



INFRA S.A.

PLANO ESTADUAL DE LOGÍSTICA
E TRANSPORTES DE MINAS GERAIS

PELTMG

RELATÓRIO 1

FEVEREIRO 2024



www.infrasa.gov.br



FEVEREIRO/2024

INFRA S.A.

SAUS, Quadra 01, Bloco 'G', Lotes 3 e 5

Asa Sul

Brasília/DF - 70.070-010

institucional@infrasa.gov.br

© 2023

Contrato Nº 11458
Processo Administrativo nº
5030.01.0001646/2023-60



GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS
Governador
ROMEO ZEMA NETO

Secretário de Estado de Infraestrutura, Mobilidade
e Parcerias
PEDRO BRUNO BARROS DE SOUZA

Subsecretário de Transportes e Mobilidade
AARON DUARTE DALLA

Superintendente de Logística de Transportes e
Gestão de Equipamentos Públicos
LUÍSA PIRES MONTEIRO DE CASTRO

Assessora chefe de Planejamento de Transportes e
Mobilidade
ANA CAROLINA PAIVA DE CARVALHO

Assessor Técnico da Assessoria de Planejamento
de Transportes e Mobilidade
SAMUEL HERTHEL CUNHA E SILVA

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DE MINAS
GERAIS - CODEMGE
Diretor Presidente
THIAGO COELHO TOSCANO

Diretor de Concessões e Parcerias
DIOGO OSCAR BORGES PROSDOCIMI

Gerente de Planejamento, Pesquisa e Inovação
LEANDRO RODRIGUES E SILVA

Coordenadora de Planejamento, Pesquisa e
Inovação
MAÍRA VITORIANO RODRIGUES DE FREITAS

Assessores da Coordenação de Planejamento,
Pesquisa e Inovação
GABRIEL TOSCANO BANDEIRA
ISABELA KOPPERSCHMIDT DE OLIVEIRA
FELIPE SANTOS ALMEIDA

INFRA S.A.
Diretor-Presidente
JORGE LUIZ MACEDO BASTOS

Diretor de Administração e Finanças
ELIZABETH BRAGA

Diretor de Empreendimentos
ANDRÉ LUÍS LUDOLFO DA SILVA

Diretor de Planejamento
CRISTIANO DELLA GIUSTINA

Diretora de Mercado e Inovação
MARCELO VINAUD

Superintendente de Planejamento e Estudos de
Transporte
DANIEL KLINGER VIANNA

Líder Técnico do Projeto
IGOR MOREIRA MOTA

Equipe Técnica
GEORGE LAVOR TEIXEIRA
BRUNNO SANTOS GONÇALVES
BRUNO GONZALEZ NÓBREGA
ELDER TIAGO DA COSTA DE SOUZA
EMYGAIL LORENA SILVA AZEVEDO OLESKOVICZ
LUCAS GIOVANI MATOS ALBUQUERQUE
LUCAS MIRANDA FRANÇA
LUIZA NEIS RAMOS
LUCAS DOS SANTOS LOURENÇO
LUÍS PHILIPPE VILARA RIBEIRO



SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELAS	9
SIGLAS	10
APRESENTAÇÃO	12
1 ASPECTOS GERAIS DA METODOLOGIA	13
2 DEFINIÇÕES PADRONIZADAS NO PLANEJAMENTO INTEGRADO DE TRANSPORTES	21
3 O PLANEJAMENTO ESTADUAL E O PLANO DE AÇÕES	26
4 DEFINIÇÃO DE PRINCÍPIOS, OBJETIVOS E DIRETRIZES	29
4.1 PRINCÍPIOS – POLÍTICA ESTADUAL DE LOGÍSTICA E TRANSPORTES	30
4.2 OBJETIVOS	31
4.3 DIRETRIZES	39
5 DEFINIÇÃO DE INDICADORES	43
5.1 CARACTERÍSTICA DOS INDICADORES	44
5.2 INDICADORES AVALIATIVOS	46
5.2.1 TEMPO MÉDIO PONDERADO PARA CARGAS	51
5.2.2 TEMPO MÉDIO PONDERADO PARA O TRANSPORTE DE PESSOAS	52
5.2.3 VARIAÇÃO DO SOMATÓRIO DE CAPACIDADE VIÁRIA DE CARGAS DA REDE OFERTADA (T X KM)	54
5.2.4 VARIAÇÃO DO SOMATÓRIO DE CAPACIDADE DE CARGAS DOS TERMINAIS	55
5.2.5 VARIAÇÃO DO SOMATÓRIO DE CAPACIDADE VIÁRIA DE PESSOAS DA REDE OFERTADA (PK)	56
5.2.6 VARIAÇÃO DO SOMATÓRIO DE CAPACIDADE PARA TRANSPORTE DE PESSOAS EM TERMINAIS	56
5.2.7 SATURAÇÃO MÉDIA DE VIAS PONDERADA PELA MOVIMENTAÇÃO DE CARGAS	57
5.2.8 SATURAÇÃO MÉDIA DE TERMINAIS PONDERADA PELA MOVIMENTAÇÃO DE CARGAS	58
5.2.9 SATURAÇÃO MÉDIA DE VIAS PONDERADA PELA MOVIMENTAÇÃO DE PESSOAS	59
5.2.10 SATURAÇÃO MÉDIA DE TERMINAIS PONDERADA PELA MOVIMENTAÇÃO DE PESSOAS	59
5.2.11 VARIAÇÃO DO IMPACTO DOS INVESTIMENTOS NA VARIAÇÃO DO PRODUTO INTERNO BRUTO (PIB)	60
5.2.12 VARIAÇÃO DO PERCENTUAL DE REPRESENTAÇÃO DOS CUSTOS DE TRANSPORTE NO PIB	61
5.2.13 ÍNDICE DE INTEGRAÇÃO ESTADUAL POR MUNICÍPIO	61
5.2.14 VARIAÇÃO DO SOMATÓRIO DO IMPACTO DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DE AÇÕES NO CENÁRIO	61
5.2.15 VARIAÇÃO DO CUSTO TOTAL DE TRANSPORTE NO ESTADO	62
5.2.16 VARIAÇÃO DO CUSTO MÉDIO PONDERADO DE TRANSPORTE NO ESTADO	63
5.2.17 VARIAÇÃO DO CUSTO TOTAL DE TRANSPORTE	64
5.2.18 VARIAÇÃO DO CUSTO MÉDIO PONDERADO DE TRANSPORTE	64



5.2.19	MATRIZ DE TRANSPORTES EM TONELADA-QUILÔMETRO-ÚTIL (TKU)	64
5.2.20	MATRIZ DE TRANSPORTES EM VALOR-QUILÔMETRO-ÚTIL (VKU)	65
5.2.21	VARIAÇÃO DA DIVISÃO MODAL DE TRANSPORTE DE PESSOAS NO ESTADO	65
5.2.22	NÍVEL DE SEGURANÇA RODOVIÁRIO EM RELAÇÃO AO CENÁRIO BASE	67
5.2.23	EMISSIONES DE CO ₂ EQUIVALENTE	68
5.2.24	EMISSIONES DE CO ₂ EQUIVALENTE POR ÁREA ESTADUAL POR SETOR	69
5.2.25	HIDROVIÁRIO	69
5.2.25.1	Propriedades	69
5.2.25.2	Resultados Diretos	75
5.2.26	FERROVIÁRIO	76
5.2.26.1	Propriedades	76
5.2.26.2	Resultados Diretos	81
5.2.27	RODOVIÁRIO	82
5.2.27.1	Propriedades	82
5.2.27.2	Resultados Diretos	87
5.2.28	PORTUÁRIO	89
5.2.28.1	Propriedades	89
5.2.28.2	Resultados Diretos	92
5.2.29	DUTOVIÁRIO	92
5.2.30	AEROPORTUÁRIO	94
5.2.31	QUADRO RESUMO DOS INDICADORES AVALIATIVOS DO PELT-MG, POR SETOR	96
5.3	INDICADORES DE IMPACTO	100
5.3.1	INDICADOR DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÔMICO	101
5.3.2	INDICADOR INTEGRAÇÃO	101
5.3.3	INDICADOR DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO	103
5.3.3.1	Ferrovário/Hidroviário/Rodoviário	104
5.3.3.2	Portuário	105
5.3.4	INDICADOR DESENVOLVIMENTO DA INFRAESTRUTURA	105
5.3.4.1	Hidroviário	105
5.3.4.2	Ferrovário	106
5.3.4.3	Rodoviário	106
5.3.4.4	Dutoviário	106
5.3.5	INDICADOR DE SATURAÇÃO	107
5.3.5.1	Hidroviário / Ferrovário	107
5.3.5.2	Portuário	108
5.3.5.3	Aeroporto	109
5.3.5.4	Dutoviário	109
5.3.5.5	Rodoviário	110



5.3.6	INDICADOR DE ACESSIBILIDADE	110
5.3.6.1	Ferroviário / Rodoviário / Hidroviário / Aeroviário / Dutoviário	110
5.3.6.2	Portuário	111
5.3.7	INDICADOR EFICIÊNCIA OPERACIONAL	111
5.3.7.1	Rodoviário	112
5.3.7.2	Ferroviário / Hidroviário	115
5.3.7.3	Portuário	117
5.3.8	INDICADOR SEGURANÇA	118
5.3.8.1	Ferroviário / Hidroviário	118
5.3.8.2	Portuário	119
5.3.8.3	Rodoviário	119
5.3.9	INDICADOR SUSTENTABILIDADE	121
5.3.9.1	Rodoviário	121
5.3.9.2	Ferroviário / Hidroviário	121
5.3.10	QUADRO RESUMO DOS INDICADORES DE IMPACTO DO PELT-MG	123
6	METODOLOGIA E CRITÉRIOS PARA GERAÇÃO DE CENÁRIOS FUTUROS DE PLANEJAMENTO	126
6.1	VISÃO GERAL	126
6.2	CENÁRIOS ANALISADOS	126
6.3	PROJEÇÃO DE DEMANDA	128
6.4	SIMULAÇÃO DOS CENÁRIOS E ANÁLISE DE RESULTADOS	130
7	ANÁLISE E CLASSIFICAÇÃO DAS AÇÕES	132
7.1	IC - ÍNDICE DE CLASSIFICAÇÃO DE AÇÕES	137
7.2	CONSTRUÇÃO TÉCNICA DO ÍNDICE DE CLASSIFICAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS	139
7.2.1	COMPONENTES DO IC	139
7.2.2	COMPONENTES DA DIMENSÃO FINANCEIRA	139
7.2.3	COMPONENTES DA DIMENSÃO SOCIOECONÔMICA	140
7.2.4	COMPONENTES DA DIMENSÃO ESTRATÉGICA	140
7.2.5	COMPONENTES DA DIMENSÃO COMERCIAL	142
7.2.6	COMPONENTES DA DIMENSÃO GERENCIAL	143
7.3	CONSTRUÇÃO TÉCNICA DO ÍNDICE DE CLASSIFICAÇÃO DE INICIATIVAS	143
7.3.1	COMPONENTES DO IC	143
7.3.2	COMPONENTES DA DIMENSÃO FINANCEIRA	143
7.3.3	COMPONENTES DA DIMENSÃO SOCIOECONÔMICA	144
7.3.4	COMPONENTES DA DIMENSÃO ESTRATÉGICA	144
7.3.5	COMPONENTES DA DIMENSÃO COMERCIAL	145
7.3.6	COMPONENTES DA DIMENSÃO GERENCIAL	145

7.4	CALIBRAÇÃO DOS PESOS	145
7.4.1	DIMENSÃO SOCIOECONÔMICA – RESULTADOS QUALITATIVOS	147
7.4.2	DIMENSÃO SOCIOECONÔMICA – RESULTADOS QUANTITATIVOS	148
7.4.3	ÍNDICE DE CLASSIFICAÇÃO DE AÇÕES (IC) – CLASSIFICAÇÃO DAS DIMENSÕES.....	149
7.5	AVALIANDO AÇÕES	150
7.6	PROCESSO DE CLASSIFICAÇÃO DAS AÇÕES.....	151
7.6.1	CLASSIFICAÇÃO FINAL DAS AÇÕES E ORGANIZAÇÃO DOS PLANOS DE AÇÃO	152
8	A BASE DE DADOS E O AMBIENTE DE INFORMAÇÃO.....	154
	REFERÊNCIAS.....	157
	APÊNDICES.....	161
	APÊNDICE I: REDE SEMÂNTICA DO SISTEMA DE TRANSPORTES.....	161
	APÊNDICE II: INDICADORES DE DESCRITIVOS	161
	APÊNDICE III: PLANILHA RESUMO DOS INDICADORES	161
	APÊNDICE IV: MODELO DE ENTIDADE-RELACIONAMENTOS (MER) DO BANCO DE DADOS DO PELT	161



LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema geral do planejamento voltado a resultados	17
Figura 2 – Fluxograma da metodologia detalhada de desenvolvimento do PELT-MG.	20
Figura 3 – Primeiro nível da Rede Semântica do Sistema de Transportes no PIT	22
Figura 4 – Descrição dos resultados de um sistema de transportes, conforme a Rede Semântica do Sistema de Transportes no âmbito do PELT.....	23
Figura 5 – Descrição das propriedades de um sistema de transportes, conforme a Rede Semântica do Sistema de Transportes	24
Figura 6 – Descrição dos mecanismos, conforme a Rede Semântica no âmbito do PELT	26
Figura 7 - Objetivos e elementos de representação do PNL 2035	35
Figura 8 – Relação entre os objetivos do PELT-MG e os Resultados e Propriedades do Sistema de Transportes.....	39
Figura 9 - Previsão do PIB pelo modelo proposto.....	60
Figura 10 – Esquema de operação utilizado para a formulação da capacidade hidroviária.....	72
Figura 11 - Tempos considerados para o atendimento de um navio.....	91
Figura 12 – Ciclos de simulação do PELT-MG.	131
Figura 13 - Estrutura de desenho e aplicação de uma Análise Multicritério - AMC	135
Figura 14 - Ponderações médias dos indicadores de Resultado da $D_{Socioambiental}$ para o Transporte Terrestre	148
Figura 15 – Resultado quantitativo $D_{Socioeconômico}$	149
Figura 16 - Fluxo de decisão e organização das ações do Plano	153



LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Diferenças e semelhanças nas fases de planejamento estratégico e tático do planejamento integrado de transportes.....	15
Tabela 2 – Exemplo para os conceitos utilizados na elaboração de políticas e planejamento de transporte	31
Tabela 3 - Resultados e propriedades da Rede Semântica	32
Tabela 4 - Relação entre os elementos da Rede Semântica e o <i>benchmarking</i> dos objetivos.....	33
Tabela 5 - Relação entre os objetivos da PNT e os elementos da Rede Semântica	34
Tabela 6 - Relação entre os objetivos do PMDI e os elementos da Rede Semântica.....	36
Tabela 7 - Relação entre os objetivos do PEF e os elementos da Rede Semântica	37
Tabela 8 - Relação entre missões do PEF e os elementos da Rede Semântica	37
Tabela 9 - Relação entre os objetivos do PLCRMBH e os elementos da Rede Semântica.....	38
Tabela 10 - Classificação das diretrizes da PNT	39
Tabela 11 - Classificação das diretrizes estratégicas do PMDI.....	41
Tabela 12 - Proposta de diretrizes relacionadas aos elementos da Rede Semântica	42
Tabela 13 – Características de indicadores utilizados no atual ciclo de planejamento	44
Tabela 14 – Proposta de Indicadores Avaliativos para o PELT-MG	47
Tabela 15 - Índice de caracterização da via	67
Tabela 16 – Fatores de emissão em função do modo de transporte.....	69
Tabela 17 - Capacidades por tipo de pista	83
Tabela 18 – Proposta de Indicadores Avaliativos do Setor Hidroviário do PELT-MG.....	96
Tabela 19 – Proposta de Indicadores Avaliativos do Setor Ferroviário do PELT-MG.....	97
Tabela 20 – Proposta de Indicadores Avaliativos do Setor Rodoviário do PELT-MG	97
Tabela 21 – Proposta de Indicadores Avaliativos do Setor Portuário do PELT-MG	98
Tabela 22 – Proposta de Indicadores Avaliativos do Setor Aeroviário do PELT-MG	98
Tabela 23 – Proposta de Indicadores Avaliativos do Setor Aeroportuário do PELT-MG.....	98
Tabela 24 – Proposta de Indicadores Avaliativos do Setor Dutoviário do PELT-MG	99
Tabela 25 – Elementos afetados pelos objetivos dos planos setoriais	100
Tabela 26 – Resumo das características necessárias ao indicador de desenvolvimento tecnológico	104
Tabela 27 - Escalas de capacidade rodoviária	112
Tabela 28 – Grupo de escala de capacidade rodoviária.....	113
Tabela 29 – Grupo de Serviço.....	114
Tabela 30 - Índice de acidentes.....	120
Tabela 31 – Proposta de Indicadores de Impacto do PELT-MG	123
Tabela 32 - Grupos de carga e macroprodutos pertencentes às matrizes O/D utilizadas no Planejamento Integrado de Transportes.....	129
Tabela 33 – Níveis de planejamento, funções, objeto de análise e métodos de análise de impacto recomendados	134
Tabela 34 - Valores normalizados do $D_{Socioeconômico}$ para o Transporte Terrestre.....	149
Tabela 35 - Exemplo hipotético de quadro de análise de empreendimentos, com as avaliações de cada empreendimento (E_1, E_2, etc.) para cada cenário	151
Tabela 36 - Exemplo hipotético do resultado de ranking de Classificação de Ações.....	151



SIGLAS

Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ)

Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT)

Agência de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH)

Análise Custo-Benefício (ACB)

Análise de Componentes Principais (ACP)

Análises de Impactos Econômicos (EIA)

Assentos por Quilômetros Ofertados - *Available seat.km* (ASK)

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)

Bureau of Transportation Statistics (BTS)

Carga Geral Containerizável (CGC)

Carga Geral Não-Containerizável (CGNC)

Departamento de Estradas de Rodagem de Minas Gerais (DER/MG)

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT)

Federal Highway Administration (FHWA)

Freight Analysis Framework (FAF)

Governo de Minas Gerais (GOV/MG)

Granel Líquido (GL)

Granel Sólido Agrícola (GSA)

Granel Sólido Mineral (GSM)

Grupo de Trabalho (GT)

Índice de Classificação (IC)

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA)

International Civil Aviation Organization (ICAO)

Minas Gerais (MG)

Ministério da Infraestrutura (MInfra)

Ministério dos Transportes (MT)

Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil (MTPA)

Ministério de Portos e Aeroportos (MPAR)

Modelo de Cinco Dimensões (M5D)

Observatório Nacional de Transporte e Logística (ONTL)



Outros Granéis Sólidos Minerais (OGSM)

Passageiros (PAX)

Passageiros por Quilômetros Transportados - *Revenue Passenger-Kilometers* (RPK)

Planejamento Integrado de Transportes (PIT)

Plano Aeroviário Nacional (PAN)

Plano de Logística de Cargas da Região Metropolitana de Belo Horizonte (PLCRMBH)

Plano Estadual de Logística e Transporte de Minas Gerais (PELT-MG)

Plano Estratégico Ferroviário (PEF)

Plano Nacional de Contagem de Tráfego (PNCT)

Plano Nacional de Desestatização (PND)

Plano Nacional de Logística (PNL)

Plano Nacional de Viação (PNV)

Plano Mineiro de Desenvolvimento Integrado (PMDI)

Política Nacional de Transportes (PNT)

Programa de Aceleração do Crescimento (PAC)

Quilograma (kg)

Região Geográfica Imediata (RGI)

Secretaria de Estado de Infraestrutura, Mobilidade e Parcerias (SEINFRA/MG)

Sistema Nacional de Viação (SNV)

Terminal de Uso Privativo (TUP)

Tonelada quilômetro útil (TKU)

Toneladas por Quilômetros Ofertados - *Available tonne kilometer* (ATK)

Toneladas por Quilômetros Transportados - *Revenue tonne kilometer* (RTK)

U.S. Department of Transportation (DOT)

Unidade Territorial de Planejamento (UTP)

Valor quilômetro útil (VKU)

Vessel Traffic Management Information System (VTMIS)



APRESENTAÇÃO

Essa etapa do Plano Estadual de Logística e Transporte (PELT) do Estado de Minas Gerais teve como objetivo apresentar os aspectos técnicos, conceituações, etapas e bases utilizadas na elaboração do planejamento estadual de transportes.

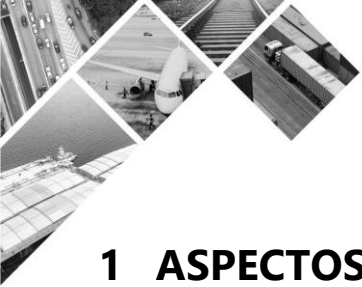
Além disso, teve a função realizar a proposta para a definição de princípios, objetivos e diretrizes a serem adotados tanto pela Política Estadual de Transporte e Logística de Minas Gerais quanto para o novo Plano Estadual de Logística e Transporte de Minas Gerais.

