).

Na Tabela 46, apresenta-se os valores correspondentes de Valor Social Presente Líquido (VSPL) para cada elemento do fluxo de caixa e o resultado total para cada cenário. O VSPL resulta da diferença entre o total de benefícios e custos sociais, a custo de fatores, de um único cenário (alternativo ou base), trazido a valor presente pela Taxa Social de Desconto. E, a Tabela 47 apresenta o Valor Social Presente Líquido Comparativo ( $\Delta$ VSPL) que resulta da diferença entre o VSPL do cenário alternativo e base.

A estimativa de viabilidade socioeconômica verifica a contribuição líquida do projeto para o bem-estar da sociedade. Todos os cenários alternativos apresentaram  $\Delta$ VSPL > 0 sendo considerados socialmente viáveis quando o  $\Delta$ VSPL > 0 a uma TSD de 8,5%. A alternativa D apresenta resultados mais vantajosos.

Tabela 46: Resumo dos cenários: VSPL total, descontado a uma TSD = 8,5%, num horizonte temporal de 30 anos.

Item Avaliado	Custo Cenário Base - A (VSPL)	Custo Cenário B (VSPL)	Custo Cenário C (VSPL)	Custo Cenário D (preferido) (VSPL)
CAPEX (R\$)	-R\$ 22.077.585	-R\$ 52.037.678	-R\$ 72.417.191	-R\$ 110.676.603
OPEX (R\$)	-R\$ 120.398.666	-R\$ 137.246.826	-R\$ 148.127.869	-R\$ 167.381.029
Custo da imagem transmitida por satélite	-R\$ 1.464.047.564	-R\$ 1.851.935.687	-R\$ 2.215.714.902	-R\$ 2.933.107.595
Destques Benefícios Diretos: <b>QMO</b>	R\$ 411.898.083	R\$ 427.091.512	R\$ 441.221.962	R\$ 473.796.816
Benefícios Diretos ( <b>sem QMO</b> )	R\$ 2.518.303.176	R\$ 3.005.384.311	R\$ 3.462.189.532	R\$ 4.360.113.200
Externalidades positivas ( <i>spillovers</i> e outros)	R\$ 295.866.573	R\$ 335.060.357	R\$ 371.818.080	R\$ 444.306.339
<b>Total (R\$)</b>	<b>R\$ 1.619.544.018</b>	<b>R\$ 1.726.315.990</b>	<b>R\$ 1.838.969.613</b>	<b>R\$ 2.067.051.129</b>

Tabela 47: Resumo dos cenários: VSPL incremental, descontado a uma TSD=8,5%, num horizonte temporal de 30 anos.

Item Avaliado	Varição VSPL ( $\Delta$ ) Cenário A-A	Varição VSPL ( $\Delta$ ) Cenário B-A	Varição VSPL ( $\Delta$ ) Cenário C-A	Varição VSPL ( $\Delta$ ) Cenário D-A
CAPEX (R\$)	---	- 29.960.093	- 50.339.607	- 88.599.018
OPEX (R\$)	---	- 16.848.160	- 27.729.203	- 46.982.363
Custo da imagem transmitida por satélite	---	- 387.888.123	- 751.667.338	- 1.469.060.031
Destques Benefícios Diretos: <b>QMO</b>	---	15.193.429	29.323.879	61.898.733
Benefícios Diretos ( <b>sem QMO</b> )	---	487.081.135	943.886.356	1.841.810.023
Externalidades positivas ( <i>spillovers</i> e outros)	---	39.193.785	75.951.508	148.439.766
<b>Total (R\$)</b>	<b>R\$ 0</b>	<b>106.771.972</b>	<b>219.425.595</b>	<b>447.507.111</b>

<sup>76</sup> Taxa Social de Desconto (TSD): fator de desconto utilizado na avaliação social de projetos que reflete a percepção da sociedade sobre como benefícios e custos futuros devem ser valorados em relação ao presente (análoga ao Custo Médio Ponderado do Capital CMPC, mas utilizada em análises socioeconômicas) – Guia ACB (Brasil, 2021).

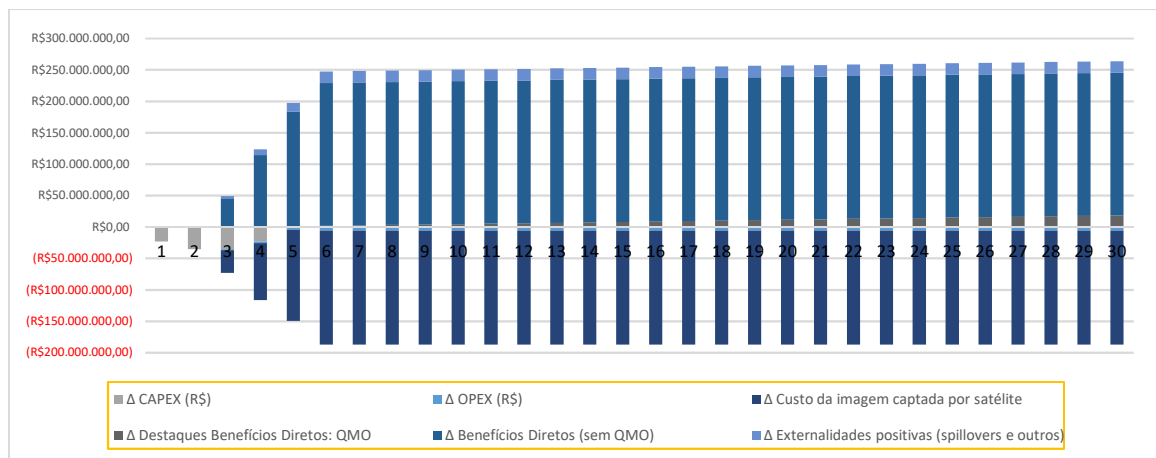
Novamente, destaca-se o  $\Delta$ VSPL para o cenário D, em relação a A, como sendo a opção mais atrativa. Na Tabela 48, apresenta-se o FCL Comparativo resumido para demonstrar o escalonamento dos investimentos no primeiro e a progressão dos custos e benefícios.

Na sequência, a Figura 42 ilustra os componentes de entradas (valores positivos) e saídas (valores negativos) do FCL Comparativo (Cenário D-A) ao longo do horizonte temporal, excluído o valor residual de perpetuidade apenas por uma questão de proporção gráfica.