O presente Relatório é composto, dentre outros, pelos seguintes aspectos:

- Definições técnicas aplicadas ao setor de transporte;
- Planejamento Estadual e Plano de Ações;
- Princípios, objetivos e diretrizes;
- Definição de Indicadores;
- Critérios para geração de cenários;
- Critérios para análise e classificação de ações; e
- Arquitetura da base de dados.

A Metodologia construída, e em constante aprimoramento, para a elaboração de Planos Integrados de Sistemas de Transportes (infraestrutura e serviços), busca sempre considerar e fomentar a multimodalidade e intermodalidade, embora a metodologia possa ser aplicada setorialmente, de forma isolada, sem prejuízo para seus resultados.

Embora tenha sido construída para o atendimento imediato das necessidades de planejamento de Estado e de Governo na esfera federal, a presente metodologia foi elaborada para ser aplicável a qualquer instância federativa (inclusive estaduais e municipais), principalmente com o objetivo de permitir o intercâmbio metodologias e de dados, bem como a compatibilização de carteiras de ações e premissas entre as diferentes esferas, evitando o retrabalho sempre que possível.



1 ASPECTOS GERAIS DA METODOLOGIA

O modelo mais tradicional de planejamento de transportes é o método de quatro etapas (Bruton, 1979), amplamente utilizado para avaliar a necessidade de ampliação da infraestrutura de transportes por meio da sequência que busca quantificar a geração de viagens, a distribuição das viagens, a divisão modal e a alocação do tráfego. O campo do conhecimento relacionado ao planejamento de transportes desenvolveu ao longo dos últimos anos várias propostas derivadas desse método, diferentes modelos e ferramentas computacionais que dão suporte às análises. Contudo, apesar dos modelos cada vez mais robustos e assertivos para a representação da realidade dos transportes, as análises de resultados quase sempre se limitavam à verificação dos níveis de serviço das infraestruturas, baseado na saturação, o que tende a resultar em propostas de ampliação de capacidade ou tecnologias alternativas de transporte. No planejamento de transportes de abrangência nacional, temos exemplos históricos dessa abordagem aplicada, como o PNLT (BRASIL, 2007) e PNL-2025 (BRASIL, 2018b).

A melhoria do nível de serviço de um sistema de transporte, de um corredor de transporte, ou de uma infraestrutura, de fato, é um efeito quantificável, do ponto de vista técnico, e gera um benefício para a sociedade. Porém, existem fatores que indicam que a análise de impactos durante o planejamento de um sistema, subsistema, corredor ou infraestrutura de transportes, deve ser sempre mais abrangente que a análise de um único indicador:

- Ao se limitar a avaliação de resultados à saturação de infraestruturas e níveis de serviço, cria-se um círculo vicioso, onde as medidas adotadas buscam sempre reforçar os fluxos de maior demanda, incentivando-os;
- Os impactos de um sistema de transporte, sejam resultados para a sociedade e mercados atendidos, ou impactos nas propriedades do sistema, são inúmeros e, portanto, há sempre outros efeitos possíveis de se quantificar e estimar, como impactos sociais e econômicos;
- O nível de serviço é uma das propriedades de um sistema de transporte ou infraestrutura, mas outras propriedades e resultados são tipicamente apontados como relevantes nas análises e bibliografia recente voltada ao planejamento de transportes.

Corroborando com essa visão, a bibliografia técnica cita um conjunto amplo de efeitos ou benefícios que comumente podem ser alvo de mensuração durante o planejamento de sistemas e infraestruturas de transporte. Tais efeitos podem ser econômicos, sociais ou ambientais (referente ao ambiente onde o sistema se insere), mas também é possível os classificar como endógenos (que dizem respeito aos efeitos nas propriedades e elementos do próximo sistema de transporte) ou exógenos (efeitos externos ao sistema), ou ainda, como impactos diretos, indiretos ou induzidos, como nas análises de impacto econômico. A classificação dos efeitos depende das bases conceituais adotadas e da metodologia de mensuração. Quando se adota uma metodologia de análise de impacto econômico, por exemplo, naturalmente os efeitos medidos se limitarão a essa dimensão, enquanto, se a abordagem escolhida for voltada à análise da rede de transportes, as metodologias existentes acabam por prover ferramentas para aferição e análise de efeitos mais endógenos ou sociais.



O cerne da técnica de planejamento de transportes está na avaliação de efeitos (atuais e prováveis futuros), causados pelas alterações estudadas nas infraestruturas e serviços de transporte, para resultar na escolha racional de efetivação dessas alterações. Há diferentes efeitos, assim como métodos e teorias para os simular e avaliar, mas há pontos comuns em qualquer processo de planejamento (de qualquer tipo de sistema) que devem nortear o estabelecimento da metodologia: um plano deve ter objetivos estabelecidos e o plano deve buscar o alcance desses objetivos.

Considerando isso, é natural observar que qualquer planejamento de um sistema de transporte deve percorrer, no mínimo, as seguintes fases, que estão interrelacionadas:

- a. Estabelecimento de objetivos e diretrizes.
- b. Estabelecimento de indicadores que mensuram o alcance dos objetivos.
- c. Simulação de cenários para diagnóstico e prognóstico (modelagem de transportes).
- d. Avaliação dos efeitos.
- e. Consolidação de resultados e propostas.

A metodologia de planejamento utilizada no Plano Nacional de Logística – PNL 2035 (BRASIL, 2021) percorreu as fases citadas, assim como alguns dos planos setoriais de transportes no nível federal antes da instituição do Planejamento Integrado de Transportes – PIT, como o Plano Aeroviário Nacional – PAN 2018-2038 (MTPA, 2018c) e o Plano Nacional de Logística Portuária – PNL 2015.

Nesse contexto, é importante destacar as inovações metodológicas havidas para o PELT-MG, como a inserção do olhar nas 05 (cinco) dimensões de análise do *"Guide to Developing the Programme Business Case"* (HM TREASURY, 2018). Conceitualmente essa é uma abordagem estruturada e multidimensional para avaliar projetos e propostas de investimento em infraestrutura. Ele abrange cinco dimensões principais: estratégica, econômica, financeira, comercial e gerencial. Essa abordagem oferece uma visão global do projeto, agilidade na análise de novas ideias, redução de falhas e facilidade de compartilhamento com partes interessadas. Trata-se de uma ferramenta poderosa para estruturar propostas de investimento, avaliar riscos e tomar decisões informadas em projetos e programas de infraestrutura. Incorporou-se nesse sentido o olhar dessas cinco dimensões na metodologia final de classificação das ações do plano.

Valendo-se do conceito de um planejamento integrado de transportes, buscou-se estabelecer coerência metodológica na construção do plano. Dessa forma, há semelhanças e diferenças entre os níveis de planejamento estratégico (materializado no PNL) e tático (Planos Setoriais), como apontado no Tabela 1 a seguir.



Tabela 1 – Diferenças e semelhanças nas fases de planejamento estratégico e tático do planejamento integrado de transportes

	OBJETIVOS	INDICADORES	SIMULAÇÃO E CENÁRIOS	AVALIAÇÃO	RESULTADOS
Estratégico – PNL	Da PNT.	Representam elementos do sistema.	Abrangente; Integrada; Intermodal.	Análise de impacto do cenário como um todo, sem agrupamento de indicadores.	Visão de futuro, projeções, cenários prováveis, principais necessidades e oportunidades.
Tático – Planos Setoriais	Objetivos estratégicos da PNT e objetivos setoriais.	Representam elementos do subsistema. Setores de Transporte.	Abrangente; Integrada; Intermodal.	Análise setorial de impacto do cenário e de impacto das ações (empreendimentos ou iniciativas); Agrupamento de indicadores para classificação	Ações priorizadas Indicação de possibilidade de execução pública ou privada.
PELT-MG	Política Estadual de Logística e Transportes de Minas Gerais.	Representam elementos do subsistema. Estado de Minas Gerais.	Abrangente; Integrada; Intermodal.	Análise setorial de impacto do cenário e de impacto das ações (empreendimentos ou iniciativas); Agrupamento de indicadores para classificação	Visão de futuro, projeções, cenários prováveis, principais necessidades e oportunidades. Ações priorizadas. Indicação de possibilidade de execução pública ou privada

Fonte: elaboração própria.

Cabe destacar que na elaboração do PELT-MG, aproveitando o *know how* da INFRA S.A., utilizou-se o mesmo arcabouço metodológico que os trabalhos de planejamento de transportes em esfera federal, tendo sido, dessa forma, abarcado pelos conceitos do PIT do Governo Federal.

Sendo o planejamento de nível estratégico o principal instrumento de materialização da Política Nacional de Transporte, seus objetivos são os mesmos em um ciclo de planejamento. Já no Plano Estadual de Logística de Transportes de Minas Gerais, além dos estabelecidos em nível estratégico, pode haver a necessidade de consideração de objetivos particulares ao Estado em nível tático, aderentes às expectativas dos atores que nele atuam ou a políticas regionais.



Para a definição dos indicadores, admitiu-se também particularidades e diferenças entre os níveis de planejamento, visto que os elementos do sistema podem ser mais detalhados ou particulares de um determinado escopo na medida em que o planejamento está em nível mais detalhado. Além disso, os indicadores devem refletir as particularidades do Estado. No âmbito do planejamento integrado, foi desenvolvida uma Rede Semântica do sistema de transportes para auxiliar a definição de elementos de representação e seus respectivos indicadores entre os setores de transporte, quando da elaboração dos Planos Setoriais. A medida visou evitar conflitos conceituais que poderiam induzir a erros de interpretação, ou mesmo de implementação, entre os instrumentos do PIT do Governo Federal. A Rede Semântica e seu uso serão explicados em maior detalhe mais adiante neste documento.

No que tange à modelagem de transportes e geração de cenários para diagnóstico e prognóstico no plano, a premissa adotada no planejamento integrado de transportes é que as simulações sejam abrangentes, integradas e intermodais. Em outras palavras, o planejamento deve observar toda a rede de transporte para sua compreensão, ainda que as ações sejam organizadas ou limitadas a escopos específicos. A fase de simulação de cenários deve buscar a representação mais próxima da realidade nos modelos, dados, técnicas e ferramentas adotadas e, por esse motivo, não deve se limitar ao escopo de um setor ou subsistema. Trata-se do conhecimento da situação atual e perspectivas futuras de todo um ambiente onde o sistema, que é objeto do plano, está inserido. Essa problemática é tratada em literatura recente sobre o planejamento de transportes em nível federal, onde conclui-se que “não é necessário ter jurisdição para conhecer” (Silva, 2021) e onde conhecer adequadamente o sistema planejado é o primeiro passo para o sucesso de um plano. O planejamento integrado, intermodal e em rede é também apontado como uma boa prática no planejamento de transportes em outros locais, como na Europa (*European Commission* - EC, 2004).

A premissa de simulação em rede não deve ser quebrada, pois é através dela que se garante que os resultados do plano estejam integrados na dimensão funcional dos transportes. Por esse motivo, o PELT é elaborado em um procedimento único, com os cenários totalmente integrados no atual ciclo de planejamento. Na mesma lógica da elaboração dos Planos Setoriais do Governo Federal, a mesma metodologia está sendo aplicada na elaboração do PELT-MG, de modo a manter os setores de transporte e os instrumentos de planejamento coerentes entre si. Dessa forma, as informações cadastrais e carteira de ações adotadas para os planos setoriais são as mesmas utilizadas neste trabalho, tendo sido apenas complementadas com àquelas ações de interesse do Governo do Estado de Minas Gerais.

Já na fase que compreende as etapas de avaliação no planejamento, há diferenças mais significativas entre os níveis estratégico e tático. No estratégico, a análise é centrada nos efeitos causados pelo conjunto de elementos que constituem um cenário do sistema planejado, enquanto no nível tático, há a necessidade de se avaliar impactos de forma mais específica. Isso se dá na avaliação dos impactos de um setor (ou subsistema de transporte), dos efeitos marginais potenciais causados pelas ações simuladas em cada cenário, a fim de permitir classificá-las, e na regionalização dessas avaliações. Pela relevância dessa fase e sendo a metodologia de avaliação o processo decisor que resulta nos principais resultados do planejamento de transportes, o detalhamento da proposta é apresentado mais adiante neste documento.

A metodologia geral de planejamento voltado a resultados baseia-se nos conceitos de planejamento trazidos por Magalhães e Yamashita (2009). Por sua vez, a vertente adotada pelos autores absorve os conceitos de planejamento estratégico situacional (político-social) de Matus (1993). Os autores destacam em seus textos

aspectos aderentes com a visão do presente projeto, na medida em que reforçam a necessidade de concepção adequada do objeto de planejamento como uma etapa essencial, o estabelecimento de objetivos finalísticos e a avaliação de efeitos representados por indicadores como principal ferramenta de apoio à decisão. A Figura 1 apresenta o esquema das macro atividades desse planejamento voltado a resultados.

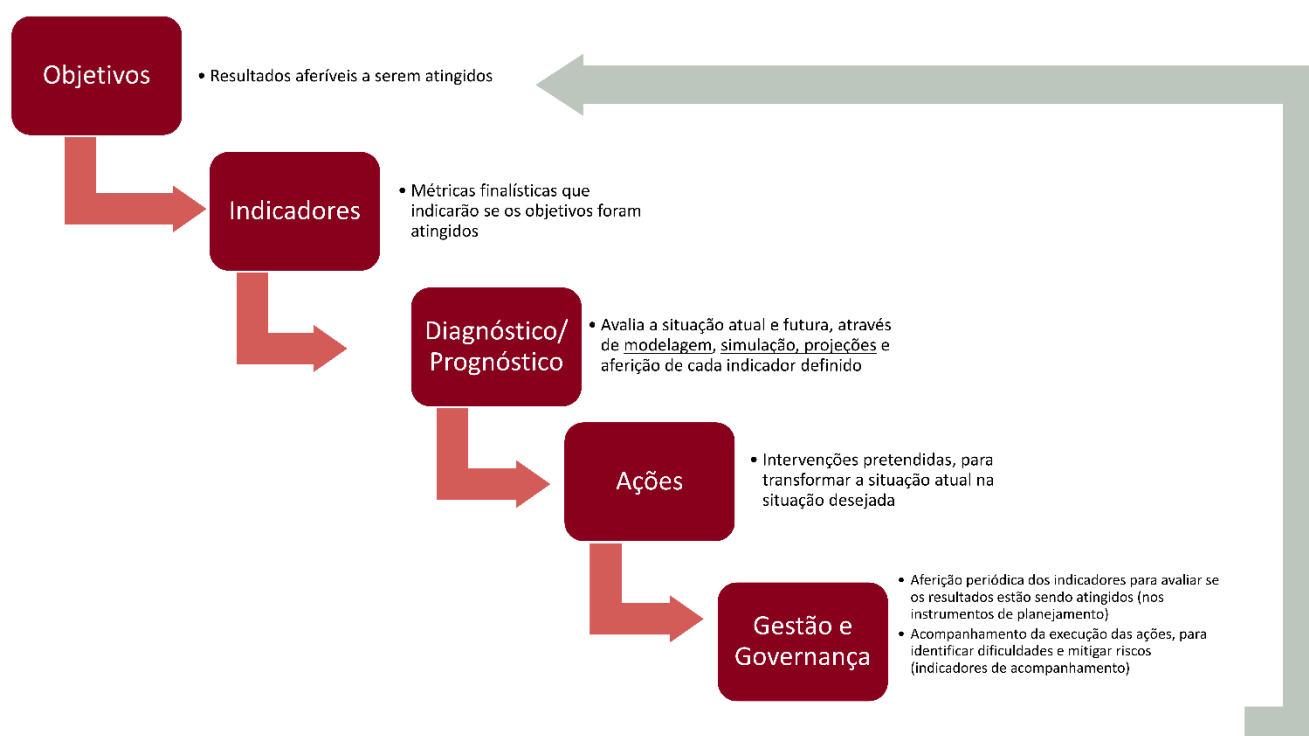


Figura 1 – Esquema geral do planejamento voltado a resultados
Fonte: CODEMGE (2023).

Em maior detalhe, a metodologia adotada para a construção do plano de logística do atual ciclo de planejamento pode ser observada na Figura 2. Cada macro etapa é ainda constituída de diferentes atividades ou processos que, por sua vez, são embasados nas melhores práticas e técnicas voltadas ao planejamento de transportes no Brasil e no mundo.

Em linhas gerais as etapas compreendem:

- Definição dos objetivos do Plano para o atual ciclo de planejamento à luz dos princípios estabelecidos na Política Estadual de Logística e Transportes do Estado de Minas Gerais;
- Vinculação entre os objetivos e os resultados e propriedades do Sistema de Transportes do Estado de Minas Gerais;
- Definição dos indicadores necessários e suficientes à quantificação dos objetivos e definição dos *benchmarks* para cada um desses indicadores;
- Definição dos pesos a serem utilizados na classificação e priorização das ações do Plano;



- Definição da lista de produtos e atualização das Matrizes de Origem-Destino de cargas e pessoas para o Ano Base e projeção das Matrizes de Origem-Destino futuras para o Ano Horizonte do plano considerando projeções macroeconômicas e choques de ofertas futuras mapeadas por novas unidades produtoras;
- Levantamento da Carteira de Ações iniciais que contemplam os empreendimentos e iniciativas para todos os modos de transporte que caracterizam a oferta de infraestrutura para os cenários futuros;
- Simulação em Modelo de Macrossimulação de Transporte do Cenário Base (Ano base) e do Cenário Contrafactual;
- Diagnóstico da situação atual por meio da avaliação dos objetivos, valendo-se dos indicadores selecionados, comparando os resultados obtidos no Cenário Base com os *benchmarks*, identificando necessidades e oportunidades a serem endereçadas no Plano de Ações por meio das metas sugeridas para o atual ciclo de planejamento;
- Simulação em Modelo de Macrossimulação de Transporte dos Cenários Futuros (Ano horizonte);
- Classificação e identificação das ações de alta relevância definido pela aplicação dos pesos estipulados;
- Análise de Prognóstico por meio da avaliação dos objetivos, valendo-se dos indicadores selecionados, comparando os resultados obtidos com o Diagnóstico, identificando se a totalidade das necessidades atendidas tiveram suas metas definidas;
- Proposição de ações adicionais para atingimento das metas estabelecidas no atual ciclo de planejamento;
- Nova simulação em Modelo de Macrossimulação de Transporte considerando as ações de alta relevância e as ações adicionais propostas;
- Reanálise de Prognóstico por meio da avaliação dos objetivos, valendo-se dos indicadores selecionados, garantindo que a totalidade das metas definidas foram atingidas, formando o Plano de Ações definindo as ações públicas e as ações a serem desenvolvidas por parcerias privadas;
- Submissão à sociedade da proposta de Plano de Ações;
- Realização de ajustes e alterações advindos da participação social;
- Elaboração da versão final do Plano Estadual de Logística e Transportes de Minas Gerais definindo prazo esperado, sequenciamento, responsável, resultados dos indicadores específicos de avaliação etc., para cada Ação.

A macro simulação integrada do sistema de transporte, que permite a representação de cenários de planejamento, é realizada por meio de *software* especializado, munido por modelos desenvolvidos pela INFRA S.A. adequados para representar as características de deslocamento de cargas e pessoas pelo território do Estado de Minas Gerais. Em linhas gerais, a macro simulação é inspirada no *Freight Analysis Framework*



(FAF), o modelo de simulação da rede de transportes em nível nacional adotado pela *Federal Highway Administration* (FHWA, 2022), gestora federal das rodovias dos Estados Unidos. A maior parte dos modelos de macro simulação do PELT-MG são os utilizados no PNL 2035 (BRASIL, 2021), com alguns aperfeiçoamentos para melhor calibração dos resultados e atualização da base de dados cadastrais de oferta e demanda dos transportes.

No âmbito da análise de impactos, a metodologia é baseada nas melhores práticas para avaliação de efeitos ampliados de sistemas de transportes, como a *Federal Highway Administration* (FHWA, 2022), que atualmente recomenda, para diferentes situações, parâmetros e ferramentas para as Agências americanas efetuarem Análises Custo Benefício (ACB), Análises de Impactos Econômicos (EIA), modelagem dinâmica para medir impactos de produtividade ou outros métodos simplificados de avaliação adotados por agências estaduais. O Governo da Austrália também apresenta diferentes ferramentas para desenvolvimento de análises de impactos de projetos de infraestrutura de transportes a serem apresentados e avaliados pela gestão. Dentre elas, a Análise Multicritério (AMC ou MCA - *multicriteria analysis*) é a recomendação para as decisões que implicam na escolha de uma alternativa de ação dentre uma longa lista de iniciativas, segundo o *Guide to multi-criteria analysis - Technical guide of the Assessment Framework (Infrastructure Australia (d), 2021)*. Corroborando com as referências do método de AMC para a análise e priorização objetiva de ações em um plano de transportes, o Banco Mundial (Marcelo et al., 2016) propõem o IPF (*Infrastructure Prioritization Framework*), um modelo quantitativo, de natureza multicritério, que tem por objetivo sintetizar as vertentes financeira, econômica, social e ambiental em dois índices: socioambiental e econômico-financeiro. Baseando-se principalmente nas citadas práticas internacionais, foi desenvolvido um modelo de avaliação em nível tático a ser aplicado para classificação das ações do plano em diferentes grupos de impactos potenciais. O modelo é detalhado ao longo deste Relatório, além de ser conteúdo do “Manual de análise de impacto socioeconômico e custo-benefício para apoio ao planejamento de sistemas e infraestruturas de transporte” (BRASIL, 2022).

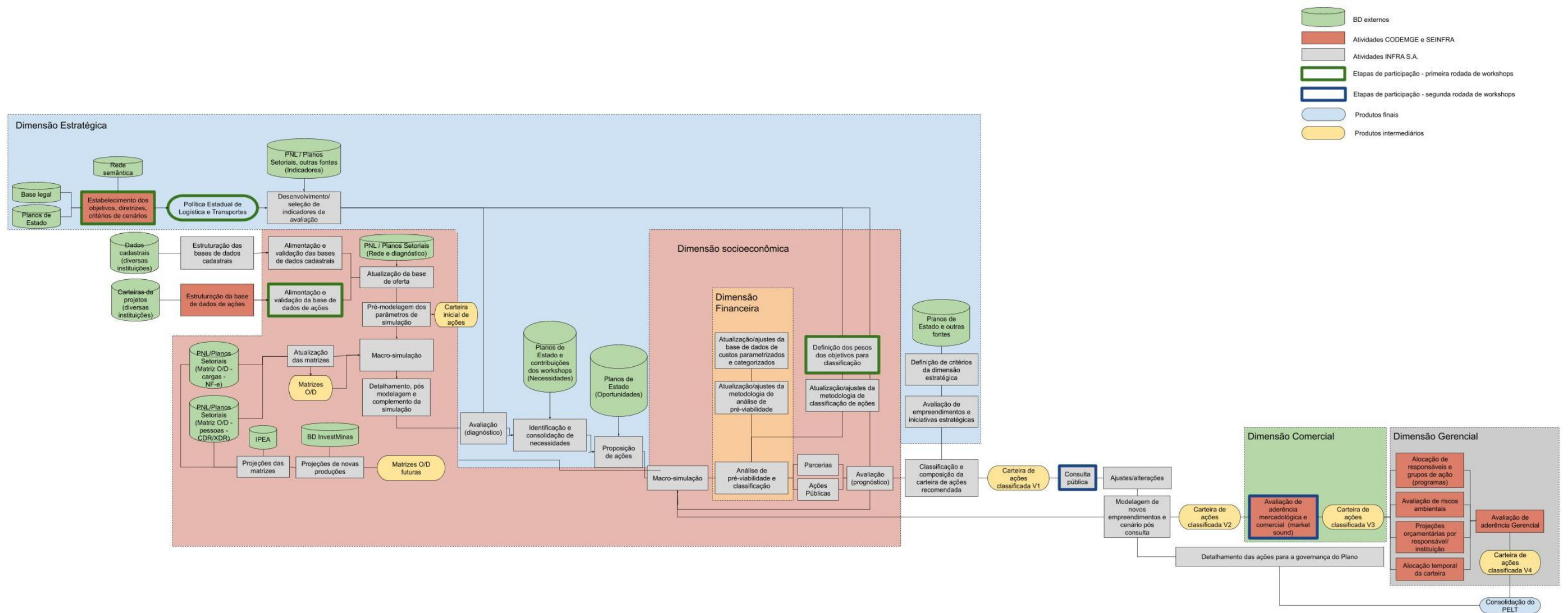


Figura 2 – Fluxograma da metodologia detalhada de desenvolvimento do PELT-MG.
Fonte: CODEMGE (2023).



2 DEFINIÇÕES PADRONIZADAS NO PLANEJAMENTO INTEGRADO DE TRANSPORTES

Para evitar conflitos e interpretações diferentes nos PELT do atual ciclo de planejamento, é necessário que os conceitos e definições de cada instrumento sejam padronizados. Com esse intuito, apresenta-se a seguir o resultado de um conjunto de definições necessárias para o entendimento das fases seguintes do plano.

O primeiro passo dessa padronização foi o estabelecimento da Rede Semântica dos transportes. A Rede Semântica é uma forma de representação do sistema de transportes e indica seus resultados, propriedades, componentes, ambiente e mecanismos. Sua concepção no âmbito do planejamento integrado de transportes permite:

- A identificação e modelagem das bases de dados cadastrais (Componentes e Ambiente);
- A definição dos indicadores finalísticos (Resultados e Propriedades);
- A padronização de objetivos e diretrizes (Resultados, Propriedades e Componentes);
- A consolidação do plano de ações, com distinção entre as ações do plano e os processos de gestão a serem conduzidos de forma corrente (Mecanismos).

A aplicação de redes semânticas no contexto do planejamento de transporte não apenas proporciona uma compreensão mais profunda das interações entre variáveis, como também desempenha um papel crucial na padronização e integração de modelagem, simulação e terminologia técnica entre os distintos subsetores.

As principais vantagens dessa utilização são destacadas de forma resumida a seguir:

- **Terminologia Técnica Unificada**

A diversidade de termos técnicos entre subsetores muitas vezes dificulta a comunicação eficiente entre profissionais e sistemas. As redes semânticas contribuem para a criação de uma terminologia técnica unificada ao estabelecer relações semânticas claras entre os conceitos. Isso não apenas promove a compreensão mútua entre especialistas de diferentes subsetores, mas também facilita a interoperabilidade de sistemas que utilizam dados e informações técnicas, permitindo a troca de boas práticas entre diferentes setores, quando aplicáveis.

- **Criação de sistemas de indicadores**

A abordagem adotada para a modelagem de Sistema de Transportes nos seus principais blocos (componentes, ambiente, propriedades, mecanismos/processos, resultados) permitiu a construção de um sistema de indicadores unificado aplicado de forma equivalente a todos os setores, com as devidas especificidades setoriais a nível de métricas.

- **Padronização de Modelagem**

As redes semânticas oferecem uma estrutura flexível que permite a representação consistente de entidades e relações específicas a cada subsetor. Ao estabelecer uma linguagem comum por meio de



ontologias, as redes semânticas viabilizam a padronização na modelagem, possibilitando que diferentes especialistas e sistemas utilizem uma terminologia uniforme. Isso facilita a criação de modelos integrados que consideram aspectos intermodais, essenciais para entender e otimizar a eficiência de sistemas de transporte interconectados.

- **Simulação integrada**

A utilização de redes semânticas na modelagem e simulação permite uma abordagem integrada, transcendendo as fronteiras tradicionais dos subsetores. Ao conectar elementos-chave, como infraestrutura rodoviária, portuária, ferroviária e hidroviária, as redes semânticas proporcionam uma visão abrangente dos impactos inter-relacionados das decisões em diferentes modos de transporte. Isso permite uma melhor padronização de conceitos complementares como capacidades, infraestruturas, equipamentos e serviços, e é fundamental para a análise de cenários complexos, como a expansão de portos, integração modal e gestão de carga, possibilitando uma tomada de decisão informada e eficaz.

- **Coesão Intermodal e Eficiência Sistêmica**

A adoção de redes semânticas no planejamento de transporte não apenas aprimora a compreensão das dinâmicas intrínsecas aos subsetores, mas também contribui para a coesão intermodal e eficiência sistêmica. Ao padronizar a modelagem, simulação e terminologia técnica, as redes semânticas capacitam os profissionais a desenvolver estratégias de planejamento mais abrangentes e integradas, promovendo um sistema de transporte mais resiliente, sustentável e adaptável às demandas em constante evolução.

Assim, embora a Rede Semântica desenvolvida não seja exatamente um produto de planejamento, ela se constitui em um importante produto complementar, que pode ser gradualmente ampliada e aplicada em outras áreas do planejamento e gestão de sistemas de transportes.

A Rede Semântica é uma forma de representação gráfica do conhecimento por meio da conexão entre arcos e nós (Sowa, 2000). Em uma Rede Semântica, cada nó representa um objeto ou propriedade de um objeto e cada arco representa o relacionamento entre dois nós, conforme esquema apresentado à Figura 3.

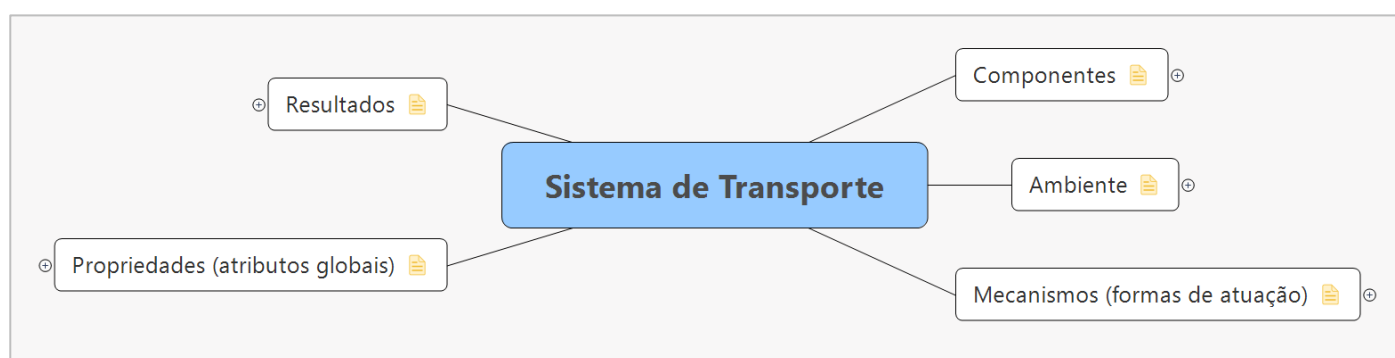


Figura 3 – Primeiro nível da Rede Semântica do Sistema de Transportes no PIT
Fonte: elaboração própria.

As definições dos cinco grupos são:

- **Componentes:** Abrangem todos os elementos internos ao sistema (focando nos seus subcomponentes e atributos) que sejam necessários para a elaboração dos diagnósticos e prognósticos; para a proposição das ações ou para o cálculo dos indicadores.
- **Ambiente:** Abrange todos os elementos externos ao sistema, mas que interferem no seu funcionamento.
- **Propriedades:** são as características globais do sistema como um todo. Aqui são apresentadas dimensões que possam ser avaliadas para o sistema inteiro (ou, no mínimo, cada setor individualmente). Devem ser distinguidas dos atributos individuais de algum componente individual.
- **Resultados:** São os produtos do sistema e são gerados sempre que o sistema atua. Os resultados podem ser divididos em diretos ou indiretos. Os diretos, são resultados puros, consequências diretas na efetivação do transporte, enquanto os indiretos estão relacionados aos efeitos no ambiente ou nos sistemas no qual o sistema de transporte atua ou interfere.
- **Mecanismos:** Formas de atuação e intervenção que alteram os Componentes ou o Ambiente, de forma a induzir alterações nas Propriedades ou nos Resultados.

A Rede Semântica é um instrumento dinâmico e em constante evolução. Seu status atual pode ser observado no APÊNDICE I deste Relatório. Para os propósitos de definição de indicadores de avaliação dos planos de transportes e de padronização dos objetivos, cabe demonstrar elementos que estão dispostos nos resultados e nas propriedades da rede, conforme destacam a Figura 4 e a Figura 5, pois são os efeitos a serem medidos e projetados nos cenários futuros de planejamento.

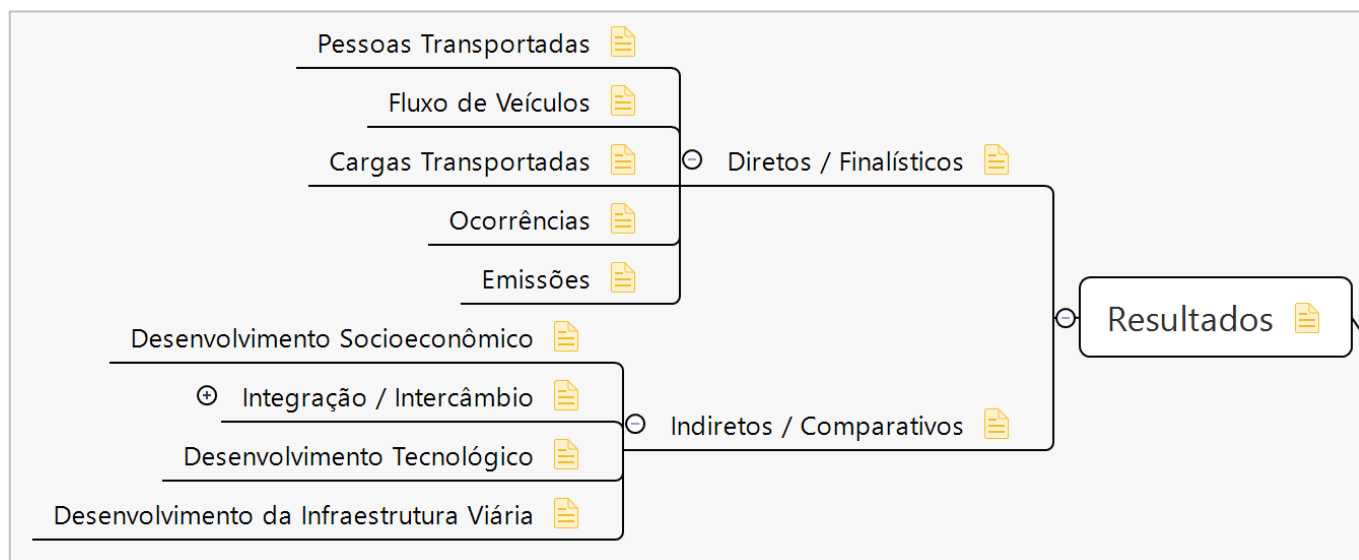


Figura 4 – Descrição dos resultados de um sistema de transportes, conforme a Rede Semântica do Sistema de Transportes no âmbito do PELT

Fonte: elaboração própria.

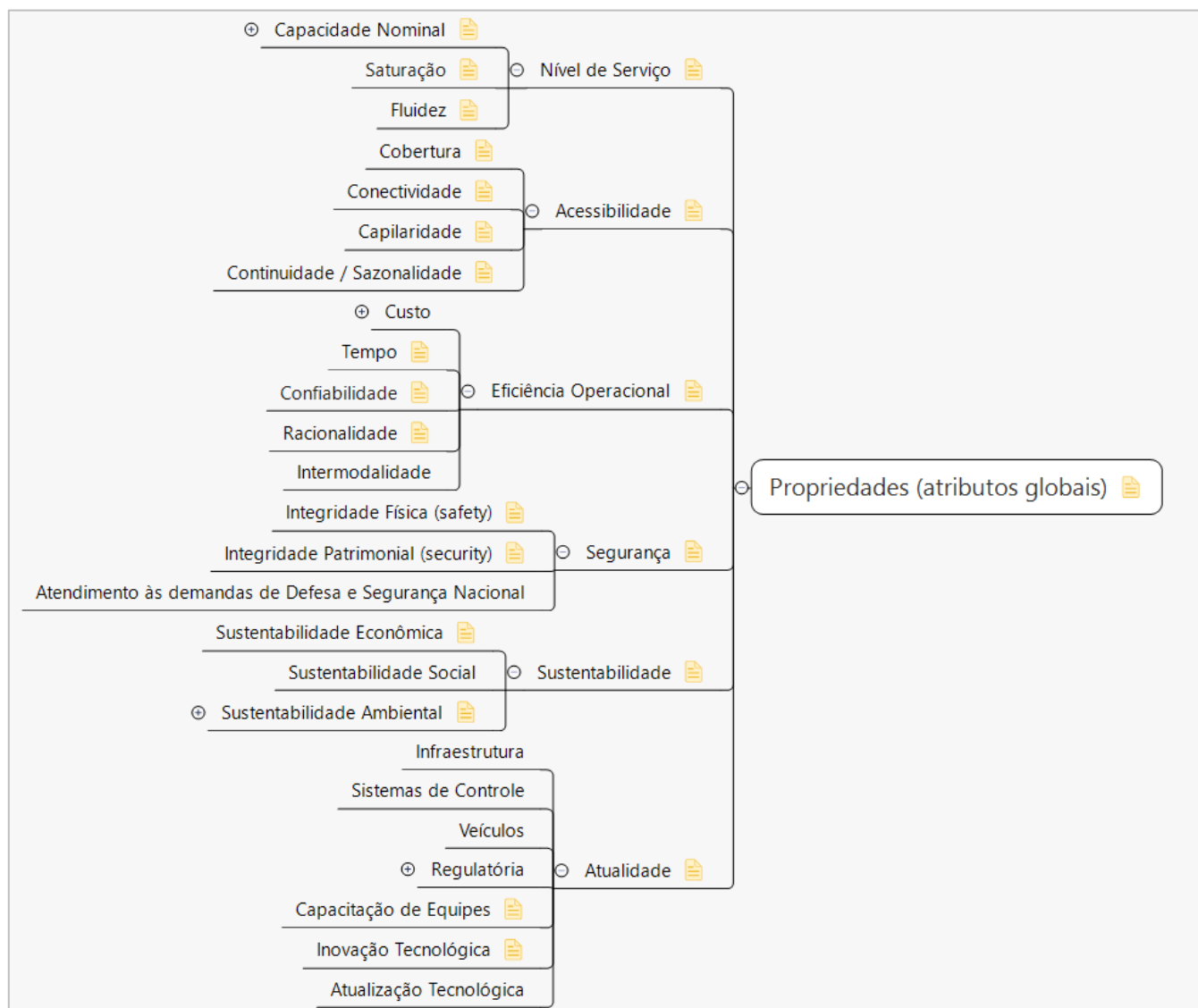


Figura 5 – Descrição das propriedades de um sistema de transportes, conforme a Rede Semântica do Sistema de Transportes

Fonte: elaboração própria.

Os termos e relações estabelecidas na Rede Semântica se baseiam em manuais técnicos e literatura especializada, mas foram ajustadas para ganhar um contexto que pode ser utilizado em qualquer setor, subsistema ou modo de transporte específico.

Dada a complexidade e a abrangência de um sistema de transporte, é natural que nem sempre seja possível a representação de todos os resultados ou propriedades de um sistema durante o planejamento. No entanto, deve-se sempre incorrer esforços para a mensuração de, no mínimo, os elementos que possuem relação com os objetivos estabelecidos no plano.

Pesquisas bibliográficas e o devido tratamento de compatibilização na Rede Semântica resultaram nas seguintes definições para as propriedades e resultados indiretos, que são os elementos alvo de mensuração no atual ciclo de planejamento.



- **PROPRIEDADES** (buscam avaliar e mensurar o estado de um determinado aspecto técnico do sistema como um todo).
 - **Saturação:** Avaliação qualitativa das condições de saturação (demanda / capacidade) de uma corrente de tráfego ou fluxo de carga;
 - **Acessibilidade:** Facilidade de acesso entre as origens e destinos dos desejos de viagem;
 - **Eficiência Operacional:** Capacidade do sistema em fornecer seus produtos e resultados de maneira mais econômica, consumindo o mínimo de recursos, sem que isso prejudique a qualidade; e
 - **Sustentabilidade:** Busca pelo equilíbrio entre a disponibilidade dos recursos e a necessidade de utilização ou exploração deles.
- **RESULTADOS** (buscam avaliar e mensurar os efeitos do sistema sobre o território e a sociedade)
 - **Desenvolvimento da Infraestrutura Viária:** Variação no nível de oferta (disponibilidade e capacidade) na infraestrutura do sistema como um todo, em um determinado intervalo de tempo;
 - **Desenvolvimento Socioeconômico:** Variação nos índices socioeconômicos de referência (população, PIB, nível de emprego etc.) na área de influência do sistema ou infraestrutura analisada, em um determinado intervalo de tempo;
 - **Desenvolvimento Tecnológico:** Variação no nível de atualidade (disponibilidade e capacidade) na infraestrutura do sistema como um todo, em um determinado intervalo de tempo; e
 - **Integração / Intercâmbio:** Existência de canais (infraestrutura e serviços) para intercâmbio facilitado de pessoas e mercadorias entre duas ou mais regiões.

Por meio dos resultados e propriedades citadas, é possível estabelecer relação entre os objetivos de cada setor de transporte, e ainda, entre eles e os elementos de representação utilizados no Plano Nacional de Logística – PNL 2035. Com isso, padroniza-se também os indicadores que mensuram o alcance dos objetivos e possibilitam a avaliação em nível estadual.