Tabela 48: Fluxo de Caixa Líquido Comparativo – Cenário (D – A) - Resumido

Comparação	2.022	2.023	2.024	2.025	2.026	2.027	..	2.051	Valor Residual
Ano	1	2	3	4	5	6	..	30	Perpetuidade
$\Delta$ CAPEX (R\$)	23.084.526	35.651.788	35.651.788	-23.084.526	0	0	..	0	0
$\Delta$ OPEX (R\$)	0	0	-1.159.369	-2.898.421	-4.637.474	-5.796.843	..	-5.796.843	-68.198.153
$\Delta$ Custo da imagem transmitida por satélite	0	0	36.251.520	-90.628.800	145.006.080	181.257.600	..	181.257.600	2.132.442.353
$\Delta$ Destaques Benefícios Diretos: QMO	0	0	136.836	478.926	1.026.271	1.710.452	..	18.130.787	213.303.382
$\Delta$ Benefícios Diretos (sem QMO)	0	0	45.449.751	113.624.378	181.799.005	227.248.756	..	227.248.756	2.673.514.777
$\Delta$ Externalidades positivas (spillovers e outros)	0	0	3.663.000	9.157.500	14.652.001	18.315.001	..	18.315.001	215.470.599
Total (R\$)	23.084.526	35.651.788	23.813.090	6.649.058	47.833.722	60.219.766	..	76.640.101	901.648.252
VSPL Acumulado (descontado)	21.276.060	51.560.661	70.204.121	-65.406.332	-33.594.734	3.316.676	..	381.241.910	

Figura 42: Componentes do Fluxo de Caixa Comparativo (D-A).



A Tabela 49 compara os principais indicadores socioeconômicos obtidos para os cenários alternativos B, C e D em relação ao cenário contrafactual (A). Os indicadores socioeconômicos devem ser calculados apenas para o cenário comparativo, pois os custos e benefícios econômicos líquidos resultantes do projeto surgirão apenas a partir desse cenário (Guia ACB, Brasil, 2021). Os indicadores apresentados denotam o seguinte:

- Valor Social Presente Líquido Comparativo ( $\Delta$ VSPL): a diferença entre VSPL do cenário alternativo e base, descontados a uma TSD, indica a viabilidade socioeconômica quando VSPL > 0.
- Taxa de Retorno Econômica (TRE): a taxa de desconto que resulta em um valor igual a zero para o  $\Delta$ VSPL, corresponde ao retorno socioeconômico do projeto indicando viabilidade socioeconômica se TRE > TSD.;



- Índice Benefício-Custo (B/C): é dado pelo quociente entre os valores presentes de benefícios e custos econômicos, ou seja, é benefício do projeto por unidade de custo total, sendo favorável quando  $B/C > 1$ .
- Valor Anual Equivalente (VAE): valor que, se recebido anualmente pela vida útil do projeto, teria o mesmo  $\Delta VSPL$  que o próprio projeto. Diz-se que o projeto associado ao fluxo de caixa é socioeconomicamente viável quando  $VAE > 0$ .
- Período de Retorno Econômico (PRE): O projeto é viável socioeconomicamente se  $PRE < n$ , sendo  $n$  o número de períodos considerados no horizonte temporal.

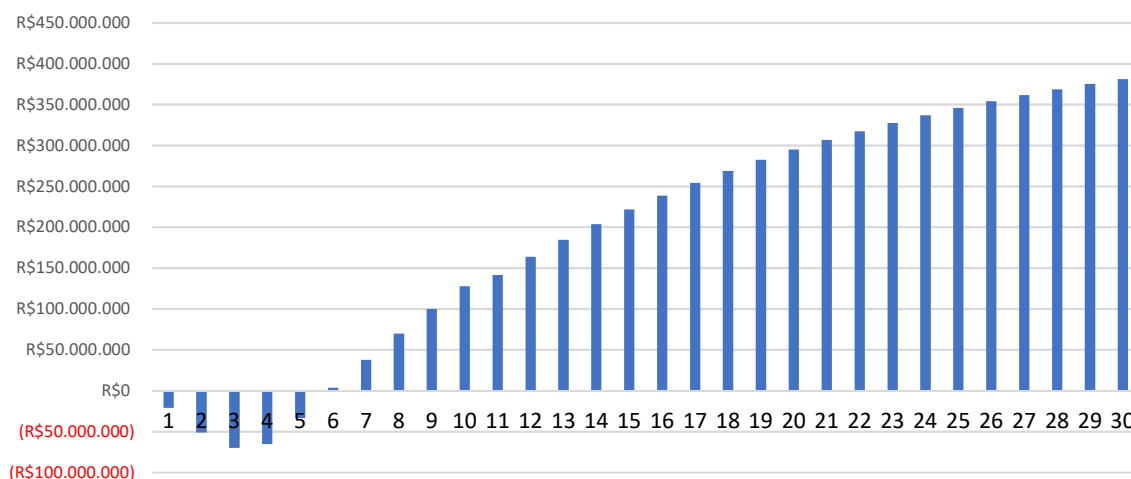
Tabela 49: Comparação dos Indicadores

CENÁRIOS	A	B	C	D
Escalonamento do Investimento Inicial	0%	20% - Ano 1 80% - Ano 2	20% - Ano 1 40% - Ano 2 40% - Ano 3	20% - Ano 1 30% - Ano 2 30% - Ano 3 20% - Ano 4
Valor Social Presente Líquido (VSPL)	---	106.771.972	219.425.595	447.507.111
Taxa de Retorno Econômico (TRE)	---	31%	35%	38%
Índice Benefício-Custo (IBC)	---	1,25	1,26	1,28
Valor Anual Equivalente (VAE)	---	9.935.193	20.417.678	41.640.794
Período de Retorno de Investimento	---	7	6	6

Os resultados do Cenário D apresentados na Tabela 49, além de confirmar a viabilidade socioeconômica do projeto, são todos mais vantajosos em comparação aos resultados dos outros cenários, corroborando as análises prévias qualitativas.

Observa-se ainda que, embora o PRE seja o mesmo para o cenário C e D, no cenário D o CAPEX se distribui nos quatro primeiros anos iniciais, portanto o PRE acontece 2 anos após a conclusão dos investimentos iniciais. Já no cenário C o CAPEX vai até o terceiro ano, levando 3 anos para recuperação do investimento após sua conclusão. A Figura 43 apresenta o VSPL Acumulado do FCL Comparativo utilizado para o cálculo do PRE do cenário D.