3 O PLANEJAMENTO ESTADUAL E O PLANO DE AÇÕES

O foco do Plano Estadual de Logística e Transporte é a análise e avaliação de cenários possíveis de oferta de serviços e infraestruturas, de acordo com objetivos e especificidades do Estado, para a identificação, proposição, classificação e priorização de ações do Plano de Ações. Assim, a principal unidade de análise deste plano são as ações, uma das tipologias de mecanismos, conforme pode ser observado à Figura 6.

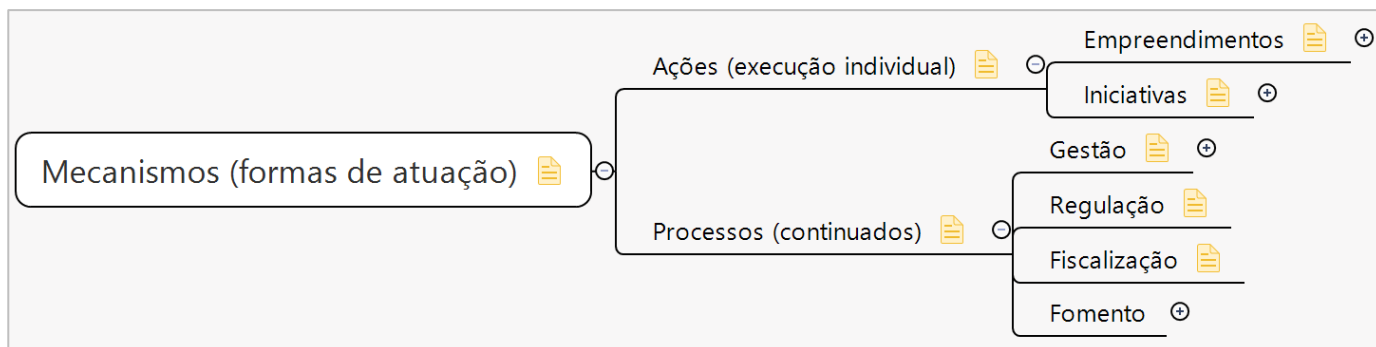


Figura 6 – Descrição dos mecanismos, conforme a Rede Semântica no âmbito do PELT

Fonte: elaboração própria.

Observando a Rede Semântica estabelecida, pode-se encontrar as Ações como um elemento no ramo dos Mecanismos. Ou seja, as Ações e os Processos são os meios pelos quais o Planejador, o Gestor e os demais atores relevantes do setor de transporte atuam sobre os elementos do sistema, de forma a promover alterações no estado geral do sistema, em seus componentes, em suas propriedades e em seus resultados. Conceitualmente:

- **Ações:** intervenções individuais, com começo, meio e fim claramente definíveis e que ao seu final possuem um produto ou resultado claramente observável e aferível;
 - Exemplos: obras de infraestrutura (produto: obra finalizada); estudos regulatórios (produto: relatório final ou minuta de nova lei); desenvolvimento de sistema de informações (produto: o próprio sistema desenvolvido); estudo de atualização de Planejamento Estratégico (produto: relatório final do Plano); etc.;
- **Processos:** intervenções continuadas, que não tem um momento de finalização claro, mas que entregam resultados contínuos;
 - Exemplos: ações de fiscalização; programas de monitoramento ambiental; acompanhamento de sistemas de indicadores; etc.

Assim, percebe-se que os Processos em geral têm forte relação com as atividades continuadas de gestão do sistema de transporte, de forma a manter seu nível de serviço e evitar sua degradação, enquanto, em linhas gerais, as Ações promovem as mudanças evolutivas, em nível tático e operacional.

Dessa forma, as Ações são proposições com algum nível de detalhe ou encaminhamento para sua execução. Elas necessitam ter um produto objetivo e é necessário que possa ser determinada a sua conclusão. Uma



ação deve estar associada à alteração de um ou mais componentes ou do ambiente do sistema (vide Rede Semântica) e deve indicar como promoverá tal alteração.

Para tanto, temos que as ações são classificadas em dois tipos básicos:

- **Empreendimentos:** ação consolidada de nível tático, que agrupa uma ou mais Obras ou Serviços de infraestrutura, como construção, derrocamentos, sinalização, operação etc.; e
- **Iniciativas:** ações “não-obra”, como regulamentação, gestão ambiental, capacitações, estudos etc.

Os dois tipos de ação devem ser considerados nos cenários de simulação e prognósticos e ambos fazem parte do processo de classificação que gera as carteiras de ações finais do plano.

Para fins de padronização da atividade de gestão, bem como forma de garantir uma continuidade das análises a cada ciclo de planejamento, é essencial que fique bem clara a diferença de conceito proposto para um Empreendimento de nível tático e suas Obras componentes, tendo em vista que, no uso cotidiano, esses dois termos são usados praticamente como sinônimos, mas, no âmbito do planejamento integrado de transportes à luz do PELT-MG, eles têm significados bem distintos:

- Uma **Obra**, em geral, é uma intervenção individual, de nível executivo e operacional, com efeito mais pontual e restrito sobre o sistema de transporte e, na maioria das vezes, vinculada a um único contrato; em geral, as obras são planejadas, detalhadas e executadas, direta ou indiretamente, pelas instituições vinculadas (DER-MG, SEINFRA, etc.);
- Um **Empreendimento**, neste contexto, é uma intervenção conjunta formada por um agrupamento de Obras ou serviços com resultados afins, que tem efeito mais estruturante sobre o sistema de transporte e que é alocada a um mesmo responsável, que pode estar em um único contrato (ex.: concessão de uma rodovia) ou em um conjunto de contratos correlacionados (ex.: programa de manutenção rodoviária) podendo ser unimodal ou intermodal. Os empreendimentos tendem a ser a unidade de avaliação e gestão para o Governo do Estado de Minas Gerais, bem como outras instâncias de nível tático ou estratégico (Secretarias, Entidades vinculadas, etc.).

Essa conceituação visa estabelecer uma forma inicial de padronização entre os diversos sistemas e formas de controle de execução de obras, serviços, iniciativas e empreendimentos hoje praticados de forma distinta e distribuída entre os entes Públicos e suas vinculadas, de forma a gradualmente se estabelecer mecanismos de intercâmbio de informação continuados, minimizando o esforço de consolidação e troca de informações entre as diversas instâncias envolvidas nas atividades de planejamento, execução e gestão do sistema de transportes.

Neste contexto, no processo de planejamento adotado para o PELT, a estruturação do Planos de Ações (empreendimentos e iniciativas) então se deu através das seguintes etapas:

- i. Levantamento Inicial das ações atualmente mapeadas para o setor de transporte: as ações de competência do governo federal – Ministérios e suas vinculadas – mas especialmente ações relevantes do Governo Estadual ou municipais, inclusive ações da iniciativa privada, com enfoque no Estado de Minas Gerais;



- ii. Organização e classificação das ações em Empreendimentos e Iniciativas: nesta fase as ações são classificadas de acordo com seu produto (infraestrutura ou não) e são agrupadas em nível tático (conjuntos de obras e serviços afins entre si, mesmo que em contratos distintos, podem ser agrupadas em um mesmo empreendimento);
- iii. Modelagem dos impactos: cada ação é analisada quanto a seu impacto potencial individual sobre os modelos de simulação – especialmente as ações que afetam custos e capacidades; em geral, observa-se que os Empreendimentos de infraestrutura afetam fortemente as capacidades, modelagem de segurança (taxas de acidentes) e outros aspectos correlatos, enquanto as Iniciativas podem ter fortes efeitos nas reduções de custos setoriais (ex. BR do Mar), ou programas de renovação de frota e outras inovações tecnológicas;
- iv. Agrupamento das ações em conjuntos coerentes de acordo com os cenários a serem testados: para cada cenário previamente definido, de acordo com seu critério definidor, as ações (empreendimentos e iniciativas) são avaliadas quanto a sua pertinência naquele cenário. Ao fim dessa atividade, tem-se as listas detalhadas de ações que compõem cada cenário de prognóstico, que são encaminhadas para simulação e projeções;
- v. Simulação dos efeitos em cada cenário: os cenários de prognóstico são simulados para se quantificar os impactos de forma conjunta quanto à alocação da demanda projetada na rede de infraestrutura ofertada no cenário, obtendo-se os carregamentos viários, saturações, projeções de acidentes e emissões veiculares, entre outros efeitos modelados;
- vi. Proposição de Ações complementares: a depender dos resultados dos cenários, quando comparados com as Necessidades e Oportunidades estabelecidas no nível estratégico de planejamento (consolidado no Plano Nacional de Logística – PNL) ou comparados com a avaliação do Diagnóstico do PELT-MG, podem ser propostas e testadas novas ações, além daquelas inicialmente levantadas junto aos atores, com vistas a se atingir os níveis de resultados pretendidos para o presente ciclo de planejamento;
- vii. Classificação das ações, quanto a sua relevância, e priorização: ao fim da rodada de prognósticos, o conjunto final de ações selecionadas é então classificado quanto a sua relevância ponderado nos diferentes cenários em que ele foi testado, de forma que cada ação é classificada quanto a seu grupo de relevância (alta, média ou baixa);
- viii. Consolidação do Plano de Ações: após a classificação das ações, o Plano de Ações é consolidado, onde cada ação recebe seu detalhamento descritivo final (prazo esperado, sequenciamento, responsável, resultados dos indicadores específicos de avaliação etc.)



4 DEFINIÇÃO DE PRINCÍPIOS, OBJETIVOS E DIRETRIZES

Outras definições relevantes para o entendimento da metodologia adotada no atual ciclo de planejamento são os conceitos de princípios, objetivos e diretrizes. Em diferentes planos já publicados pela Administração, há certa confusão ou sobreposição entre esses termos, o que muitas vezes dificulta ou mesmo impossibilita uma governança adequada.

Com vistas a se mitigar essas situações e atender com eficácia as boas práticas internacionais e as recomendações de órgãos de controle, foi realizada uma pesquisa bibliográfica para padronização de cada um destes conceitos no âmbito do PELT, principalmente, baseando-se num esforço de aplicar da forma mais direta possível os conceitos já estabelecidos na Política Nacional de Transportes.

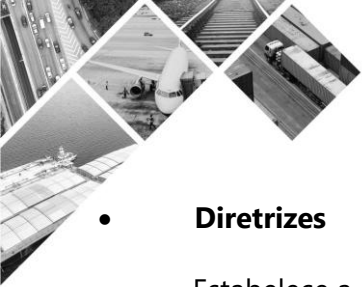
Assim, para cada elemento, foi observado o conceito estabelecido pela Política Nacional de Transportes (PNT) e foram estabelecidos critérios adicionais para que sua aplicação se tornasse a mais objetiva possível:

- **Princípios**

- Dizem respeito aos preceitos, leis ou pressupostos considerados universais, sendo incontestáveis e de apreensão imediata, uma vez que refletem o pensamento do Estado e, em última instância, da sociedade;
- Toda a definição de objetivos, assim como o desenvolvimento de diretrizes, estratégias e ações devem levar em consideração estes elementos referenciais, nunca atentando contra eles (Magalhães & Yamashita, 2015);
- Cada ação proposta, no momento da consolidação do Plano de Ações, deve ser avaliada quanto ao atendimento dos princípios estabelecidos; ações que não estejam inteiramente aderentes a qualquer dos princípios devem ser ajustadas de forma a se garantir sua inteira observância.

- **Objetivos**

- Estabelecem o que se pretende alcançar;
- Todo Objetivo deve ser aferível, ou seja, deve ser possível de se determinar se foi alcançado ou não;
- Devem estabelecer objetivamente um resultado esperado; sua redação deve indicar quais Resultados ou Propriedades do sistema/setor e como devem ser impactadas (vide Rede Semântica);
- A princípio, todo objetivo deve ser dotado de pelo menos um Indicador de acompanhamento, a ser definido ao longo da elaboração do Plano, permitindo seu acompanhamento posterior;
- Objetivos pré-existentes com redações subjetivas ou indicativas, que dificultem a efetiva verificação de consecução, devem ser reenquadrados como diretrizes; ao mesmo tempo, Objetivos com redações muito específicas, cujo efeito é na verdade um produto pontual devem ser reenquadrados como ações.



• Diretrizes

- Estabelece a definição de um caminho a seguir, uma direção metodológica;
- As diretrizes devem indicar como as estratégias e ações deverão ser conduzidas, sem necessariamente definir um produto; (por exemplo: “considerar as normas ambientais no desenvolvimento ferroviário”; “priorizar o setor hidroviário em detrimento do rodoviário”). São regras metodológicas que afetam várias ações, e devem ser observadas sempre que aplicáveis.

Posto isso, a proposta de princípios, objetivos e diretrizes foi realizada a partir da relação desses conceitos com um estudo de benchmarking de planos de transporte e logística nacionais e estaduais. Foram levados em consideração os seguintes documentos:

- Plano Mineiro de Desenvolvimento Integrado (MINAS GERAIS, 2023);
- Plano Estratégico de Logística e Transportes de Minas Gerais do ano de 2006 (MINAS GERAIS, 2006);
- Planos de Mobilidade Região Metropolitana de Belo Horizonte (MINAS GERAIS, 2023);
- Política Nacional de Transportes (BRASIL, 2018);
- Plano Nacional de Logística 2035 – PNL 2035 (BRASIL, 2023); e
- Plano Estratégico Ferroviário de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2021).

Cumprе destacar que a metodologia foi adotada para se obter uma proposição inicial da Política para discussão com a sociedade através de *Workshops* e consulta pública. Portanto, são passíveis alterações, que podem demandar revisão nos indicadores propostos.

4.1 PRINCÍPIOS – POLÍTICA ESTADUAL DE LOGÍSTICA E TRANSPORTES

A definição clara de princípios advindos da Política Estadual de Logística e Transportes do Estado de Minas Gerais, especialmente dentro do contexto do Plano Estadual de Logística e Transportes, desempenha um papel crucial no estabelecimento de diretrizes sólidas e sustentáveis para o desenvolvimento da infraestrutura de transporte. Estes princípios, ao servirem como alicerces orientadores e moldam a abordagem ética, social e ambiental do sistema de transporte. Em um estado tão vasto e diversificado como Minas Gerais, a definição de princípios na Política Estadual de Logística e Transportes é essencial para garantir uma abordagem equitativa, eficiente e alinhada com as necessidades emergentes da população, contribuindo assim para um futuro logístico que promova o crescimento econômico sustentável e a melhoria da qualidade de vida para todos os mineiros.

A partir dos esforços conjuntos entre SEINFRA e CODEMGE para elaboração da Política Estadual de Logística e Transportes e do Plano Estadual de Logística e Transporte de Minas Gerais, estão apresentadas sugestões de exemplos apresentados na Tabela 2 para a elaboração de ambos os documentos. Vale ressaltar que para tanto foram consideradas as definições descritas no item 4.



Tabela 2 – Exemplo para os conceitos utilizados na elaboração de políticas e planejamento de transporte

Conceito	Exemplo
Princípios	Respeito à vida
Objetivos	Aumentar a acessibilidade do sistema
Diretrizes	Considerar todos os modos de transporte durante o diagnóstico e simulações do plano
Estratégias	Parcerias Público-Privadas são estratégias de implementação de ações (obras, projetos) quando não há recursos disponíveis para todos os investimentos

Fonte: CODEMGE (2023).

Após compilação de planos de transportes anteriores, definiu-se o conjunto de Princípios norteadores do PELT-MG, quais sejam:

- Respeito à vida e ao meio ambiente;
- Excelência institucional;
- Excelência técnica;
- Planejamento intermodal, integrado e sistêmico;
- Atendimento prioritário às visões e necessidade dos usuários/sociedade.

4.2 OBJETIVOS

Para o estabelecimento dos objetivos da Política Estadual de Logística e Transportes de Minas Gerais, adotou-se, inicialmente, os elementos referentes a resultados ou propriedades da Rede Semântica, conforme exhibe a Tabela 3.



Tabela 3 - Resultados e propriedades da Rede Semântica

1. Pessoas Transportadas
2. Fluxo de Veículos
3. Cargas Transportadas
4. Ocorrências
5. Emissões
6. Desenvolvimento Socioeconômico
7. Integração/Intercâmbio
8. Desenvolvimento Socioeconômico
9. Desenvolvimento Tecnológico
10. Desenvolvimento da Infraestrutura Viária
11. Capacidade
12. Acessibilidade
13. Eficiência Operacional
14. Segurança
15. Sustentabilidade
16. Atualidade
17. Satisfação do Usuário

Fonte: CODEMGE (2023).

A partir desses elementos, foi realizado o *benchmarking* dos planos citados na seção 4 a fim de ratificar a hipótese de que os instrumentos de planejamento existentes estabelecem objetivos similares aos elementos de resultados ou propriedades da Rede Semântica. A Tabela 4 apresenta a relação entre os elementos (resultados ou propriedades) da Rede Semântica e os objetivos dos planos selecionados no *benchmarking*.



Tabela 4 - Relação entre os elementos da Rede Semântica e o *benchmarking* dos objetivos

Id	Elementos	PNT (BRASIL, 2018)	PNL 2035 (BRASIL, 2021)	PELT (MINAS GERAIS, 2006)	PMDI (MINAS GERAIS, 2019)	PEF (MINAS GERAIS, 2021)	PLCRMBH (MINAS GERAIS, 2023)
1	Pessoas transportadas					X	
2	Fluxo de veículos						
3	Cargas transportadas						
4	Ocorrências						
5	Emissões						
6	Desenvolvimento Socioeconômico	X	X			X	X
7	Integração/ Intercâmbio	X	X	X		X	
8	Desenvolvimento Tecnológico						X
9	Desenvolvimento da Infraestrutura						
10	Capacidade						
11	Acessibilidade	X	X				
12	Eficiência Operacional	X	X	X		X	X
13	Segurança	X	X		X	X	
14	Sustentabilidade	X	X	X	X	X	X
15	Atualidade						
16	Satisfação do Usuário					X	

Fonte: CODEMGE (2023).



A Política Nacional de Transportes (BRASIL, 2018), em seu documento original, estabelece 12 objetivos, dos quais 5 deles são enquadrados entre diretrizes ou estratégias de acordo com os conceitos estabelecidos no início do relatório. Os demais objetivos relacionam-se com elementos da Rede Semântica, conforme exhibe a Tabela 5.

Tabela 5 - Relação entre os objetivos da PNT e os elementos da Rede Semântica

Objetivos PNT	Classificação	Elemento
Prover um sistema acessível, eficiente e confiável para a mobilidade de pessoas e bens	Objetivo	11, 12
Garantir a segurança operacional em todos os modos de transportes.	Objetivo	13
Prover uma matriz viária racional e eficiente.	Objetivo	12
Promover a participação intra e interinstitucional, considerando sociedade, governo e mercado, no desenvolvimento de uma política de transporte integrada.	Diretriz	
Planejar os sistemas de logística e transportes a partir de uma visão territorial, integrada e dinâmica	Diretriz	
Disciplinar os papéis dos atores do Setor de Transportes do Governo Federal.	Estratégia	
Dar transparência à sociedade, ao mercado e aos agentes públicos quanto às ações governamentais do Setor de Transportes.	Estratégia	
Incorporar a inovação e o desenvolvimento tecnológico para o aperfeiçoamento contínuo das práticas setoriais.	Estratégia	
Promover a cooperação e a integração física e operacional internacional.	Objetivo	7
Considerar as particularidades e potencialidades regionais nos planejamentos setoriais de transportes.	Objetivo	6
Atuar como vetor do desenvolvimento socioeconômico e sustentável do país.	Objetivo	6
Garantir a infraestrutura viária adequada para as operações de segurança e defesa nacional.	Objetivo	13

Fonte: CODEMGE (2023).

O PNL 2035 (BRASIL, 2021) estabelece os mesmos objetivos definidos na PNT, sendo que a partir desses objetivos, foram listados 12 elementos de representação similares aos elementos estabelecidos na Rede Semântica, ilustrados na Figura 7. Dentre os elementos de representação estabelecidos, apenas confiabilidade, racionalidade da matriz modal, impacto do transporte no desenvolvimento econômico nacional e sustentabilidade econômica não estão representados na Rede Semântica.

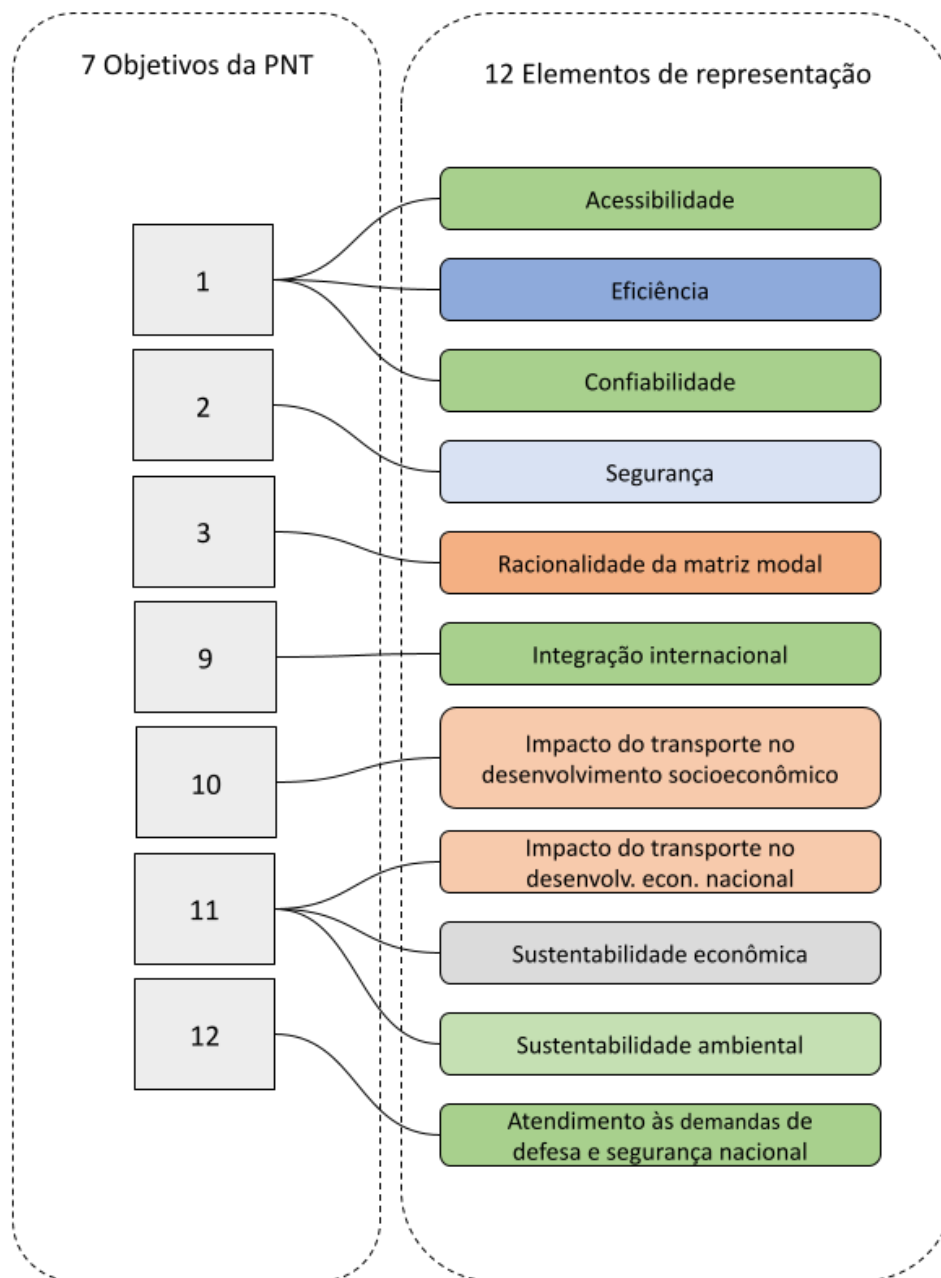


Figura 7 - Objetivos e elementos de representação do PNL 2035
Fonte: BRASIL (2021).

Já o Plano Estratégico de Logística e Transportes de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2006) não estabelece objetivos em nenhuma seção do plano. Apesar disso, a partir da leitura dos capítulos “Introdução” e “Desafios logísticos e a importância do planejamento setorial”, listaram-se possíveis objetivos que o plano pretende alcançar, como:

- Estruturar um sistema logístico adequado;
- Demandar investimentos inteligentes;



- Identificar caminhos para o aumento de eficiência;
- Racionalizar a atividade logística;
- Fomentar a multimodalidade;
- Promover ganhos socioambientais;
- Buscar desenvolvimento econômico-regional com geração de emprego e criação de riqueza;
- Reduzir custos logísticos;
- Aumentar a competitividade das empresas e das regiões.

O Plano Mineiro de Desenvolvimento Integrado (PMDI) (MINAS GERAIS, 2019) estabelece o planejamento governamental de longo prazo para nove áreas estratégicas, entre elas, a área de infraestrutura e mobilidade. Dentre os dez objetivos gerais estabelecidos para o PMDI, 2 objetivos estão relacionados ao sistema de transporte, conforme indica a Tabela 6.

Tabela 6 - Relação entre os objetivos do PMDI e os elementos da Rede Semântica

Objetivos PMDI	Classificação	Elemento
Ser um Estado simples, eficiente, transparente e inovador	Inadequado	
Aumentar a segurança e a sensação de segurança	Objetivo	13
Proporcionar acesso a serviços de saúde de qualidade	Inadequado	
Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas	Objetivo	14
Ser referência em qualidade, eficiência e oportunidade em ensino	Inadequado	
Reduzir a vulnerabilidade social, promovendo o acesso a direitos e a trajetória para a autonomia	Inadequado	
Desestatizar e estabelecer parcerias com o setor privado	Estratégia	
Recuperar o equilíbrio econômico e financeiro do Estado	Inadequado	
Ser o melhor destino turístico e cultural do Brasil	Inadequado	
Ser o Estado mais competitivo e mais fácil de se empreender no Brasil, em agronegócio, indústria e serviços, propiciando ambiente para maior geração de emprego e renda e promovendo o desenvolvimento regional com vistas à redução das desigualdades	Inadequado	

Fonte: CODEMGE (2023).

O Plano Estratégico Ferroviário (PEF) (MINAS GERAIS, 2021) estabelece 7 objetivos para o setor ferroviário, no entanto, apenas um é classificado como objetivo de acordo com os conceitos pré-estabelecidos neste relatório, conforme apresenta a Tabela 7.



Tabela 7 - Relação entre os objetivos do PEF e os elementos da Rede Semântica

Objetivos PEF	Classificação	Elemento
Realizar o diagnóstico situacional do sistema ferroviário atual e seu prognóstico, no horizonte de 2035, incluindo a integração com outras modalidades de transporte	Diretriz	
Identificar e avaliar abordagem que favoreça o convívio de serviços de transporte ferroviário de passageiros (regional e ou turístico), sem que haja obrigatoriamente o compartilhamento de linhas e outros ativos, com os trens de passageiros sendo conduzidos por operadores independentes	Estratégia	
Avaliar propostas de novos projetos ferroviários potencialmente relevantes para compor um portfólio que será objeto de análise de pré-viabilidade	Estratégia	
Estudar o aproveitamento de linhas paralisadas ou consideradas antieconômicas por seus atuais concessionários, em modelo regulatório alternativo, com vistas ao desenvolvimento de novos serviços de transporte de cargas e ou passageiros no modelo <i>short-line</i>	Estratégia	
Ampliar os serviços de transporte de passageiros sobre trilhos na Região Metropolitana de Belo Horizonte	Objetivo	1
Equalizar as especificações técnicas relacionadas aos levantamentos de demanda de passageiros como consequência de estudos de: conversão de linha férreas desativadas para o transporte urbano ferroviário de passageiros; implantação de serviços de transporte ferroviário regional de passageiros; implantação de serviços de transporte ferroviário metropolitano de passageiros; implantação de trens turísticos	Estratégia	
Disponibilizar ferramentas de <i>dashboards</i> para informação pública de dados e resultados de propostas avaliadas de acordo com políticas de participação social definida pela SEINFRA	Estratégia	

Fonte: CODEMGE (2023).

Ainda no PEF, são definidas nove missões do plano, que, uma vez reinterpretada com base nos conceitos estabelecidos no início deste relatório, enquadram-se em objetivos, sendo eles indicados na Tabela 8.

Tabela 8 - Relação entre missões do PEF e os elementos da Rede Semântica

PEF Missão	Classificação	Elemento
Diminuição do tempo de viagem	Objetivo	12
Aumento da Mobilidade	Objetivo	9, 11
Diminuição do tráfego e acidentes	Objetivo	13
Aumento da qualidade de vida	Objetivo	16
Desenvolvimento da infraestrutura e logística	Objetivo	9
Integração com os demais modais	Objetivo	7
Redução dos níveis de emissões de CO ₂	Objetivo	5, 14
Desenvolvimento econômico	Objetivo	6
Desenvolvimento do turismo e cultura	Objetivo	6

Fonte: CODEMGE (2023).



O Plano de Logística de Cargas da Região Metropolitana de Belo Horizonte (PLCRMBH) (MINAS GERAIS, 2023), que aborda o fluxo de cargas e de caminhões que circulam na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), elenca um objetivo geral: “promover o desenvolvimento econômico da RMBH e do Estado de MG através do transporte eficiente e sustentável de cargas na RMBH”.

Ademais, o plano destaca os seguintes objetivos que se relacionam com os elementos da Rede Semântica exibidos na Tabela 9.

Tabela 9 - Relação entre os objetivos do PLCRMBH e os elementos da Rede Semântica

Objetivos PLCRMBH	Classificação	Elemento
Otimização dos custos das cadeias produtivas	Objetivo	12
Adequação da distribuição modal às especificidades das cargas e distâncias	Objetivo	
Suporte às potencialidades econômicas regionais e locais	Objetivo	6
Indicação de melhorias na infraestrutura logística	Estratégia	
Utilização de tecnologia e inteligência da informação no planejamento do transporte e logística	Objetivo	8
Mitigação dos impactos ambientais e socioeconômicos	Objetivo	14

Fonte: CODEMGE (2023).

Uma vez que foi verificada a relação dos objetivos dos planos analisados com os elementos de representação da Rede Semântica, **sendo esta associação verificada uma vez ou mais**, definiu-se assim os seguintes objetivos para a Política Estadual de Logística e Transportes de Minas Gerais:

- Prover um sistema acessível para a mobilidade de pessoas e bens;
- Ampliar os serviços de transporte de passageiros e de cargas;
- Gerar desenvolvimento socioeconômico no estado;
- Promover cooperação e integração física e operacional entre os diferentes modos de transporte;
- Ampliar a incorporação da tecnologia e da inteligência da informação nas atividades relativas ao transporte e logística;
- Aumentar a eficiência do sistema de transportes, com otimização de custos e diminuição do tempo de viagem;
- Garantir a segurança operacional e a redução de acidentes em todos os modos de transportes;
- Atuar como vetor do desenvolvimento sustentável e mitigar os impactos ambientais decorrentes das atividades relacionadas ao transporte.

A Figura 8 apresenta a relação entre os Objetivos do PELT-MG e os Resultados e Propriedades do Sistema de Transportes.

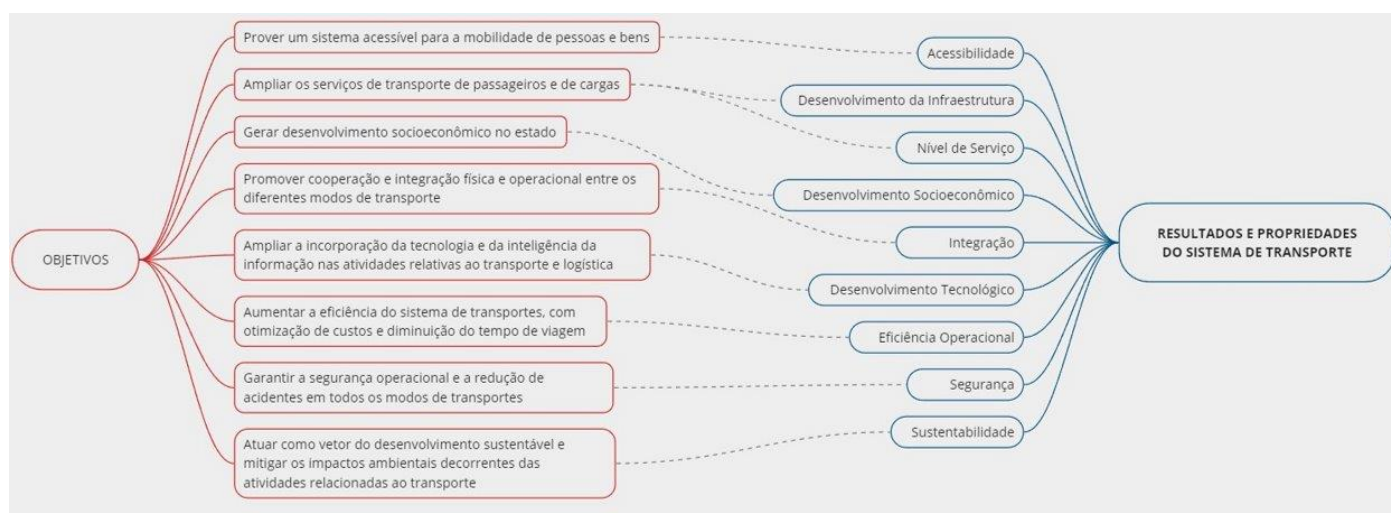


Figura 8 – Relação entre os objetivos do PELT-MG e os Resultados e Propriedades do Sistema de Transportes
Fonte: CODEMGE (2023).

4.3 DIRETRIZES

De modo similar ao que foi desenvolvido para a proposição de objetivos, o *benchmarking* de diretrizes iniciou-se com a análise das diretrizes estabelecidas na PNT (BRASIL, 2018), apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 - Classificação das diretrizes da PNT

Diretriz PNT	Classificação
Ofertar um sistema viário integrado, eficiente e seguro, com vistas ao aperfeiçoamento da mobilidade de pessoas e bens, à redução dos custos logísticos e ao aumento da competitividade	Diretriz
Promover e aperfeiçoar a integração e articulação entre os órgãos do Setor de Transportes, bem como entre estes e outros órgãos afins, a partir da visão sistêmica, coordenação e sinergia entre as ações	Diretriz
Estimular a articulação interinstitucional para o aprimoramento do planejamento e avaliação das ações setoriais voltadas ao desenvolvimento socioeconômico e regional	Estratégia
Estruturar o arranjo institucional para uma coerente distribuição de competências no âmbito do Ministério e das instituições vinculadas em prol do desenvolvimento e cumprimento das ações setoriais	Estratégia
Propor, na esfera intersetorial, substratos jurídicos consistentes e coerentes de modo a proporcionar um ambiente seguro e confiável para a aplicação de recurso nos sistemas de logística e transportes	Estratégia
Estabelecer, na esfera intrasetorial, regramentos consistentes e efetivos, de modo a ensejar segurança jurídica no planejamento e investimentos no Setor de Transportes	Estratégia
Divulgar dados, informações e ações do Setor de Transportes, confiáveis e integrados, de modo amplo, periódico e acessível	Diretriz
Considerar os aspectos socioeconômicos da não implantação da infraestrutura de transportes	Diretriz
Aprimorar continuamente a gestão das infraestruturas, operações e serviços de transportes	Estratégia
Regular e fiscalizar, de modo efetivo, os serviços de transporte prestados à sociedade	Estratégia



Valorizar e qualificar os recursos humanos das instituições governamentais do Setor de Transportes por meio do desenvolvimento de competências estratégicas, da atração e retenção de talentos e da criação de ambiente motivacional propício	Estratégia
Incentivar o intercâmbio de conhecimentos e experiências com instituições nacionais e internacionais para o aperfeiçoamento das práticas setoriais.	Estratégia
Desenvolver estudos e pesquisas voltados à modernização da gestão e à incorporação de inovações no sistema de transportes	Diretriz
Aprimorar o sistema de transportes com vistas ao fortalecimento de regiões economicamente dinâmicas e consolidadas	Diretriz
Induzir o desenvolvimento de regiões economicamente estagnadas e deprimidas a partir de um sistema viário eficiente	Diretriz
Planejar as infraestruturas de transportes à luz das particularidades regionais e ambientais	Diretriz
Alinhar as iniciativas nacionais com as políticas e o planejamento dos países vizinhos em favor da geração de livre trânsito e interoperabilidade setorial	Diretriz
Considerar os aspectos socioambientais, econômicos, políticos e culturais no planejamento de transportes	Diretriz
Promover a expansão e manutenção contínuas, técnica e financeiramente sustentáveis, do sistema viário federal	Objetivo
Alinhar as ações setoriais à luz das Diretrizes Socioambientais do Ministério	Estratégia

Fonte: CODEMGE (2023).

Ainda, no tocante à PNT, inicialmente definidos como objetivos, mas enquadrados como diretrizes estão:

- Promover a participação intra e interinstitucional, considerando sociedade, governo e mercado, no desenvolvimento de uma política de transporte integrada;
- Planejar os sistemas de logística e transportes a partir de uma visão territorial, integrada e dinâmica.

O Plano Nacional de Logística 2035 (BRASIL, 2021) estabeleceu as mesmas diretrizes da PNT apontadas na Tabela 10, porém já com o entendimento de que nem todas as diretrizes estabelecidas originalmente no plano se referem a direcionamentos para o desenvolvimento do plano.

O PELT 2006 (MINAS GERAIS, 2006), o PEF (MINAS GERAIS, 2023) e o PLCRMBH (MINAS GERAIS, 2023) não estabelecem diretrizes em seus planos.

Embora o PEF indique como objetivo, este enquadra-se como diretriz: "Realizar o diagnóstico situacional do sistema ferroviário atual e seu prognóstico, no horizonte de 2035, incluindo a integração com outras modalidades de transporte".

Por fim, o PMDI (MINAS GERAIS, 2019) define "Diretrizes Estratégicas" para a área de infraestrutura e mobilidade, que se referem às estratégias, pois tratam de uma linha de ação concreta para o setor, conforme exhibe a Tabela 11.



Tabela 11 - Classificação das diretrizes estratégicas do PMDI

Diretrizes Estratégicas PMDI	Classificação
Aperfeiçoar a governança das obras públicas e retomar a capacidade de execução, buscando soluções de parceria para a conclusão e adotando medidas preventivas na conservação de obras	Estratégia
Priorizar iniciativas que resultem em melhoria na qualidade dos serviços de transporte metropolitano e intermunicipal com impacto tarifário baixo	Estratégia
Avaliar modelagem de contratos com parceiros privados para identificar possibilidades de otimização	Estratégia
Firmar parcerias com setor privado para investimentos em infraestrutura e promover melhoria da qualidade dos serviços sem onerar cofres públicos	Estratégia
Promover investimentos em infraestrutura, logística, energia e serviços com capacidade de induzir o desenvolvimento de novos negócios e atividades produtivas nas regiões Norte e Nordeste do Estado	Estratégia

Fonte: CODEMGE (2023).

Dessa forma, consolidando as diretrizes analisadas nos planos citados e evoluções discutidas pela equipe técnica do plano, são recomendadas para a Política Estadual de Logística e Transportes e para o Plano Estratégico de Logística e Transportes as diretrizes, relacionadas com os elementos da Rede Semântica propostos para os objetivos, apontadas na Tabela 12.



Tabela 12 - Proposta de diretrizes relacionadas aos elementos da Rede Semântica

ID	Diretriz	Pessoas Transportadas	Eficiência	Integração	Segurança	Desenvolvimento Tecnológico	Desenvolvimento Socioeconômico	Sustentabilidade	Satisfação do usuário
1	Promover a oferta de um sistema viário integrado, eficiente, seguro, sustentável e moderno, com vistas ao aperfeiçoamento da mobilidade de pessoas e de bens, à redução dos custos logísticos e ao aumento da competitividade	X	X	X	X	X		X	X
2	Promover e aperfeiçoar a integração e a articulação entre os órgãos do Setor de Transportes, bem como entre estes e outros órgãos afins, a partir de visão sistêmica, coordenação e sinergia entre as ações			X				X	
3	Estruturar e divulgar dados, informações e ações do Setor de Transportes, confiáveis e integrados, de modo amplo, periódico e acessível		X			X		X	
4	Evidenciar os aspectos socioeconômicos da não implantação da infraestrutura de transportes, considerando tanto a sustentabilidade financeira quanto a sustentabilidade econômica dos empreendimentos						X		
5	Incorporar atributos que possibilitem avaliar a modernização da gestão e a incorporação de inovações no sistema de transportes					X			
6	Aprimorar o sistema de transportes, com vistas ao fortalecimento de regiões economicamente dinâmicas e consolidadas						X		
7	Induzir o desenvolvimento de regiões economicamente enfraquecidas ou estagnadas, a partir de um sistema viário eficiente		X				X		
8	Considerar as particularidades e potencialidade regionais, nas esferas social, ambiental e econômica, para o planejamento setorial de transportes e o planejamento das infraestruturas de transportes						X	X	
9	Planejar os sistemas de logística e transportes a partir de uma visão territorial, integrada e dinâmica a níveis de planejamento, operacional e técnico		X	X		X			
10	Incluir no planejamento todos os modos de transporte que contribuam para o desenvolvimento regional, para a sustentabilidade ambiental e socioeconômica de Minas Gerais						X	X	
11	Promover o alinhamento das iniciativas nacionais e estaduais, em favor da geração de livre trânsito e interoperabilidade setorial	X		X					
12	Promover e incentivar a participação intra e interinstitucional, considerando sociedade, governo e mercado no desenvolvimento de uma política de transporte integrada			X					

Fonte: CODEMGE (2023).