Figura 43: VSPL Acumulado do FCL Comparativo (D-A) para ilustrar o Período de Retorno Econômico – PRE.



Por conseguinte, destaca-se o cenário D como alternativa analisada mais atrativa, apresentando todos os indicadores comparativamente mais satisfatórios.

## ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

A análise de sensibilidade testa o efeito das alterações de determinadas variáveis do projeto, mantendo-se as demais constantes, sobre os indicadores econômicos, em especial o  $\Delta$ VSPL, permitindo a identificação das variáveis “críticas” do projeto. As variáveis críticas são aquelas cujas variações, positivas ou negativas, têm impacto mais significativo na viabilidade socioeconômica (Guia ACB, Brasil, 2021). Como diretriz geral, recomenda-se considerar como “críticas” aquelas variáveis para as quais uma mudança de  $\pm 1\%$  do seu valor inicial ocasiona uma variação absoluta de mais que 1% no  $\Delta$ VSPL. Na Tabela 50, observa-se maior criticidade nos itens 3, 4 e 5, destacados em amarelo.

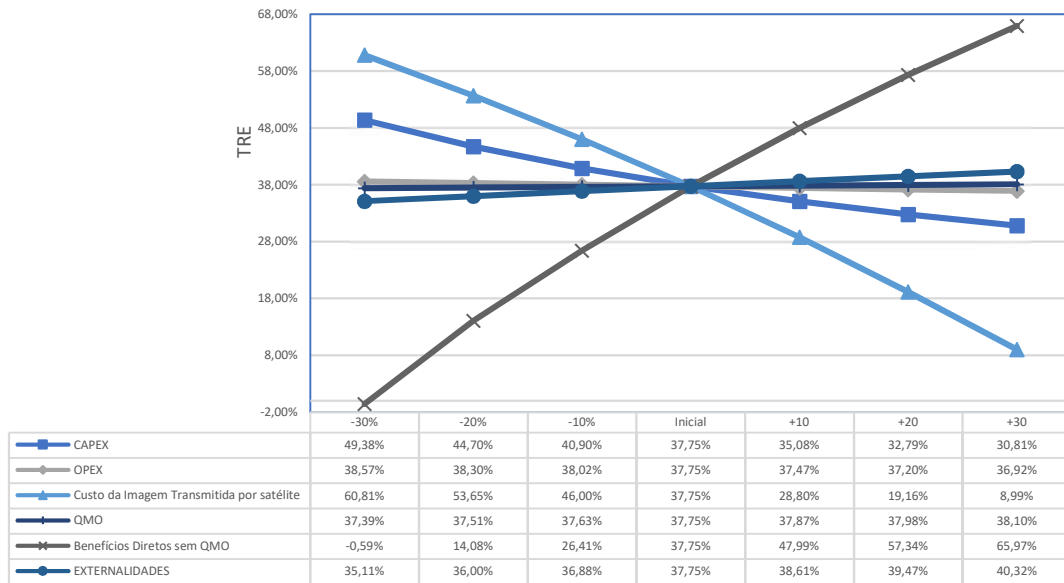
A Tabela 50 também apresenta os pontos de inflexão para evitar equívocos de interpretação. Esse é o valor que a variável analisada teria que atingir para que o  $\Delta$ VSPL do projeto igualasse a zero, ou seja, para que o sinal de viabilidade do projeto se invertesse (Guia ACB, Brasil, 2021). Novamente, os resultados apresentam limites estreitos para os itens 3 e 5, indicando a necessidade de se proceder mais testes para avaliar estas variáveis, baseando-se em combinações de valores factíveis.

Tabela 50: Análise dos pontos de inflexão e elasticidade no cenário D.

	Análise do Ponto de Inflexão		Análise de Elasticidade (variação de 1% sobre os itens de custo)		
	Item Avaliado	Ponto de Inflexão	VSPL resultante	Varição VSPL	Elasticidade (Criticidade $>1$ )
1	CAPEX (R\$)	404%	R\$ 446.400.345	-0,2%	-0,25
2	OPEX (R\$)	267%	R\$ 445.833.301	-0,4%	-0,37
3	Custo da imagem transmitida por satélite	15%	R\$ 418.176.035	-6,6%	-6,55
4	Destaques Benefícios Diretos: QMO	-94%	R\$ 452.245.080	1,1%	1,06
5	Benefícios Diretos (sem QMO)	-10%	R\$ 491.108.243	9,7%	9,74
6	Externalidades positivas ( <i>spillovers</i> e outros)	-101%	R\$ 451.950.175	0,993%	0,993

A Figura 44 mostra o resultado de alterações de cada componente do FCL Comparativo para testar o comportamento da TRE. Observa-se que os componentes mais sensíveis correspondem às retas mais inclinadas, neste caso o “Custo da Imagem Transmitida por Satélite” e os “Benefícios Diretos sem QMO”, este último apresentando um único valor desfavorável caso ocorra uma queda de 30% no seu valor incremental social. Essa queda poderia ocorrer tanto na quantidade de imagens geradas e distribuídas quanto nos custos unitários, além de outros. Embora a Tabela 50 também indique criticidade nos benefícios diretos referentes à qualificação de mão de obra (item 4), o mesmo não foi observado na Figura 44, apresentando uma reta pouco inclinada e efeitos na TRE pouco relevantes.

Figura 44: Sensibilidade da TRE sob variações de componentes do FCL Comparativo (D-A).



Para avaliar se há riscos demasiados nos limites impostos a estas variáveis críticas, realizou-se alterações de uma variável por vez, mantendo as demais constantes, e determinando o efeito daquela mudança sobre o  $\Delta$ VSPL e outros indicadores. Se o  $\Delta$ VSPL permanecer positivo mesmo nos cenários pessimistas, o risco do projeto pode ser avaliado como baixo.

A Tabela 51 apresenta o limite superior acima de 30% (R\$ 1027) para o custo da imagem transmitida e a Tabela 52 apresenta um limite inferior aproximado de - 28% (R\$ 612) para o valor da imagem gerada. Mas considerando que os testes foram feitos para cada variável isoladamente, estes limites são aceitáveis e manejáveis frente a outros possíveis ajustes compensatórios. A Tabela 53 apresenta valores bastante confortáveis frente às variações entre + ou - 30% do valor de imagens distribuídas, mas mesmo se este valor fosse zero, o projeto continuaria apresentando valores positivos de  $\Delta$ VSPL e TRE a 22%.

Alternativamente, testou-se a variação conjunta nos custos das imagens transmitidas e valores das imagens geradas e distribuídas. Nesta configuração, a Tabela 54 mostra que a variação de - 100% significaria que mesmo sem computar estes custos e benefícios específicos, ainda sim o projeto apresentaria viabilidade socioeconômica favorável, independentemente da DAP pelas imagens, as quais são distribuídas gratuitamente, e, portanto, o risco pode ser considerado baixo. A Tabela 54 também apresenta resultados atrativos caso o custo da imagem transmitida fosse de R\$ 1.580 e a imagem gerada e distribuída produzissem valores de DAP de R\$ 1.700 e R\$ 419, respectivamente. Todos são valores factíveis frente à ampla variação de preços identificada nos estudos mencionados previamente.

Tabela 51: Variação do Custo Unitário da Imagem Transmitida por satélite - Variação em dados de entrada

Variação %	-30%	-20%	-10%	Inicial	+10%	+20%	+30%
VSPL	R\$ 888.225.121	R\$ 741.319.118	R\$ 594.413.114	R\$ 447.507.111	R\$ 300.601.108	R\$ 153.695.105	R\$ 6.789.102
TRE	60,81%	53,65%	46,00%	37,75%	28,80%	19,16%	8,99%
IBC	1,76	1,57	1,41	1,28	1,17	1,08	1,00
VAE	R\$ 82.649.858	R\$ 68.980.170	R\$ 55.310.482	R\$ 41.640.794	R\$ 27.971.106	R\$ 14.301.418	R\$ 631.730

Tabela 52: Variação do Valor Unitário da Imagem Gerada - Variação em dados de entrada

Variação %	-30%	-28%	-20%	-10%	Inicial	+10%	+20%	+30%
VSPL	-R\$ 26.683.152	R\$ 4.929.533	R\$ 131.380.269	R\$ 289.443.690	R\$ 447.507.111	R\$ 605.570.532	R\$ 763.633.953	R\$ 921.697.375
TRE	6,51%	8,86%	17,65%	28,09%	37,75%	46,60%	54,77%	62,38%
IBC	0,98	1,00	1,08	1,18	1,28	1,38	1,48	1,57
VAE	-R\$ 2.482.883	R\$ 458.696	R\$ 12.225.010	R\$ 26.932.902	R\$ 41.640.794	R\$ 56.348.686	R\$ 71.056.579	R\$ 85.764.471

Tabela 53: Variação do Valor Unitário da Imagem Distribuída - Variação em dados de entrada

Variação %	-30%	-20%	-10%	Inicial	+10%	+20%	+30%
VSPL	R\$ 373.259.563	R\$ 398.008.746	R\$ 422.757.929	R\$ 447.507.111	R\$ 472.256.294	R\$ 497.005.477	R\$ 521.754.659
TRE	33,32%	34,81%	36,29%	37,75%	39,18%	40,60%	42,00%
IBC	1,23	1,25	1,26	1,28	1,29	1,31	1,33
VAE	R\$ 34.732.017	R\$ 37.034.943	R\$ 39.337.868	R\$ 41.640.794	R\$ 43.943.720	R\$ 46.246.646	R\$ 48.549.571

Tabela 54: Variação nos custos da imagem transmitida, gerada e distribuída - Variação em dados de entrada

Variação %	-100%	-50%	Inicial	50%	+100%
VSPL	R\$ 88.441.105	R\$ 267.974.108	R\$ 447.507.111	R\$ 627.040.114	R\$ 806.573.117
TRE	14,72%	26,71%	37,75%	47,75%	56,89%
IBC	1,65	1,31	1,28	1,27	1,26
VAE	R\$ 8.229.496	R\$ 24.935.145	R\$ 41.640.794	R\$ 58.346.443	R\$ 75.052.093

Na avaliação socioeconômica, a TSD representa o principal parâmetro da metodologia ACB por duas razões: primeiro, como um critério de investimento, já que a decisão de executar o projeto deve ser afirmativa somente se o seu retorno socioeconômico superar o custo de oportunidade dos recursos consumidos ( $TRE \geq TSD$ ); segundo, porque a longa maturidade de investimentos em infraestrutura faz com que seu  $\Delta VSPL$  seja bastante sensível à taxa de desconto (Guia ACB, Brasil, 2021). No entanto, como a TSD é fixa e pré-determinada e não se recomenda fazer a análise de sensibilidade do  $\Delta VSPL$  à variação de TSD, a qual para investimentos em infraestrutura no Brasil é de 8,5% real ao ano. Mesmo assim, como referência de apoio à análise de sensibilidade admite-se um estudo de comparação da TRE frente às de TSD admitidas.

Tabela 55: Referências de análise da TRE comparada à TSD

Definição formal	Valores vigentes	Indicação: O projeto é
$TRE > TSD_{max}$	$TRE > 11,44\%$	<b>viável:</b> requer análise padrão de sensibilidade e de riscos. (Análises mais profundas apenas em casos especiais)
$TSD < TRE < TSD_{max}$	$8,5\% < TRE < 11,44\%$	<b>a princípio, viável.</b> Requer avaliação probabilística de riscos (simulação, p.ex.) para dar mais robustez à decisão de implantação.
$TSD_{min} < TRE < TSD$	$5,71\% < TRE < 8,5\%$	<b>a princípio, inviável.</b> Mas pode ser reconsiderado, em caso de não haver alternativa melhor, se há efeitos distributivos importantes em prol de populações vulneráveis/prioritárias.
$TRE < TSD_{min}$	$TRE < 5,71\%$	<b>definitivamente inviável,</b> devendo ser descartado.