5 DEFINIÇÃO DE INDICADORES

A metodologia de Planejamento Orientada a Resultados é tão efetiva quanto forem suas métricas de aferição de resultados. Neste contexto, o estabelecimento de um Sistema de Indicadores padronizado, que permita um adequado estabelecimento de Objetivos, *Benchmarks* e Metas, é essencial para o que o plano possa ser adequadamente estabelecido e acompanhado. Um bom sistema de indicadores deve fornecer uma base objetiva para a avaliação de desempenho, estabelecimento de metas e tomada de decisões informadas, impulsionando o desenvolvimento de sistemas de transporte resilientes, adaptáveis e alinhados às necessidades em constante evolução. Essas ferramentas oferecem uma abordagem objetiva e mensurável, fornecendo *insights* valiosos para a tomada de decisões informadas e estratégicas, podendo ser destacados os seguintes benefícios no âmbito da presente metodologia:

- **Medição de Desempenho**

- Indicadores são ferramentas essenciais para a mensuração do desempenho no setor de transportes. Ao definir e monitorar indicadores-chave, como tempo médio de viagem, eficiência energética e índices de acidentes ou emissões de gases de efeito estufa, é possível avaliar o impacto das políticas e projetos em andamento. Essa mensuração objetiva, por meio de aferição em campo ou resultados de cenários simulados, permite ajustes dinâmicos no planejamento, garantindo a eficácia contínua das estratégias implementadas.

- **Estabelecimento de *Benchmarks* e Metas**

- *Benchmarks* oferecem referências tangíveis para avaliação comparativa. Ao estabelecer *benchmarks* sólidos, o planejador de transportes pode definir metas claras e realistas para melhorias contínuas. Essas metas não apenas direcionam os esforços de planejamento, mas também fornecem uma base para avaliação contínua e ajuste de estratégias, garantindo que o sistema de transporte evolua em direção a padrões cada vez mais eficientes.
- A presente metodologia estabelece um sistema de indicadores que foi projetado para se constituir gradualmente em uma série histórica de aspectos relevantes do sistema, aumentando sua assertividade e eficácia a cada ciclo de aplicação.

- **Tomada de Decisão Baseada em Dados**

- A utilização de indicadores e *benchmarks* promove uma abordagem orientada por dados na tomada de decisões. Ao analisar dados quantificáveis e comparar desempenhos em relação a padrões estabelecidos, os planejadores podem tomar decisões fundamentadas. Essa abordagem contribui para a alocação eficiente de recursos, identificação de áreas críticas de intervenção e antecipação de desafios futuros.

- **Melhoria Contínua da Infraestrutura**

- Indicadores e *benchmarks* não apenas orientam o planejamento a curto, médio e longo prazo, mas também alimentam a melhoria contínua da infraestrutura de transporte. Ao monitorar



consistentemente o desempenho em relação a padrões de referência, é possível identificar oportunidades para investimentos estratégicos, modernização de sistemas e adaptação a mudanças nas demandas da sociedade e economia. A criação e acompanhamento de séries históricas de indicadores permitirá um acompanhamento cada vez melhor de resultados de cada investimento ou ação regulatória estabelecida e aplicada a cada ciclo de planejamento.

Em se tratando de indicadores, é também relevante padronizar e destacar as diferentes características de indicadores utilizadas no PELT-MG. Eles podem ser classificados conforme sua finalidade de acordo com a Tabela 13.

Tabela 13 – Características de indicadores utilizados no atual ciclo de planejamento

Quanto à finalidade	Avaliativo: Caracteriza-se por possibilitar a avaliação do alcance dos objetivos estabelecidos no plano. O seu resultado deve ser comparável com uma meta a ser alcançada (<i>benchmark</i>) e ser mensurado tanto para o estado atual (diagnóstico) como para o futuro (prognóstico), cumprindo a sua finalidade de aplicação no processo de planejamento
	Descritivos: Descreve atributos do sistema de transporte em diferentes níveis de abrangência e/ou pode servir como dados de entrada para o cálculo de outros indicadores. Esse tipo de indicador não está vinculado diretamente aos objetivos do plano. Deve vir acompanhado de séries históricas para permitir sua análise
	De impacto: Mensura os efeitos e os impactos de uma ação no sistema e que está relacionado aos elementos de representação dos objetivos do plano, de modo a possibilitar a avaliação e a classificação de ações dos tipos empreendimento e iniciativa
	De governança: Mede o impacto da implementação das ações e dos elementos de representação dos objetivos por meio de métricas que utilizam dados reais

Fonte: elaboração própria.

Neste produto (Relatório 1) são detalhados os indicadores avaliativos e de impacto propostos para o PELT-MG. Os demais tipos de indicadores exibidos na Tabela 13 serão apresentados em produtos posteriores.

5.1 CARACTERÍSTICA DOS INDICADORES

Todas as ações dos Planos Estaduais, sejam elas iniciativas ou empreendimentos, devem buscar o alcance dos objetivos definidos em cada ciclo de planejamento. Em uma visão racional, se há alguma ação sendo efetivada, por exemplo, pela administração pública, mas que não coaduna com nenhum objetivo do plano, deveria ser descartada, pois consome recursos valiosos das que ajudam o sistema de transporte a cumprir seu papel no território. Essa é uma das principais funções do planejamento: auxiliar a tomada de decisão e a focalização de esforços para o que é mais importante para a sociedade. Por isso, é indispensável que os planos liguem as ações resultantes do trabalho, com os objetivos originalmente estabelecidos. O elo entre esses elementos são os indicadores, que possibilitam aferir os efeitos (atuais ou potenciais futuros) das ações, medindo assim o alcance dos objetivos do plano.



Para a proposição inicial da lista de indicadores adotados, foram realizadas pesquisas em diversas fontes, de forma a sugerir indicadores para caracterizar todas as Propriedades e Resultados do sistema de transporte, com apoio nos elementos definidos na Rede Semântica. Após esse levantamento preliminar, foram realizadas reuniões para discussão e validação com as equipes técnicas do Estado de Minas Gerais.

A Rede Semântica auxilia o trabalho de vinculação dos objetivos a elementos que podem ser “medidos”, concebendo assim, o sistema de indicadores necessários para se caracterizar o sistema de transporte, para auxílio de sua compreensão e para as fases de avaliação do alcance dos objetivos, presente tanto no diagnóstico (situação atual) quanto nos prognósticos (situações potenciais e tendenciais futuras).

Dada a complexidade e a abrangência de um sistema de transporte, é natural que nem sempre seja possível a representação de todos os resultados ou propriedades de um sistema. No entanto, deve-se sempre incorrer esforços para a mensuração de, no mínimo, os elementos que possuem relação com os objetivos estabelecidos no plano.

O estabelecimento ou escolha das métricas para cada indicador, além de sua efetiva aplicação, fica limitado a vários fatores, tais como:

- i. representatividade perante o elemento que se propõe medir;
- ii. abrangência em relação ao sistema;
- iii. dados disponíveis;
- iv. possibilidade de estimativa;
- v. possibilidade de projeção (visão de futuro);
- vi. sensibilidade de afetação em relação às ações analisadas e/ou simuladas no plano; e
- vii. disponibilidade de ferramentas para seu cálculo.

Dessa forma, a lista de indicadores definida conjuntamente foi aplicada, sempre que possível, para avaliação do cumprimento dos objetivos dos planos. Quando não foi possível aplicá-la de forma precisa, os indicadores foram adequados conforme as possibilidades no momento.

Ao se listar os dados disponíveis e relacioná-los com a Rede Semântica, é possível visualizar se a mensuração de um determinado indicador será completa (quando os dados permitem medir todos os elementos daquela propriedade ou resultado, muitas vezes de forma direta), parcial (quando os dados possibilitam medir parte dos elementos daquela propriedade ou resultado), ou indireta (quando os dados permitem obter parte das informações que representam um ou mais dos elementos de uma propriedade ou resultado, ou seja, quando há relação com a propriedade/resultado principal, mas essa relação não é direta e nem absoluta).

A Rede Semântica apresenta um arco referente aos resultados diretos do sistema de transporte. Esses, apesar de serem compreendidos como indicadores avaliativos (conforme características dos indicadores expostas na Tabela 13), não são indicadores para mensuração de impactos para fins de classificação de ações, pelo fato de todos eles já serem a base para estimar os impactos indiretos, e aferir os efeitos nas propriedades. Assim sendo, a não consideração dessa parcela evita a multicolinearidade e redundância nas avaliações.



Os indicadores são calculados utilizando tanto a base de dados cadastrais organizada para fins do Planejamento Integrado de Transportes quanto os resultados da simulação de cenários utilizando o modelo de macrossimulação intermodal da INFRA S.A., além de modelos e estimativas acessórias.

5.2 INDICADORES AVALIATIVOS

Os indicadores avaliativos se propõem a medir e avaliar o alcance dos objetivos do plano. A sua análise se dá por meio de comparação entre diferentes cenários. Medem o alcance da política pública estadual e estratégica e, por consequência, permitem a identificação de necessidades e oportunidades para o sistema de transporte, tanto na etapa de diagnóstico como na de prognóstico.



Tabela 14 – Proposta de Indicadores Avaliativos para o PELT-MG

Objetivo	Elemento	Indicador	Abrangência	Unidade
Prover um sistema acessível para a mobilidade de pessoas e bens	Acessibilidade	Tempo médio ponderado do transporte de cargas no estado	Estadual	s/km
		Tempo médio ponderado do transporte de cargas na UTP	UTP	s/km
		Tempo médio ponderado do transporte de pessoas no estado	Estadual	s/km
		Tempo médio ponderado do transporte de pessoas na UTP	UTP	s/km
Ampliar os serviços de transporte de passageiros e de cargas	Desenvolvimento da Infraestrutura	Variação do somatório de capacidade de cargas da rede ofertada	Estadual	t.km
		Variação do somatório de capacidade de cargas da rede ofertada	RGI ¹	t.km
		Variação do somatório de capacidade de cargas dos terminais	Estadual	t
		Variação do somatório de capacidade de cargas dos terminais	RGI	t
		Variação do somatório de capacidade para transporte de pessoas da rede ofertada	Estadual	p.km
		Variação do somatório de capacidade para transporte de pessoas da rede ofertada	RGI	p.km
		Variação do somatório de capacidade para transporte de pessoas em terminais	Estadual	p
		Variação do somatório de capacidade para transporte de pessoas em terminais	RGI	p

¹ Região Geográfica Imediata é uma unidade territorial que compreende um conjunto de municípios contíguos e inter-relacionados por laços econômicos, sociais e culturais.



	Nível de Serviço / Saturação	Saturação média de vias ponderada pela movimentação de cargas	Estadual	%
		Saturação média de vias ponderada pela movimentação de cargas	Trecho Tático ²	%
		Saturação média de terminais ponderada pela movimentação de cargas	Estadual	%
		Saturação média de terminais ponderada pela movimentação de cargas	Trecho Tático	%
		Saturação média de vias ponderada por divisão modal para transporte de pessoas	Estadual	%
		Saturação média de vias ponderada por divisão modal para transporte de pessoas	Trecho Tático	%
		Saturação média de terminais ponderada por divisão modal para transporte de pessoas	Estadual	%
		Saturação média de terminais ponderada por divisão modal para transporte de pessoas	Trecho Tático	%
Gerar desenvolvimento socioeconômico no estado	Desenvolvimento Socioeconômico	Variação do impacto dos investimentos na variação do Produto Interno Bruto (PIB)	Estadual	R\$
		Variação do impacto dos investimentos na variação do Produto Interno Bruto (PIB)	RGI	R\$
Promover cooperação e integração física e operacional entre os diferentes modos de transporte	Integração	Índice de integração estadual por município	Municipal	adimensional
		Matriz de Transportes em Tonelada-Quilômetro-Útil (TKU)	Estadual	%
		Matriz de Transportes em Tonelada-Quilômetro-Útil (TKU) por Perfil de Carga	Estadual	%

² Trecho tático representa um subconjunto de agregação para fins de planejamento que varia para cada modo de transporte (por bacia no caso hidroviário, por município no caso portuário, por linha férrea no caso ferroviário, etc.).



		Matriz de Transportes em Valor-Quilômetro-Útil (VKU)	Estadual	%
		Matriz de Transportes em Pessoas Quilômetro (RPK)	Estadual	%
Ampliar a incorporação da tecnologia e da inteligência da informação nas atividades relativas ao transporte e logística	Desenvolvimento Tecnológico	Variação do somatório do impacto de desenvolvimento tecnológico de ações no cenário	Estadual	adimensional
Aumentar a eficiência do sistema de transportes, com otimização de custos e diminuição do tempo de viagem	Eficiência Operacional	Variação do custo total de transporte no estado	Estadual	R\$
		Variação do custo médio ponderado de transporte no estado	Estadual	R\$/1000.TKU
		Variação do custo médio ponderado de transporte na RGI	RGI	R\$/1000.TKU
		Variação da divisão modal do transporte de cargas no estado	Estadual	R\$/1000.TKU
		Variação da divisão modal de transporte de pessoas no estado	Estadual	R\$/1000.TKU
		Variação do % de representação dos custos de transporte no Emprego e PIB per capita	Estadual	%
		Variação do % de representação dos custos de transporte no Emprego e PIB per capita	RGI	%
Garantir a segurança operacional e a redução de acidentes	Segurança	Índice de Segurança Rodoviário ³	Estadual	Número índice (>=1)

³ Embora o índice seja rodoviário ele pode representar o contexto intermodal dada a preponderância do modo rodoviário aos demais.



em todos os modos de transportes		Índice de Segurança Rodoviário	RGI	Número índice (≥ 1)
Atuar como vetor do desenvolvimento sustentável e mitigar os impactos ambientais decorrentes das atividades relacionadas ao transporte	Sustentabilidade	Emissões de CO ₂ equivalente	Estadual	Gg CO ₂ equivalente
		Emissões de CO ₂ equivalente	RGI	Gg CO ₂ equivalente
		Emissões de CO ₂ equivalente por quilômetro quadrado por setor	Setorial	Gg CO ₂ equivalente

Fonte: elaboração própria.



5.2.1 TEMPO MÉDIO PONDERADO PARA CARGAS

O indicador de Tempo Médio Ponderado para Cargas reflete o tempo médio, em segundos, que uma tonelada de carga demora para perpassar um quilômetro, de forma que a unidade de medida do indicador é “segundos por quilômetro” (seg/km). O indicador abarca apenas links⁴ que foram contemplados na Camada Estratégica de Análise (CEA)⁵ e pertencentes aos modos rodoviário, ferroviário e hidroviário. Os modos dutoviário e aeroviário também são contemplados, mas calculados de modo exógeno ao modelo. Especificamente para os links rodoviários, excluíram-se os links de rodovias urbanas devido ao caráter peculiar dessas infraestruturas. Também foram excluídos links que apresentaram valores extremamente discrepantes para seu modo, considerados *outliers* – tais situações, no entanto, representaram apenas 0,0006% dos casos.

Calcula-se o valor final do indicador, ponderando o Tempo Médio do Modelo pelos tempos médios do modo aeroviário e dutoviário a partir do montante de TKU, como mostrado na Equação 1.

$$\text{Tempo Médio para Cargas} = \frac{\text{TKU Modelo}}{\text{TKU Total}} \times \text{Tempo Médio do Modelo} + \frac{\text{TKU Aeroviário}}{\text{TKU Total}} \times \text{Tempo Médio Aeroviário} + \frac{\text{TKU Dutoviário}}{\text{TKU Total}} \times \text{Tempo Médio Dutoviário}$$

Equação 1 – Tempo médio ponderado para todos os setores
Fonte: elaboração própria.

Onde:

$$\text{TKU Total} = \text{TKU Modelo} + \text{TKU Aeroviário} + \text{TKU Dutoviário}$$

Equação 2 – Cálculo do TKU total
Fonte: elaboração própria.

Sendo o Tempo Médio Aeroviário obtido da razão entre o valor médio das rotas obtidas das linhas de desejo da matriz origem-destino do transporte aéreo de cargas e a velocidade média operacional estimada da frota aérea do Ano Base. De maneira similar o Tempo Médio Dutoviário foi obtido pela razão entre o valor médio das rotas obtidas das linhas de desejo da matriz origem-destino do transporte dutoviário e a velocidade média operacional estimada do transporte dutoviário no Ano Base.

Para calcular o tempo médio ponderado para os n links abarcados pelo indicador, multiplica-se a quantidade de veículos por quilometro no link j pelo tempo médio para atravessar o link j e divide-se pela quantidade total de veículos por quilometro do sistema, como apresentado na Equação 3.

⁴ Menor parcela de segmento linear em uma rede de simulação de transportes.

⁵ Conjunto de infraestruturas que possuem maior capacidade de impactar nos indicadores estratégicos estaduais. Função da relevância da infraestrutura perante a densidade dos fluxos de cargas, tanto em peso, como em valor, e da quantidade de pessoas que transitam por elas. A ser definida conjuntamente com a CODEMGE/SEINFRA quando da obtenção das matrizes de Origem-Destino.



$$\text{Tempo Médio do Modelo} = \frac{\sum_{j=1}^n \text{Tempo Médio}_j \times \text{Veículos por quilômetro}_j}{\sum_{j=1}^n \text{Veículos por quilômetro}_j}$$

Equação 3 - Tempo médio ponderado do modelo
Fonte: elaboração própria.

Para calcular o volume em veículos por quilômetro que perpassam cada link j . Para isso, soma-se o volume de tráfego, em veículos, de cada umas das i matrizes de carga e multiplica-se pelo comprimento do link Equação 4.

$$\text{Veículos} \times \text{quilômetro}_j = \left(\sum_{i=1}^n \text{Veículos}_{i,j} \right) \times (\text{Comprimento do link}_j)$$

Equação 4 – Cálculo dos veículos x quilômetro
Fonte: elaboração própria.

Para calcular o tempo médio, em s/km, para cada link aplica-se a Equação 5. O tempo médio é o mesmo para qualquer produto que utiliza uma mesma infraestrutura (link j).

$$\text{Tempo Médio}_j = \sum_{i=1}^n \frac{\text{Tempo para perpassar o link}_{i,j}}{\text{Comprimento do link}_j}$$

Equação 5 – Cálculo do tempo médio do link j
Fonte: elaboração própria.

5.2.2 TEMPO MÉDIO PONDERADO PARA O TRANSPORTE DE PESSOAS

O indicador visa refletir o tempo médio, em segundo/km, para uma pessoa percorrer um quilômetro independente do modo de transporte. Constituem universo de links do indicador aqueles pertencentes à Camada Estratégica de Análise e do modo rodoviário, desde que não urbanos. Os modos ferroviário, aeroviário e hidrovíários também são considerados para o cálculo, por mais que de forma exógena. A Equação 6 traz a formulação matemática do indicador.

$$\begin{aligned} \text{Tempo Médio para Pessoas} = & \frac{\text{PKM Modelo}}{\text{PKM Total}} \times \text{Tempo Médio do Modelo} + \\ & \frac{\text{PKM Hidroviário}}{\text{PKM Total}} \times \text{Tempo Médio Hidroviário} + \frac{\text{PKM Ferroviário}}{\text{PKM Total}} \times \text{Tempo Médio Ferroviário} + \\ & \frac{\text{PKM Aeroviário}}{\text{PKM Total}} \times \text{Tempo Médio Aeroviário} \end{aligned}$$

Equação 6
Fonte: elaboração própria.

Onde o Tempo Médio Aeroviário obtido da razão entre o valor médio das rotas obtidas das linhas de desejo da matriz origem-destino do transporte aéreo de pessoas e a velocidade média operacional da frota aérea.

Sendo as etapas de cálculo descritas a seguir:



Etapa 1: calcular o tempo médio para automóveis e ônibus, em segundo/km, para cada link j pela seguinte Equação 7 e Equação 8:

$$\text{Tempo Médio para Automóveis}_j = \frac{\text{Tempo para automóveis perpassarem o link}_j}{\text{Comprimento do link}_j}$$

Equação 7

Fonte: elaboração própria.

$$\text{Tempo Médio para Ônibus}_j = \frac{\text{Tempo para ônibus perpassarem o link}_j}{\text{Comprimento do link}_j}$$

Equação 8

Fonte: elaboração própria.

Etapa 2: calcular o volume em veículos por quilômetro que perpassam cada link j . Para isso, multiplica-se o volume de tráfego de automóveis do link j pelo comprimento desse link. Esse cálculo também é feito individualmente para automóveis e ônibus, conforme as Equações a seguir:

$$\text{Automóveis por quilômetro}_j = (\text{Volume de automóveis}_j) \times (\text{Comprimento do link}_j)$$

Equação 9

Fonte: elaboração própria.

$$\text{Ônibus por quilômetro}_j = (\text{Volume de Ônibus}_j) \times (\text{Comprimento do link}_j)$$

Equação 10

Fonte: elaboração própria.

$$\text{Veículos por quilômetro}_j = \text{Automóveis por quilômetro}_j + \text{Ônibus por quilômetro}_j$$

Equação 11

Fonte: elaboração própria.