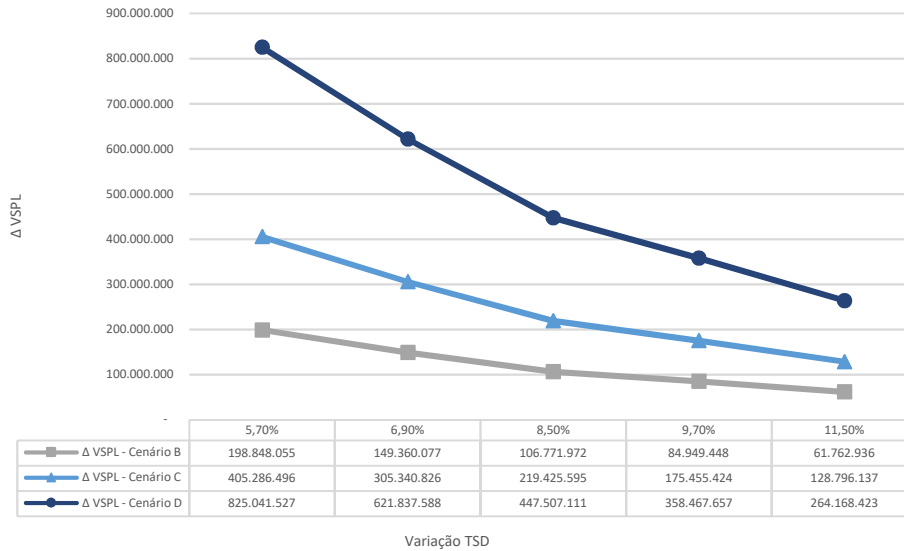
Tabela 56: Variação da TSD (i) - limites máximo, mínimo e quartis -  $\Delta$

TAXA SOCIAL DE DESCONTO (i)	5,70%	6,90%	8,50%	9,70%	11,50%
Valor Social Presente Líquido (VSPL)	R\$ 825.041.527	R\$ 621.837.588	R\$ 447.507.111	R\$ 358.467.657	R\$ 264.168.423
Taxa de Retorno Econômico (TRE)	37,76%	37,75%	37,75%	37,74%	37,74%
Índice Benefício-Custo (IBC)	1,31	1,30	1,28	1,26	1,25
Valor Anual Equivalente (VAE)	R\$ 58.027.072	R\$ 49.609.205	R\$ 41.640.794	R\$ 37.077.650	R\$ 31.585.059

Com base nas referências apresentadas na Tabela 55, pode se dizer o projeto é viável independente da TSD. Mas ainda vale observar que diferentes valores para a TSD podem levar a uma inversão de ordenamento entre alternativas de solução com distintos perfis temporais de benefícios, para uma mesma intervenção, ou então, levar a uma priorização distinta entre

projetos em uma carteira de investimento. Quando diferentes alternativas são consideradas, a classificação pelo  $\Delta$ VSPL (do maior para o menor) indica a melhor alternativa. Por fim, observa-se na Figura 45, que o Cenário D é de fato melhor que os Cenários B e C, pois apresenta  $\Delta$ VSPL superior, independentemente da TSD.

Figura 45: Análise de Sensibilidade do  $\Delta$  VSPL do FCL Comparativo sob variações da TSD.



## CONCLUSÕES

O projeto de expansão da capacidade de rastreamento e controle de satélites e recepção de imagens gera benefícios à sociedade e se demonstrou socioeconomicamente viável nos 3 cenários alternativos considerados. Contudo, o cenário alternativo B se desqualifica tecnicamente na análise qualitativa e o cenário alternativo C é quantitativamente menos atrativo do que o cenário D, restringindo o aproveitamento de oportunidades. Nesta análise, demonstrou-se a viabilidade socioeconômica do cenário alternativo D e suas vantagens em relação às outras opções. Portanto, recomenda-se a continuidade das atividades de suporte a este projeto na configuração do cenário D.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS



Este relatório apresenta o esforço resultante para a busca de integração dos diferentes planos de infraestrutura do governo federal. Com horizonte de 2021 a 2050, trata-se da primeira edição do Plano Integrado de Longo Prazo da Infraestrutura (PILPI), que deverá ter atualizações a cada dois anos, conforme o Decreto nº 10526/2020. Elaborado a partir dos planos setoriais vigentes, essa edição já busca cumprir os objetivos definidos no decreto.

O capítulo 2 apresentou as projeções de crescimento demográfico e econômico para o país, com abertura setorial e regional, que servem de base para a estimativa de demanda para os serviços de infraestrutura nos planos setoriais. Essas projeções atendem diretamente um dos objetivos do PILPI, o de harmonizar as premissas e os cenários de longo prazo utilizados como base para o planejamento dos setores de infraestrutura elaborado pelo Governo Federal.

Na sequência, o capítulo 3 apresentou a perspectiva de investimentos em cada setor de infraestrutura econômica, num horizonte de 30 anos. No Cenário Referência de investimentos em infraestrutura, compatível com a Estratégia Federal de Desenvolvimento (Decreto nº 10.531/2020), os investimentos seguem a tendência esperada conforme os avanços mais recentes de reformas e da adoção de boas práticas em planejamento, regulação e contratação de projetos de infraestrutura. Já no cenário Transformador, avaliou-se, com base nos planos setoriais e estudos adicionais, a necessidade de investimentos para se desenvolver cada setor ao ponto de se fechar eventuais hiatos de cobertura, presentes principalmente nos setores de mobilidade urbana e de infraestrutura hídrica e saneamento básico. Também se estimou a necessidade de investimentos para se acompanhar o cenário de maior crescimento econômico Transformador da EFD.

Interessante observar, a partir desse mapeamento, já no Cenário de Referência, uma perspectiva de investimentos para os próximos anos em torno de 2,5% do PIB, acima da tendência histórica de 2% do PIB, fruto dos programas de parcerias e reformas regulatórias recentes, como em Telecomunicações e Saneamento Básico. O Cenário Transformador, por sua vez, apresenta uma elevação dos investimentos quase constante até 2033, quando atinge o montante anual de R\$ 340 bilhões. Essa evolução equivale a cerca de 3% do PIB de investimentos anuais em infraestrutura. Vale ressaltar que o Cenário de Referência não deve ser confundido como aquele a que se atribui maior probabilidade de acontecer ou como primeiro objetivo do governo federal. Pelo contrário, esse cenário deve ser tomado como um contrafactual ou uma linha de base comparativa em relação ao Cenário Transformador, indicado como o necessário para elevar o país a patamares adequados de oferta de infraestrutura.

O capítulo 4 apresenta em mais detalhes os projetos em andamento, isto é, que já estão contratados ou pelo menos em fase de estruturação, com participação do Governo Federal. O foco é dado em projetos considerados de grande porte, de maneira a não tornar a lista muito extensiva. Esses dois capítulos, 3 e 4, buscam atender o objetivo de fornecer uma visão de longo prazo para orientar os investimentos em infraestrutura que envolva os seus diversos setores, de forma a aumentar a atratividade à participação privada e a qualidade do gasto público.

O capítulo 5, finalmente, apresenta os novos projetos de infraestrutura, que dependem de iniciativa do Governo Federal, mapeados para esta edição do PILPI. Estima-se, também, a viabilidade socioeconômica desse conjunto de projetos, conforme definido no Decreto nº 10.526/2020 – para projetos que estão em fase preliminar de desenvolvimento –, cujos resultados indicam forte potencial de retorno à sociedade do investimento nesses projetos de infraestrutura.