Etapa 3: calcular o tempo médio para cada link j , conforme a Equação 12:

$$\text{Tempo Médio}_j = \frac{A_i + B_i}{\text{Veículos por quilômetro}_j}$$

Equação 12

Fonte: elaboração própria.

em que

$$A_i = \text{Tempo Médio para Automóveis}_j \times \text{Automóveis por quilômetro}_j$$

Equação 13

Fonte: elaboração própria.

$$B_i = \text{Tempo Médio para Ônibus}_j \times \text{Ônibus por quilômetro}_j$$

Equação 14

Fonte: elaboração própria.

Etapa 4: calcular a média ponderada para os n links abarcados pelo indicador utiliza-se a Equação 15:



$$\text{Tempo Médio do Modelo} = \frac{\sum_{j=1}^n \text{Tempo Médio}_j}{\sum_{j=1}^n \text{Veículos por quilômetro}_j}$$

Equação 15

Fonte: elaboração própria.

Etapa 5: por fim, calcula-se o valor final do indicador, ponderando o Tempo Médio do Modelo pelos tempos médios para transporte de passageiros pelos modos hidroviário, ferroviário e aeroviário a partir do valor em pessoas x quilômetro (PKM) da matriz interurbana (Equação 16):

$$\text{PKM Total} = \text{PKM Modelo} + \text{PKM Hidroviário} + \text{PKM Ferroviário} + \text{PKM Aeroviário}$$

Equação 16

Fonte: elaboração própria.

5.2.3 VARIAÇÃO DO SOMATÓRIO DE CAPACIDADE VIÁRIA DE CARGAS DA REDE OFERTADA (T X KM)

Avalia o efeito de variação do desenvolvimento da infraestrutura comparando-os entre os diferentes cenários.

O desenvolvimento da Infraestrutura procura metrificar a variação no nível de oferta de um elemento da infraestrutura em um determinado espaço de tempo, que no caso é igual ao tempo de horizonte do plano desenvolvido.

Como representação dessa dimensão de análise avalia-se a variação da capacidade de carga da rede de transporte, considerando todos os modos, entre um cenário e outro cenário. Entende-se como capacidade ofertada como o produto entre a capacidade de um link (em toneladas) e o comprimento desse mesmo link (em km). Matematicamente adota-se a Equação 17:

$$\Delta \text{Capacidade}_{\text{Rede}} = \frac{(\sum (\text{Capacidade}_{\text{rodo}_i}^{C_n} \times L_{\text{rodo}_i}) + \sum (\text{Capacidade}_{\text{ferro}_i}^{C_n} \times L_{\text{ferro}_i}) + \sum (\text{Capacidade}_{\text{hidro}_i}^{C_n} \times L_{\text{hidro}_i}) + \sum (\text{Capacidade}_{\text{duto}_i}^{C_n} \times L_{\text{duto}_i}))}{(\sum (\text{Capacidade}_{\text{rodo}_i}^{C_{n-1}} \times L_{\text{rodo}_i}) + \sum (\text{Capacidade}_{\text{ferro}_i}^{C_{n-1}} \times L_{\text{ferro}_i}) + \sum (\text{Capacidade}_{\text{hidro}_i}^{C_{n-1}} \times L_{\text{hidro}_i}) + \sum (\text{Capacidade}_{\text{duto}_i}^{C_{n-1}} \times L_{\text{duto}_i}))} - 1$$

Equação 17

Fonte: elaboração própria.

Onde:

$\Delta \text{Capacidade}_{\text{Rede}}$ – variação do somatório de capacidade viária de cargas da rede;

$\text{Capacidade}_{\text{rodo}_i}^{C_n}$ – capacidade (toneladas) do link rodoviário i para o cenário n ;

$\text{Capacidade}_{\text{rodo}_i}^{C_{n-1}}$ – capacidade (toneladas) do link rodoviário i para o cenário $n-1$;

$\text{Capacidade}_{\text{ferro}_i}^{C_n}$ – capacidade (toneladas) do link ferroviário i para o cenário n ;

$\text{Capacidade}_{\text{ferro}_i}^{C_{n-1}}$ – capacidade (toneladas) do link ferroviário i para o cenário $n-1$;



Capacidade_{hidro_i}^{C_n} – capacidade (toneladas) do link hidroviário *i* para o cenário *n*;

Capacidade_{hidro_i}^{C_{n-1}} – capacidade (toneladas) do link hidroviário *i* para o cenário *n-1*;

Capacidade_{duto_i}^{C_n} – capacidade (toneladas) do link dutoviário *i* para o cenário *n*;

Capacidade_{duto_i}^{C_{n-1}} – capacidade (toneladas) do link dutoviário *i* para o cenário *n-1*;

L_{rodo_i} – extensão (km) do link rodoviário *i*;

L_{ferro_i} – extensão (km) do link ferroviário *i*;

L_{hidro_i} – extensão (km) do link hidroviário *i*;

L_{duto_i} – extensão (km) do link dutoviário *i*.

5.2.4 VARIAÇÃO DO SOMATÓRIO DE CAPACIDADE DE CARGAS DOS TERMINAIS

Como representação dessa dimensão de análise avalia-se a variação da capacidade dos terminais de transbordo de cargas, considerando todos os modos, entre um cenário e outro cenário. Entende-se como capacidade ofertada como a soma das capacidades de um terminal (em toneladas). Matematicamente adota-se a Equação 18:

$$\Delta C_{\text{Terminal}_{\text{Rede}}} = \frac{\left(\sum \left(C_{\text{Terminal}_{\text{ferro}_i}^{C_n}} \right) + \sum \left(C_{\text{Terminal}_{\text{porto}_i}^{C_n}} \right) + \sum \left(C_{\text{Terminal}_{\text{aero}_i}^{C_n}} \right) \right)}{\left(\sum \left(C_{\text{Terminal}_{\text{ferro}_i}^{C_{n-1}}} \right) + \sum \left(C_{\text{Terminal}_{\text{porto}_i}^{C_{n-1}}} \right) + \sum \left(C_{\text{Terminal}_{\text{aero}_i}^{C_{n-1}}} \right) \right)} - 1$$

Equação 18

Fonte: elaboração própria.

Onde:

$\Delta C_{\text{Terminal}_{\text{Rede}}}$ – variação do somatório de capacidade de movimentação de cargas nos terminais;

$C_{\text{Terminal}_{\text{ferro}_i}^{C_n}}$ – capacidade de cargas no terminal ferroviário *i* para o cenário *n*;

$C_{\text{Terminal}_{\text{ferro}_i}^{C_{n-1}}}$ – capacidade de cargas no terminal ferroviário *i* para o cenário *n-1*;

$C_{\text{Terminal}_{\text{porto}_i}^{C_n}}$ – capacidade de cargas no terminal portuário *i* para o cenário *n*;

$C_{\text{Terminal}_{\text{porto}_i}^{C_{n-1}}}$ – capacidade de cargas no terminal portuário *i* para o cenário *n-1*;

$C_{\text{Terminal}_{\text{aero}_i}^{C_n}}$ – capacidade de cargas no terminal aeroportuário *i* para o cenário *n*;

$C_{\text{Terminal}_{\text{aero}_i}^{C_{n-1}}}$ – capacidade de cargas no terminal aeroportuário *i* para o cenário *n-1*;



5.2.5 VARIAÇÃO DO SOMATÓRIO DE CAPACIDADE VIÁRIA DE PESSOAS DA REDE OFERTADA (PK)

Como representação dessa dimensão de análise avalia-se a variação da capacidade de pessoas da rede de transporte, considerando todos os modos, entre um cenário e outro cenário. Entende-se como capacidade ofertada como o produto entre a capacidade de um link (em veículos) e o comprimento desse mesmo link (em km). Matematicamente adota-se a Equação 19:

$$\Delta \text{Capacidade}_{\text{Rede}} = \frac{(\sum (\text{Capacidade}_{\text{rodo}_i}^{C_n} \times L_{\text{rodo}_i}) + \sum (\text{Capacidade}_{\text{ferro}_i}^{C_n} \times L_{\text{ferro}_i}) + \sum (\text{Capacidade}_{\text{hidro}_i}^{C_n} \times L_{\text{hidro}_i}) + \sum (\text{Capacidade}_{\text{aero}_i}^{C_n}))}{(\sum (\text{Capacidade}_{\text{rodo}_i}^{C_{n-1}} \times L_{\text{rodo}_i}) + \sum (\text{Capacidade}_{\text{ferro}_i}^{C_{n-1}} \times L_{\text{ferro}_i}) + \sum (\text{Capacidade}_{\text{hidro}_i}^{C_{n-1}} \times L_{\text{hidro}_i}) + \sum (\text{Capacidade}_{\text{aero}_i}^{C_{n-1}}))} - 1$$

Equação 19

Fonte: elaboração própria.

Onde:

$\Delta \text{Capacidade}_{\text{Rede}}$ – variação do somatório de capacidade viária de pessoas da rede;

$\text{Capacidade}_{\text{rodo}_i}^{C_n}$ – capacidade (pessoas) do link rodoviário i para o cenário n ;

$\text{Capacidade}_{\text{rodo}_i}^{C_{n-1}}$ – capacidade (pessoas) do link rodoviário i para o cenário $n-1$;

$\text{Capacidade}_{\text{ferro}_i}^{C_n}$ – capacidade (pessoas) do link ferroviário i para o cenário n ;

$\text{Capacidade}_{\text{ferro}_i}^{C_{n-1}}$ – capacidade (pessoas) do link ferroviário i para o cenário $n-1$;

$\text{Capacidade}_{\text{hidro}_i}^{C_n}$ – capacidade (pessoas) do link hidroviário i para o cenário n ;

$\text{Capacidade}_{\text{hidro}_i}^{C_{n-1}}$ – capacidade (pessoas) do link hidroviário i para o cenário $n-1$;

$\text{Capacidade}_{\text{aero}_i}^{C_n}$ – capacidade (pessoas) do modo aeroviário i para o cenário n ;

$\text{Capacidade}_{\text{aero}_i}^{C_{n-1}}$ – capacidade (pessoas) do modo aeroviário i para o cenário $n-1$;

L_{rodo_i} – extensão (km) do link rodoviário i ;

L_{ferro_i} – extensão (km) do link ferroviário i ;

L_{hidro_i} – extensão (km) do link hidroviário i ;

5.2.6 VARIAÇÃO DO SOMATÓRIO DE CAPACIDADE PARA TRANSPORTE DE PESSOAS EM TERMINAIS

Como representação dessa dimensão de análise avalia-se a variação da capacidade dos terminais de transporte de pessoas, considerando todos os modos, entre um cenário e outro cenário. Entende-se como



capacidade ofertada como a soma das capacidades de um terminal (em número de pessoas). Matematicamente adota-se a Equação 20:

$$\Delta C_{\text{Terminal}_{\text{Rede}}} = \frac{(\sum(C_{\text{Terminal}_{\text{rodo}_i}^{C_n}}) + \sum(C_{\text{Terminal}_{\text{ferro}_i}^{C_n}}) + \sum(C_{\text{Terminal}_{\text{porto}_i}^{C_n}}) + \sum(C_{\text{Terminal}_{\text{aero}_i}^{C_n}))}{(\sum(C_{\text{Terminal}_{\text{rodo}_i}^{C_{n-1}}}) + \sum(C_{\text{Terminal}_{\text{ferro}_i}^{C_{n-1}}}) + \sum(C_{\text{Terminal}_{\text{porto}_i}^{C_{n-1}}}) + \sum(C_{\text{Terminal}_{\text{aero}_i}^{C_{n-1}}}))} - 1$$

Equação 20

Fonte: elaboração própria.

Onde:

$\Delta C_{\text{Terminal}_{\text{Rede}}}$ – variação do somatório de capacidade de movimentação de pessoas nos terminais;

$C_{\text{Terminal}_{\text{rodo}_i}^{C_n}}$ – capacidade de movimentação de pessoas no terminal rodoviário i para o cenário n ;

$C_{\text{Terminal}_{\text{rodo}_i}^{C_{n-1}}}$ – capacidade de movimentação de pessoas no terminal rodoviário i para o cenário $n-1$;

$C_{\text{Terminal}_{\text{ferro}_i}^{C_n}}$ – capacidade de movimentação de pessoas no terminal ferroviário i para o cenário n ;

$C_{\text{Terminal}_{\text{ferro}_i}^{C_{n-1}}}$ – capacidade de movimentação de pessoas no terminal ferroviário i para o cenário $n-1$;

$C_{\text{Terminal}_{\text{porto}_i}^{C_n}}$ – capacidade de movimentação de pessoas no terminal portuário i para o cenário n ;

$C_{\text{Terminal}_{\text{porto}_i}^{C_{n-1}}}$ – capacidade de movimentação de pessoas no terminal portuário i para o cenário $n-1$;

$C_{\text{Terminal}_{\text{aero}_i}^{C_n}}$ – capacidade de movimentação de pessoas no terminal aeroportuário i para o cenário n ;

$C_{\text{Terminal}_{\text{aero}_i}^{C_{n-1}}}$ – capacidade de movimentação de pessoas no terminal aeroportuário i para o cenário $n-1$;

5.2.7 SATURAÇÃO MÉDIA DE VIAS PONDERADA PELA MOVIMENTAÇÃO DE CARGAS

Esse indicador visa avaliar o nível de saturação da rede de transportes, em termos percentuais, considerando todos os modos de transporte, levando em conta a produção de transporte de cargas transportados em cada modo. Matematicamente dado pela Equação 21:

$$\text{Saturação}_{\text{Rede}} = \frac{(\text{Saturação}_{\text{rodo}} \times \text{TKU}_{\text{rodo}}) + (\text{Saturação}_{\text{ferro}} \times \text{TKU}_{\text{ferro}}) + (\text{Saturação}_{\text{hidro}} \times \text{TKU}_{\text{hidro}}) + (\text{Saturação}_{\text{duto}} \times \text{TKU}_{\text{duto}})}{(\sum \text{TKU}_{\text{rede}})} \times 100$$

Equação 21

Fonte: elaboração própria.

Onde:

$\text{Saturação}_{\text{Rede}}$ – saturação média de vias (%);

$\text{Saturação}_{\text{rodo}}$ – saturação da rede rodoviária para o transporte de cargas e pessoas (%);

$\text{Saturação}_{\text{ferro}}$ – saturação da rede ferroviária (%);



Saturação_{hidro} - saturação da rede hidroviária (%);

Saturação_{duto} - saturação da rede dutoviária (%);

TKU_{rede} - produção de transporte da rede em TKU;

TKU_{rodo}⁶ - produção de transporte rodoviário da rede em TKU;

TKU_{ferro} - produção de transporte ferroviário da rede em TKU;

TKU_{hidro} - produção de transporte hidroviário da rede em TKU;

TKU_{duto} - produção de transporte dutoviário da rede em TKU.

5.2.8 SATURAÇÃO MÉDIA DE TERMINAIS PONDERADA PELA MOVIMENTAÇÃO DE CARGAS

Esse indicador visa avaliar o nível de saturação dos terminais da rede de transportes, em termos percentuais, considerando todos os modos de transporte, levando em conta a produção de transporte de cargas transportados em cada modo. Matematicamente dado pela Equação 22:

$$\text{SaturaçãoT}_{\text{Rede}} = \frac{(\text{SaturaçãoT}_{\text{porto}} \times T_{\text{porto}}) + (\text{SaturaçãoT}_{\text{aero}} \times T_{\text{aero}}) + (\text{SaturaçãoT}_{\text{ferro}} \times T_{\text{ferro}})}{(\sum T_{\text{porto}_i} + \sum T_{\text{aero}_i} + \sum T_{\text{ferro}_i})} \times 100$$

Equação 22

Fonte: elaboração própria.

Onde:

SaturaçãoT_{Rede} - saturação média de terminais (%);

SaturaçãoT_{porto} - saturação dos terminais portuários para o transporte de cargas (%);

SaturaçãoT_{aero} - saturação dos terminais aeroportuários para o transporte de cargas (%);

SaturaçãoT_{ferro} - saturação dos terminais ferroviários para o transporte de cargas (%);

T_{porto_i} - carga movimentada em um terminal portuário *i* em toneladas;

T_{aero_i} - carga movimentada em um terminal aeroportuário *i* em toneladas;

T_{ferro_i} - carga movimentada em um terminal ferroviário *i* em toneladas;

⁶ Quando considerado o transporte de pessoas a produção de transporte se dá em pessoas x distância (p.km).



5.2.9 SATURAÇÃO MÉDIA DE VIAS PONDERADA PELA MOVIMENTAÇÃO DE PESSOAS

Esse indicador visa avaliar o nível de saturação da rede de transportes, em termos percentuais, considerando todos os modos de transporte, levando em conta a produção de transporte de pessoas transportados em cada modo. Matematicamente dado pela Equação 23:

$$\text{Saturação}_{\text{Rede}} = \frac{(\text{Saturação}_{\text{rodo}} \times \text{veh}_{\text{rodo}}) + (\text{Saturação}_{\text{ferro}} \times \text{veh}_{\text{ferro}}) + (\text{Saturação}_{\text{hidro}} \times \text{veh}_{\text{hidro}})}{(\sum \text{veh}_{\text{rede}})} \times 100$$

Equação 23

Fonte: elaboração própria.

Onde:

$\text{Saturação}_{\text{Rede}}$ – saturação média de vias (%);

$\text{Saturação}_{\text{rodo}}$ – saturação da rede rodoviária para o transporte de cargas e pessoas (%);

$\text{Saturação}_{\text{ferro}}$ – saturação da rede ferroviária (%);

$\text{Saturação}_{\text{hidro}}$ – saturação da rede hidroviária (%);

veh_{rede} – produção de transporte da rede em veículos equivalentes;

veh_{rodo} – produção de transporte rodoviário da rede em veículos equivalentes;

$\text{veh}_{\text{ferro}}$ – produção de transporte ferroviário da rede em veículos equivalentes;

$\text{veh}_{\text{hidro}}$ – produção de transporte hidroviário da rede em veículos equivalentes.

5.2.10 SATURAÇÃO MÉDIA DE TERMINAIS PONDERADA PELA MOVIMENTAÇÃO DE PESSOAS

Esse indicador visa avaliar o nível de saturação dos terminais da rede de transportes, em termos percentuais, considerando todos os modos de transporte, levando em conta a movimentação de pessoas nos terminais. Matematicamente dado pela Equação 24:

$$\text{SaturaçãoT}_{\text{Rede}} = \frac{(\text{SaturaçãoT}_{\text{rodo}} \times P_{\text{rodo}}) + (\text{SaturaçãoT}_{\text{porto}} \times P_{\text{porto}}) + (\text{SaturaçãoT}_{\text{aero}} \times P_{\text{aero}}) + (\text{SaturaçãoT}_{\text{ferro}} \times P_{\text{ferro}})}{(\sum P_{\text{rodo}_i} + \sum P_{\text{porto}_i} + \sum P_{\text{aero}_i} + \sum P_{\text{ferro}_i})} \times 100$$

Equação 24

Fonte: elaboração própria.

Onde:

$\text{SaturaçãoT}_{\text{Rede}}$ – saturação média de terminais (%);

$\text{SaturaçãoT}_{\text{rodo}}$ – saturação dos terminais rodoviários considerando a movimentação de pessoas (%);



Saturação T_{porto} – saturação dos terminais portuários considerando a movimentação de pessoas (%);

Saturação T_{aero} – saturação dos terminais aeroviários considerando a movimentação de pessoas (%);

Saturação T_{ferro} – saturação dos terminais ferroviários considerando a movimentação de pessoas (%);

P_{rodo_i} – número de pessoas movimentadas no terminal rodoviário i ;

P_{porto_i} – número de pessoas movimentadas no terminal portuário i ;

P_{aero_i} – número de pessoas movimentadas no terminal aeroportuário i ;

P_{ferro_i} – número de pessoas movimentadas no terminal ferroviário i .

5.2.11 VARIAÇÃO DO IMPACTO DOS INVESTIMENTOS NA VARIAÇÃO DO PRODUTO INTERNO BRUTO (PIB)

Este indicador representa o desvio do Produto Interno Bruto 10 anos após o Ano Horizonte, ante o produto econômico nacional do Ano Horizonte, gerado pelo caminho de desembolsos com despesas operacionais e investimentos em infraestrutura entre o período do Ano Base e do Ano Horizonte. Utilizando a metodologia descrita em Munhoz (2020), mede-se o impacto dos investimentos e manutenção da infraestrutura de transporte a partir de um modelo de equilíbrio geral dinâmico com um consumidor, um governo investidor em infraestrutura e duas firmas, sendo uma transportadora com depreciação endógena do capital variando conforme o nível de estoque de infraestrutura existente.



Figura 9 - Previsão do PIB pelo modelo proposto

Fonte: elaboração própria.

Para o recorte estadual, foi aplicada a proporção entre a participação do PIB nacional no Ano Base e o volume de desembolsos para cada uma das cinco macrorregiões brasileiras sob o impacto nacional calculado anteriormente.