Um dos maiores desafios no planejamento é o estabelecimento de metas planejadas e indicadores confiáveis que viabilizem o acompanhamento da implementação da infraestrutura, bem como que o planejamento priorize investimentos que proporcionem maior benefício econômico, social e ambiental, visando os pilares fundamentais para o desenvolvimento do país, como transporte, energia, saneamento e telecomunicações, pois promovem a produtividade e prosperidade. A sistematização do PILPI e suas atualizações em consonância com os planos setoriais vai ao encontro disso, em linha com os demais objetivos explicitados no Decreto nº 10.526/2020. Importante ressaltar que, uma vez em regime, ou seja, superada a fase transitória de adaptação inicial dos processos de trabalho, a integração do PILPI com os planos setoriais deverá ser aprimorada para ocorrer de forma contínua, considerando os efeitos da infraestrutura na sociedade e na economia, e vice-versa.

Os crescimentos demográfico e econômico são, provavelmente, as variáveis mais relevantes para a demanda de serviços de infraestrutura. Assim, projeções populacionais e de PIB, entre outras, tornam-se indispensáveis aos planejamentos setoriais de infraestrutura, de modo a produzir planos que satisfaçam às necessidades de infraestruturas da sociedade. Já nessa primeira versão do PILPI, a Estratégia Federal de Desenvolvimento (EFD), explicitada no Decreto nº 10.531, de 26 de outubro de 2020, é a baliza para as projeções socioeconômicas e de sustentabilidade ambiental, comuns a todos os setores, assim como questões específicas afetas a cada setor.

Nesse processo também se faz necessário englobar as discussões de cenários futuros, devido a incertezas quanto às mudanças climáticas, adoção de novas tecnologias, mudanças culturais e até reformas econômicas já em discussão, que podem afetar a demanda por diversas infraestruturas. Por tal razão, a elaboração do PILPI se iniciou com a discussão de cenários temáticos, efetuada pelo CIP-Infra como um todo, e a definição de premissas de crescimento econômico e demográfico.

A discussão de cenários em conjunto é importante por promover a disseminação de conhecimento entre os ministérios sobre os potenciais impactos que diversas mudanças, exógenas aos setores de infraestrutura, podem trazer a cada um deles, além de permitir a própria identificação de gargalos de infraestrutura. A consolidação dos cenários e a produção de projeções de crescimento econômico e demográfico compatíveis permite tanto subsidiar os planos setoriais com premissas uniformes entre os setores como evitar o uso de recursos por parte dos ministérios setoriais em discussões e análises não diretamente ligadas aos seus setores.

Como a infraestrutura produz efeitos sobre a produtividade da economia, o aumento de estoque indicado nos planos setoriais, e consolidado no PILPI, serve de insumo para a revisão das projeções de crescimento econômico da próxima atualização do PILPI, num ciclo permanente de planejamento. Adicionalmente, outros planos governamentais deverão ser considerados, como o Plano Nacional de Fertilizantes (PNF), a ser publicado em breve, que abrange os setores de transportes e logística, agricultura, meio ambiente, mineração, pesquisa e desenvolvimento tecnológico.

Nesse sentido, cabe ainda considerar a Agenda Nacional Estratégica (ANE), a ser aprovada em breve. A ANE é um documento com o propósito de oferecer direcionamento estratégico (ainda que temporário) aos órgãos setoriais e subsídios para que revisem seus planejamentos estratégicos de forma a alinhá-los à visão de Estado. É, portanto, um documento estratégico que



visa promover o alinhamento e a coerência de esforços entre entes governamentais do Estado brasileiro.

Como aspecto central da Agenda, a partir da análise dos planejamentos estratégicos de distintos órgãos e entidades governamentais, foram estabelecidas 205 diretrizes, que servirão de base para o planejamento nacional, a serem observadas por toda Administração Pública Federal. Referem-se, sobretudo, a grandes temas estratégicos nacionais, têm caráter transversal e fundamentam ações em políticas públicas de médio e longo prazo.

Por fim, para a análise de viabilidade socioeconômica, também conhecida como análise custo-benefício (ACB), o Ministério da Economia foi o responsável por apresentar aos demais membros do CIP-Infra a metodologia geral de avaliação socioeconômica preliminar de projetos de infraestrutura. Para tanto, foi publicado pelo Ministério da Economia o Guia Geral de Análise Socioeconômica de Custo-Benefício de Projetos de Investimento em Infraestrutura,<sup>77</sup> que independentemente da iniciativa de guias específicos para cada setor já estarem em discussão, já supre boa parte das necessidades metodológicas para as avaliações realizadas neste documento.

A partir do marco que representa a publicação deste relatório, no âmbito do CIP-Infra será possível promover uma discussão integrada da forma como suas conclusões poderão contribuir para uma visão sistêmica da infraestrutura nacional, bem como os aperfeiçoamentos que poderão ser implementadas para a próxima edição do PILPI.

---

<sup>77</sup> Disponível em [https://www.gov.br/economia/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/guias-e-manuais/guia\\_acb.pdf](https://www.gov.br/economia/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/guias-e-manuais/guia_acb.pdf)

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, S. C., e DINIS, A. 2020. “Spillovers do conhecimento e criação de valor: proposição de modelo teórico.” *Administração de Empresas em Revista* 2 (20): 355–77. <http://revista.unicuritiba.edu.br/index.php/admrevista/article/view/4323>.
- ARTUÇ, E.; CHAUDHURI, S.; MCLAREN, J. Trade shocks and labor adjustment: A structural empirical approach. **American economic review**, v. 100, n. 3, p. 1008–45, 2010.
- BID. 2019. Attributes and Framework for Sustainable Infrastructure. Disponível em: <https://publications.iadb.org/en/attributes-and-framework-sustainableinfrastructure>
- BRASIL, MINISTÉRIO DA ECONOMIA, Secretaria Especial de Produtividade e Competitividade, Secretaria Especial de Produtividade e, e Secretaria de Desenvolvimento da Infraestrutura. 2021. *Guia geral de análise socioeconômica de custo-benefício de projetos de investimento em infraestrutura*. Brasília: SDI/ME: Ministério da Economia, Secretaria Especial de Produtividade e Competitividade, Secretaria de Desenvolvimento da Infraestrutura. <https://www.gov.br/produktividade-e-comercio-exterior/pt-br/choque-de-investimento-privado/avaliacao-socioeconomica-de-custo-beneficio/guia-acb>.
- BRASIL, Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética, Plano Decenal de Expansão de Energia 2030 Energética. Brasília: MME/EPE, 2021
- CALIENDO, L. *et al.* The impact of regional and sectoral productivity changes on the US economy. **The Review of economic studies**, v. 85, n. 4, p. 2042–2096, 2017.
- CALIENDO, L.; DVORKIN, M.; PARRO, F. Trade and labor market dynamics: General equilibrium analysis of the china trade shock. **Econometrica**, v. 87, n. 3, p. 741–835, 2019.
- CALIENDO, L.; PARRO, F. Estimates of the trade and welfare effects of NAFTA. **The Review of Economic Studies**, v. 82, n. 1, p. 1–44, 2015.
- CAVALCANTI, M. A. F. DE H.; SOUZA JÚNIOR, J. R. DE C. Cenários macroeconômicos para o período 2020-2031. 2018.
- CAVALCANTI, M. A. F.; SOUZA JÚNIOR, J. R. DE C. Como retomar o crescimento acelerado da renda per capita brasileira? Uma visão agregada. **DESAFIOS DA NAÇÃO**, p. 81, 2018.
- DE NEGRI, J. A. O.; ARAÚJO, B. C. P. O. DE O.; BACELETTE, R. O. Desafios da nação: artigos de apoio, volume 1. 2018.
- DIXON, P.; RIMMER, M. T. **Johansen’s contribution to CGE modelling: originator and guiding light for 50 years**. [s.l.] Centre of Policy Studies (CoPS), 2010.
- DUMONT, Michel, e TSAKANIKAS A. 2001. “Knowledge Spillovers through R&D Networking”. MPRA Paper. 2001. <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/70570/>.
- DUMONT, Michel, e MEEUSEN. W. 2000. “Knowledge Spillovers through R&D Cooperation”. Presented in Workshop of the OECD-NIS Focus Group on Innovative Firms and Networks, 10. <https://www.oecd.org/sti/inno/2093436.pdf>.

DVORKIN, M. **Sectoral Shocks, Reallocation and Unemployment in Competitive Labor Markets**. [s.l.] Yale University, 2014.

EATON, J.; KORTUM, S. Technology, geography and trade. *Econometrica*, v. 70, n. 5, p. 1741–1779, 2002.

FERREIRA FILHO, J. B. DE S. introdução aos modelos aplicados de equilíbrio geral: conceitos, teoria e aplicações. *In: Economia regional e urbana: teorias e métodos com ênfase no Brasil*. Brasília: IPEA, 2011. p. 376–401.

FRISCHTAK, C.R. e MOURÃO, J. *O estoque de capital de infraestrutura no Brasil: uma abordagem setorial*. Em De Negri, J.A., Araújo, B.C. e Bacelette, R. (org) **Desafios da Nação: artigos de apoio, volume 1**. Brasília: IPEA, 2018. Disponível em [https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=32982&Itemid=433](https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=32982&Itemid=433).

GROSSMAN, G.M. and HELPMAN, E. (1992), *Innovation and growth in the global economy*, MIT Press, Cambridge (MA) / London (UK).

GUIMARÃES, R.; TURRA, C. Metodologia para projeção da população segundo a escolaridade e status no mercado de trabalho: os modelos idade-período-coorte (IPC). **Ipea: Rio de Janeiro**, 2017.

IPEA. *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS BRASIL)*. 2015. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/ods/index.html>

IPEA, 2020. “Brasil Pós COVID-19: Contribuições do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada”. Brasília: IPEA, 2020. Disponível em [https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/relatorio\\_institucional/200724\\_ri\\_o%20brasil\\_pos\\_covid\\_19.pdf](https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/relatorio_institucional/200724_ri_o%20brasil_pos_covid_19.pdf)

IPEA, 2021a. “Análise Econômica: Estimativa Dos Fatores De Conversão Setoriais”. *In Catálogo de Parâmetros para Avaliação de Projetos de Investimento em Infraestrutura*. IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - Programa de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional - PNPd. [https://www.gov.br/economia/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/consultas-publicas/arquivos/1\\_FCS.pdf](https://www.gov.br/economia/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/consultas-publicas/arquivos/1_FCS.pdf).

IPEA, 2021b. “Preço Sombra da Mão de Obra no Brasil”. *In Catálogo de Parâmetros para Avaliação de Projetos de Investimento em Infraestrutura*. Brasília: IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - Programa de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional - PNPd. [https://www.gov.br/economia/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/consultas-publicas/arquivos/copy\\_of\\_2\\_PSMO.pdf](https://www.gov.br/economia/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/consultas-publicas/arquivos/copy_of_2_PSMO.pdf).

JABBOUR, C. *et al.* 2020. “How Much Would You Pay for a Satellite Image? Lessons Learned From French Spatial-Data Infrastructure”. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine* 8 (4): 8–22. <https://doi.org/10.1109/MGRS.2019.2941751>.

JABBOUR, C. 2019. “Essays in the Economics of Spatial Data Infrastructures (SDI): Business Model, Service Valuation and Impact Assessment”. *Economics and Finance*. Université Montpellier; Université Libanaise, 2019. English. NNT: 2019MONTD018ff. Tel-02890518. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02890518/document>.

JOHANSEN, L. **A multi-sectoral study of economic growth**. [s.l.] North-Holland Amsterdam, 1960. v. 82

- KRAETZIG, Nikita Marwaha. 2021. "A Definitive Guide to Buying and Using Satellite Imagery · UP42". Blog. 2021. <https://up42.com/blog/tech/a-definitive-guide-to-buying-and-using-satellite-imagery>.
- LIEW, A. (2007). "Understanding data, information, knowledge and their inter-relationships". *Journal of Knowledge Management Practice*, 8(2), 1{16.
- LOOMIS, John, Steve Koontz, Holly Miller, e Leslie Richardson. 2015. "Valuing Geospatial Information: Using the Contingent Valuation Method to Estimate the Economic Benefits of Landsat Satellite Imagery". *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 81 (8): 647–56. <https://doi.org/10.14358/PERS.81.8.647>.
- LUCAS JR, R. E.; PRESCOTT, E. C. Equilibrium search and unemployment. *Journal of Economic theory*, v. 7, n. 2, p. 188–209, 1974.
- MEIRA, Maurício Braga, e Maria Cristina Loschiavo. 2007. "Pesquisa Mercadológica - Satélite CBERS - Aplicação no Mercado Brasileiro". Consultoria especializada em geotecnologias - GEOCONSULT. São José dos Campos, SP: INPE.
- NGAC. 2014. "The Value Proposition for Landsat Applications – 2014 Update". National Geospatial Advisory Committee – Landsat Advisory Group. <https://www.fgdc.gov/ngac/meetings/december-2014/ngac-landsat-economic-value-paper-2014-update.pdf>.
- OIT. Convenção nº 169 da OIT sobre Povos Indígenas e Tribais. 1989. Disponível em: <<https://www.oas.org/dil/port/1989%20Convenção%20sobre%20Povos%20Ind%C3%ADgenas%20e%20Tribais%20Convenção%20OIT%20n%20%20169.pdf>>.
- OLIVEIRA, J. M. **EFEITOS DA EQUALIZAÇÃO TRIBUTÁRIA REGIONAL E SETORIAL NO BRASIL: UMA APLICAÇÃO DE EQUILÍBRIO GERAL DINÂMICO**. Brasília: Universidade de Brasília, 20 fev. 2020.
- ONU. Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB). 1993 Disponível em: <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf> .
- ONU. Acordo de Paris. 2015a. Disponível em: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement> .
- ONU. Marco Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030. 2015b. Disponível em: [https://www.unisdr.org/files/43291\\_63575sendaiframeworkportunofficial%5B1%5D.pdf](https://www.unisdr.org/files/43291_63575sendaiframeworkportunofficial%5B1%5D.pdf) .
- SANTOS, R.T.; AMICCI, A.G.N.; MALBURG, C.H.R.; SOUZA, F.O.; MESENTIER, A.A.P.; SILVA, J.F.F.G.; LOPEZ JUNIOR, G.S.; AZEVEDO, C.F.S. *Demanda por investimentos em mobilidade urbana no Brasil*. Em **BNDES Setorial nº 41**. Rio de Janeiro: BNDES, 2015. Disponível em [https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/4281/2/BS%2041\\_mar\\_atualizado\\_P.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/4281/2/BS%2041_mar_atualizado_P.pdf)
- SARTORI, David, Gelsomina Catalano, Mario Genco, e Chiara Pancotti. 2015. *Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects: Economic Appraisal Tool for Cohesion Policy 2014-2020*. Luxembourg: European Comission. [https://ec.europa.eu/regional\\_policy/sources/docgener/studies/pdf/cba\\_guide.pdf](https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/studies/pdf/cba_guide.pdf).
- SILVA, Luiz Tadeu da, e Epiphanyo, José Carlos Neves. 2008. "Perfil dos Usuário do CBERS". RPQ/817. São José dos Campos, SP: INPE.
- SOTERRONI, A. C. *et al*. Modelagem de mudanças de uso da terra no Brasil: 2000-2050. 2016.

SOUZA JÚNIOR, J. R. de C.; CORNELIO, F. M. Estoque de capital fixo no Brasil: séries desagregadas anuais, trimestrais e mensais. Rio de Janeiro: Ipea, 2020. (Texto para Discussão, n. 2580). Disponível em: [https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/200908\\_td\\_2580.pdf](https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/200908_td_2580.pdf)

USGS. 2013. “Users, Uses, and Value of Landsat Satellite Imagery – Results for the 2012 Survey of Users, by Holly M. Miller, Leslie Richardson, Stephen R Koontz, John Loomis, and Lynne Koontz, Open-File Report 2013-1269. U.S. Geological Survey (Reston, Virginia, 2013)”,. Open-File Report. Open-File Report. U.S. Department of the Interior, U.S Geological Survey, - USGS. <https://pubs.usgs.gov/of/2013/1269/pdf/of2013-1269.pdf>.

ZHU, Zhe, Michael A. Wulder, David P. Roy, Curtis E. Woodcock, Matthew C. Hansen, Volker C. Radeloff, Sean P. Healey, et al. 2019. “Benefits of the Free and Open Landsat Data Policy”. *Remote Sensing of Environment* 224 (abril): 382–85. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.02.016>.

#### PLANOS SETORIAIS:

- Plano Nacional de Logística 2035 - PNL 2035: <https://ontl.epl.gov.br/planejamento-pnl-2035/>
- Plano Estrutural de Redes de Telecomunicações - PERT 2019-2024: [https://sei.anatel.gov.br/sei/modulos/pesquisa/md\\_pesq\\_documento\\_consulta\\_externa.php?eEP-wqk1skrd8hSlk5Z3rN4EVg9uLJqrLYJw\\_9INcO7DaKpAKbylv7ubBI1aN3lJA06d4GRb0Z8ELSiGeZ-NtRtVHwpuWy0CHD3xiLFbq2zk9ZgwBFi\\_7vMYAsVcubl](https://sei.anatel.gov.br/sei/modulos/pesquisa/md_pesq_documento_consulta_externa.php?eEP-wqk1skrd8hSlk5Z3rN4EVg9uLJqrLYJw_9INcO7DaKpAKbylv7ubBI1aN3lJA06d4GRb0Z8ELSiGeZ-NtRtVHwpuWy0CHD3xiLFbq2zk9ZgwBFi_7vMYAsVcubl)
- Plano Decenal de Energia 2030 - PDE 2030: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/spe/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia/pde-2030-documento-final>
- Plano Nacional de Energia 2050 - PNE 2050: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/spe/publicacoes/plano-nacional-de-energia-2050/documentos>
- Plano Nacional de Segurança Hídrica 2035 - PNSH 2035: <https://pnsh.ana.gov.br/home>
- Plano Nacional de Saneamento Básico 2033 - Plansab 2033: [https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSDRU/ArquivosPDF/Versao\\_Conselhos\\_Resolu%C3%A7%C3%A3o\\_Alta\\_-\\_Capa\\_Atualizada.pdf](https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSDRU/ArquivosPDF/Versao_Conselhos_Resolu%C3%A7%C3%A3o_Alta_-_Capa_Atualizada.pdf)
- Plano Nacional de Resíduos Sólidos 2040 – PLANARES 2040: <http://consultaspublicas.mma.gov.br/planares/wp-content/uploads/2020/07/Plano-Nacional-de-Res%C3%ADduos-S%C3%B3lidos-Consulta-P%C3%BAblica.pdf>







PÁTRIA AMADA  
**BRASIL**  
GOVERNO FEDERAL