No entanto o presente indicador encontra-se em revisão, podendo ter sua métrica alterada após validação e aprovação da CODEMGE e SEINFRA.

5.2.12 VARIAÇÃO DO PERCENTUAL DE REPRESENTAÇÃO DOS CUSTOS DE TRANSPORTE NO PIB

Esse indicador, calculado através da Equação 25 a seguir, fornece uma perspectiva quantitativa da importância dos custos de transporte na economia, destacando sua influência nos custos totais de produção e na competitividade dos mercados. A análise desse indicador pode revelar tendências, eficiências e desafios no setor de transporte.

$$C_{\text{Transporte}}^{\text{PIB}}(\%) = \frac{\sum C_{\text{Transporte}_n}}{\text{PIB}}$$

Equação 25
Fonte: elaboração própria.

Onde:

$C_{\text{Transporte}}^{\text{PIB}}$ - variação percentual dos custos de transportes em relação ao PIB;

$C_{\text{Transporte}_n}$ - Custo de transporte no cenário n ;

PIB - Produto Interno Bruto.

5.2.13 ÍNDICE DE INTEGRAÇÃO ESTADUAL POR MUNICÍPIO

Essa variável é medida através de aplicações do método de sintaxe espacial em nível nacional proposto por Silva, L. R. & Holanda, F. (2019). Nesse método cada município recebe um valor de integração, relativo à facilidade de se deslocar para qualquer outro município, para um ano base. Além disso, os autores calcularam um valor provável de integração acrescido nos municípios entre o ano base e o horizonte de projeto por qualquer ação topológica no local.

5.2.14 VARIAÇÃO DO SOMATÓRIO DO IMPACTO DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DE AÇÕES NO CENÁRIO

O presente indicador encontra-se em desenvolvimento, podendo ter sua métrica alterada após validação e aprovação da CODEMGE e SEINFRA.



5.2.15 VARIAÇÃO DO CUSTO TOTAL DE TRANSPORTE NO ESTADO

Esse indicador visa refletir a variação do custo generalizado de transporte da Camada Estratégica de Análise do cenário, isto é, a variação da soma dos custos operacionais de transporte, dos custos de transbordo e dos custos de valor do tempo para cargas entre dois cenários. Enquanto os custos de valor do tempo dependem do produto a ser transportado, independente do modo ou operação, os custos operacionais de transporte são discriminados conforme o modo⁷ e grupo de carga⁸. Alguns elementos logísticos não são representados, como custo de armazenagem; custos por perda ou roubo da carga; ou outros custos de transação. O universo de links considerados para o cálculo compreende aqueles que fazem parte da Camada Estratégica de Análise e que não são urbanos. Os modos aeroviários e dutoviários são considerados no cálculo, mas de forma exógena. Matematicamente definido pela Equação 26

$$\Delta \text{Custo total} = \text{Custo total}_{C_n} - \text{Custo total}_{C_{n-1}}$$

Equação 26

Fonte: elaboração própria.

Onde:

$\Delta \text{Custo total}$ – variação do custo total entre dois cenários;

Custo total_{C_n} – custo total de transporte para o cenário n ;

$\text{Custo total}_{C_{n-1}}$ – custo total de transporte para o cenário $n-1$.

O cálculo do Custo total é feito por meio da Equação 27, para os n links compreendidos pelo indicador:

$$\text{Custo total} = \left(\sum_{j=1}^n \text{Custo total do Link}_j \right) + \text{Custo total Aeroviário} + \text{Custo total Dutoviário}$$

Equação 27

Fonte: elaboração própria.

Onde:

Custo total do Link _{j} – custo generalizado de transporte no link i ;

Custo total Aeroviário – custo total do transporte aéreo;

Custo total Dutoviário – custo total do transporte dutoviário.

Onde o Custo total Aeroviário é obtido pelo produto entre o volume total movimentado de cargas obtidas da matriz origem-destino aeroviária para cargas e o valor de custo médio de transporte aéreo por tonelada movimentada (R\$/t) considerando a malha aérea do Ano Base. Já o Custo total Dutoviário é obtido pelo

⁷ Rodoviário – por quantidade de faixas de via; ferroviário – por malha; hidroviário – por restrição da hidrovia; aeroviário e dutoviário.

⁸ Agrupamento de Macroprodutos (BRASIL, 2021) com uma mesma característica de transporte: Granel sólido agrícola (GSA); Granel Líquido (GL); Granel sólido mineral (GSM); Carga geral containerizável (CGC); Carga geral não containerizável (CGNC); e Outros granéis sólidos minerais (OGSM).



produto entre o volume total movimentado de cargas (R\$/t.km) obtidas da matriz origem-destino dutoviária e o valor de custo médio de transporte dutoviário por tonelada movimentada considerando a malha dutoviária operacional do Ano Base.

5.2.16 VARIAÇÃO DO CUSTO MÉDIO PONDERADO DE TRANSPORTE NO ESTADO

Esse indicador proporciona uma visão ponderada da variação do custo médio de transporte, considerando a contribuição de cada modo de transporte na rede logística estadual e auxiliando nas avaliações relacionadas à otimização dos custos logísticos. A Equação 28 apresenta a formulação matemática do indicador:

$$\Delta \text{Custo médio ponderado} = \text{Custo médio ponderado}_{C_n} - \text{Custo médio ponderado}_{C_{n-1}}$$

Equação 28

Fonte: elaboração própria.

Onde:

Δ Custo médio ponderado – variação do custo médio ponderado de transporte entre dois cenários

Custo médio ponderado_{C_n} – custo médio ponderado de transporte em R\$/TKU para o cenário *n*;

Custo médio ponderado_{C_{n-1}} – custo médio ponderado de transporte em R\$/TKU para o cenário *n-1*.

O Custo Médio é matematicamente obtido pela Equação 29:

Custo Médio=

$$\frac{(\sum_{j=1}^n \text{Custo total do Link}_j \times \sum_{j=1}^n \text{TKU total do Link}_j) + \text{Custo total Aeroviário} \times \text{TKU Aeroviário} + \text{Custo total Dutoviário} \times \text{TKU Dutoviário}}{\sum_{j=1}^n \text{TKU total do Link}_j + \text{TKU Aeroviário} + \text{TKU Dutoviário}}$$

Equação 29

Fonte: elaboração própria.

Onde:

Custo Médio – custo médio ponderado de transporte em R\$/TKU;

Custo total do Link_{*j*} – custo generalizado de transporte no link *i*;

Custo total Aeroviário – custo total do transporte aéreo;

Custo total Dutoviário – custo total do transporte dutoviário;

TKU total do Link_{*j*} – produção de transporte para o link *i*;

TKU Aeroviário – produção de transporte de cargas no modo aeroviário;

TKU Dutoviário – produção de transporte de cargas no modo dutoviário.



5.2.17 VARIAÇÃO DO CUSTO TOTAL DE TRANSPORTE

Esse indicador avalia a variação do custo total de transporte entre dois cenários, dado pela Equação 30:

$$\Delta\text{Custo total} = \text{Custo total}_{C_n} - \text{Custo total}_{C_{n-1}}$$

Equação 30

Fonte: elaboração própria.

Onde:

$\Delta\text{Custo total}$ – variação do custo total em R\$;

Custo total_{C_n} – custo total do cenário n em R\$;

$\text{Custo total}_{C_{n-1}}$ – custo total do cenário $n-1$ em R\$;

5.2.18 VARIAÇÃO DO CUSTO MÉDIO PONDERADO DE TRANSPORTE

Esse indicador avalia a variação do custo total de transporte entre dois cenários, dado pela Equação 31:

$$\Delta\text{Custo médio ponderado} = \text{Custo médio ponderado}_{C_n} - \text{Custo médio ponderado}_{C_{n-1}}$$

Equação 31

Fonte: elaboração própria.

Onde:

$\Delta\text{Custo médio ponderado}$ – variação do custo total em R\$;

$\text{Custo médio ponderado}_{C_n}$ – custo total do cenário n em R\$ (dado pela Equação 29);

$\text{Custo médio ponderado}_{C_{n-1}}$ – custo total do cenário $n-1$ em R\$.

5.2.19 MATRIZ DE TRANSPORTES EM TONELADA-QUILÔMETRO-ÚTIL (TKU)

Esse indicador visa calcular a repartição modal, em relação ao TKU transportado no modelo, considerando os links rodoviários, hidroviários, cabotagem e ferroviários. Os modos aeroviários e dutoviários também são considerados, mas são calculados de forma exógena ao modelo. Para cada modo $k \in$ (Rodoviário, Hidroviário, Ferroviário, Aeroviário, Dutoviário), os seguintes cálculos são realizados utilizando-se a Equação 32 e Equação 33:

$$\text{TKU Total} = \text{TKU Modelo} + \text{TKU Aeroviário} + \text{TKU Dutoviário}$$

Equação 32

Fonte: elaboração própria.



$$\text{Participação do modo}_k = \frac{\text{TKU Total do modo}_k}{\text{TKU Total}}$$

Equação 33
Fonte: elaboração própria.

5.2.20 MATRIZ DE TRANSPORTES EM VALOR-QUILÔMETRO-ÚTIL (VKU)

Da mesma forma que a Matriz de transportes em TKU, esse indicador visa calcular a repartição modal em relação ao valor dos bens transacionados. Também considera os links rodoviários, hidroviários, de cabotagem e ferroviários do modelo e os modos aeroviário e dutoviário de forma exógena à simulação de transportes. Para cada modo $k \in$ (Rodoviário, Hidroviário, Ferroviário, Aeroviário, Dutoviário) considerado, os seguintes cálculos são realizados utilizando-se a Equação 34 e Equação 35:

$$\text{VKU Total} = \text{VKU Modelo} + \text{VKU Aeroviário} + \text{VKU Dutoviário}$$

Equação 34
Fonte: elaboração própria.

$$\text{Participação do modo}_k = \frac{\text{VKU Total do modo}_k}{\text{VKU Total}}$$

Equação 35
Fonte: elaboração própria.

5.2.21 VARIAÇÃO DA DIVISÃO MODAL DE TRANSPORTE DE PESSOAS NO ESTADO

Refere-se a um indicador que analisa as mudanças na distribuição de pessoas entre diferentes modos de transporte em um determinado estado entre diferentes cenários. Esse indicador considera a proporção de pessoas que utilizam diferentes modos de transporte no deslocamento intermunicipal, como transporte por ônibus, transporte individual motorizado (veículos particulares), transporte ferroviário de passageiros, transporte hidroviário de pessoas e transporte aéreo. Matematicamente utiliza-se as Equações 36 a Equação 40 a seguir:

$$\Delta \text{RPK}_{\text{hidro}} = \text{RPK}_{\text{hidro}_{c_n}} - \text{RPK}_{\text{hidro}_{c_{n-1}}}$$

Equação 36
Fonte: elaboração própria.

Onde:

$\Delta \text{RPK}_{\text{hidro}}$ – variação da divisão modal de transporte de pessoas pelo modo hidroviário no estado;

$\text{RPK}_{\text{hidro}_{c_n}}$ – participação modal do transporte hidroviário de pessoas no estado para o cenário n ;

$\text{RPK}_{\text{hidro}_{c_{n-1}}}$ – participação modal do transporte hidroviário de pessoas no estado para o cenário $n-1$.



$$\Delta RPK_{\text{ferro}} = RPK_{\text{ferro}_{c_n}} - RPK_{\text{ferro}_{c_{n-1}}}$$

Equação 37

Fonte: elaboração própria.

Onde:

$\Delta RPK_{\text{ferro}}$ – variação da divisão modal de transporte de pessoas pelo modo ferroviário no estado;

$RPK_{\text{ferro}_{c_n}}$ – participação modal do transporte ferroviário de pessoas no estado para o cenário n ;

$RPK_{\text{ferro}_{c_{n-1}}}$ - participação modal do transporte ferroviário de pessoas no estado para o cenário $n-1$.

$$\Delta RPK_{\text{aero}} = RPK_{\text{aero}_{c_n}} - RPK_{\text{aero}_{c_{n-1}}}$$

Equação 38

Fonte: elaboração própria.

Onde:

ΔRPK_{aero} – variação da divisão modal de transporte de pessoas pelo modo ferroviário no estado;

$RPK_{\text{aero}_{c_n}}$ – participação modal do transporte ferroviário de pessoas no estado para o cenário n ;

$RPK_{\text{aero}_{c_{n-1}}}$ - participação modal do transporte ferroviário de pessoas no estado para o cenário $n-1$.

$$\Delta RPK_{\text{ônibus}} = RPK_{\text{ônibus}_{c_n}} - RPK_{\text{ônibus}_{c_{n-1}}}$$

Equação 39

Fonte: elaboração própria.

Onde:

$\Delta RPK_{\text{ônibus}}$ – variação da divisão modal de transporte de pessoas por ônibus no estado;

$RPK_{\text{ônibus}_{c_n}}$ – participação modal do transporte de pessoas por ônibus no estado para o cenário n ;

$RPK_{\text{ônibus}_{c_{n-1}}}$ - participação modal do transporte de pessoas por ônibus no estado para o cenário $n-1$.

$$\Delta RPK_{\text{vp}} = RPK_{\text{vp}_{c_n}} - RPK_{\text{vp}_{c_{n-1}}}$$

Equação 40

Fonte: elaboração própria.

Onde:

ΔRPK_{vp} – variação da divisão modal de transporte de pessoas por veículos particulares no estado;

$RPK_{\text{vp}_{c_n}}$ – participação modal do transporte de pessoas por veículos particulares no estado para o cenário n ;



$RPK_{vp_{c_{n-1}}}$ - participação modal do transporte de pessoas por veículos particulares no estado para o cenário $n-1$.

5.2.22 NÍVEL DE SEGURANÇA RODOVIÁRIO EM RELAÇÃO AO CENÁRIO BASE

Esse indicador reflete a razão entre o índice de probabilidades de acidentes do cenário avaliado e o índice de probabilidade de acidentes do Cenário Base do PELT. De acordo com a metodologia desenvolvida pela INFRA S.A., os trechos rodoviários⁹ recebem índices de probabilidade de acidentes que variam conforme as características do trecho, isto é, se (i) o trecho tem múltiplas faixas por sentido ou apenas uma; (ii) se encontra-se em região rural ou urbana; e (iii) o tráfego predominante é de veículos de pessoas (automóveis ou ônibus) ou veículos de cargas (pesados). A Tabela 15 abaixo resume os índices recebidos para cada caracterização da via:

Tabela 15 - índice de caracterização da via

Tipo de pista	Uso do Solo	Índice de pesados	Índice de leves
Múltipla	Rural	0,0000069975	0,0000013479
Múltipla	Urbano	0,0000135247	0,0000104905
Simples	Rural	0,0000066243	0,0000023792
Simples	Urbano	0,0000230773	0,0000054801

Fonte: elaboração própria.

Tanto o(s) índice do(s) cenário(s) quanto o índice do Cenário Base do PELT são calculados pela Equação 41:

$$\text{Indicador} = \frac{\text{Índice de segurança do cenário}}{\text{Índice de segurança do cenário de referência}}$$

Equação 41

Fonte: elaboração própria.

Etapa 1: calcular do índice de segurança para cada um dos n links rodoviários compreendidos no universo do indicador para o cenário avaliado:

Se o tráfego de veículos pesados for estritamente maior que o tráfego de automóveis e ônibus:

$$\text{Índice de segurança}_j = \text{Índice de pesados}_j \times \frac{\text{Tráfego total do link}_j}{\text{Comprimento do link}_j}$$

Equação 42

Fonte: elaboração própria.

⁹ Para os demais modos de transporte a avaliação de segurança é capturada de forma indireta, por meio da potencial redução de acidentes rodoviários advindos da retirada de veículos na transferência de cargas para os modos de transporte de maior capacidade (ferroviário e hidroviário).



Se o tráfego de veículos pesados for menor do que o tráfego de automóveis e ônibus:

$$\text{Índice de segurança}_j = \text{Índice de leves}_j \times \frac{\text{Tráfego total do link}_j}{\text{Comprimento do link}_j}$$

Equação 43

Fonte: elaboração própria.

Etapas 2: calcular o índice de segurança geral do cenário pela fórmula abaixo:

$$\text{Índice de segurança do cenário} = \sum_{j=1}^n \text{Índice de segurança}_j$$

Equação 44

Fonte: elaboração própria.

Etapas 3: calcular a razão entre o índice do cenário e o índice do cenário de referência dado pela Equação 41:

5.2.23 EMISSÕES DE CO₂ EQUIVALENTE

Compreende a soma do volume de emissões de todos os links rodoviários (carga e passageiros), hidroviários, e ferroviários do modelo, além de emissões aeroviárias calculadas de forma exógena detalhado a seguir.

Seu cálculo segue a fórmula a seguir, em que $k \in (\text{Rodoviário, Hidroviário, Ferroviário, Aeroviário})$ representam os modos de transporte que possuem fatores de emissão específicos para cada grupo de carga transportado, referenciado por $w \in (\text{GSA, GSM, OGSM, GL, CGC, CGNC})$. A multiplicação é feita por cada link $j \in (1, \dots, n)$, em que n representa o universo total de links abrangidos pelo indicador. Além do quantitativo para os veículos de carga, o cálculo, realizado pela Equação 45, também é feito para os veículos rodoviários de pessoas, em que, para cada tipo $p \in (\text{automóvel, ônibus})$.

$$\text{Emissões} = \left(\sum_{j, k, w} \text{Fator de emissão}_{k, w} \times \text{TKU}_{j, k, w} \right) + \left(\sum_{j, p} \text{Fator de emissão}_p \times \text{Veículos}_{j, p} \times \text{Comprimento do link}_j \right)$$

Equação 45

Fonte: elaboração própria.

Os fatores de emissões para cargas foram produzidos durante a parceria INFRA S.A. - IEMA e sua metodologia está disponível no site do Observatório Nacional de Logística de Transportes (ONTL)¹⁰. Já os fatores de emissões para ônibus e automóveis foram extraídos do estudo de Carvalho (2011)¹¹.

Para o modo aeroviário foi utilizado o valor total de emissão de CO₂ estimado para os Assentos por Quilômetros Ofertados (ASK) anual disponível apresentado no PNL 2035 (Brasil, 2021).

¹⁰ Disponível em: https://www.epl.gov.br/greenbonds#dfliip-df_manual/1/ (Acesso em 23/03/2021).

¹¹ CARVALHO, Carlos Henrique Ribeiro de. Emissões relativas de poluentes do transporte motorizado de passageiros nos grandes centros urbanos. Texto para Discussão. TD 1606. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Brasília, abril de 2011.



Por simplificação, admite-se que o transporte dutoviário (que ocorre majoritariamente por bombeamento advindo de energia elétrica), não gera emissão de CO₂.

A Tabela 16 apresenta os fatores adotados.

Tabela 16 – Fatores de emissão em função do modo de transporte

Modo	Fator de emissão (gCO₂/TKU)
Rodoviário	60,00
Ferroviário	20,00
Hidroviário	20,00
Cabotagem	20,00
Aeroviário	(*) ¹²

Fonte: elaboração própria.

5.2.24 EMISSÕES DE CO₂ EQUIVALENTE POR ÁREA ESTADUAL POR SETOR

Esse indicador avalia a densidade espacial da estimada de emissão de CO₂ equivalente por km² considerando cada modo de transporte. As formulações matemáticas para cada um dos setores estão apresentadas no item 5.2.25.2.5 (modo hidroviário), item 5.2.26.2.5 (modo ferroviário) e item 5.2.27.2.5 (modo rodoviário).

5.2.25 HIDROVIÁRIO

Apresenta-se a seguir os indicadores avaliativos específicos do setor Hidroviário.

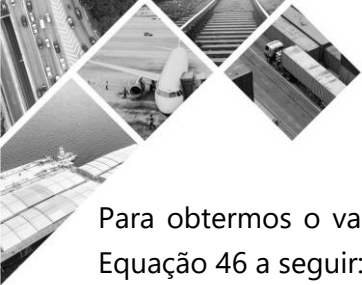
5.2.25.1 Propriedades

Os indicadores avaliativos que representam as características globais do sistema como um todo, são:

5.2.25.1.1 Saturação das vias

Para o cálculo de saturação hidroviária, primeiramente retiramos do resultado da simulação de cada cenário as informações de carregamento em veículo(s) equivalente(s) (veh) e de capacidade para cada link hidroviário e a extensão deles.

¹² Foi adotado um valor para todo o setor em função do consumo total de combustível.



Para obtermos o valor final calculamos a média ponderada da saturação pela extensão dos links. Segue Equação 46 a seguir:

$$\text{Saturação Hidroviária} = \frac{\sum_1^n (\text{Satur}_i \times \text{Ext}_i)}{\sum_1^n \text{Ext}_i}$$

Equação 46

Fonte: elaboração própria.

Onde:

Satur_i - saturação do link i ;

Ext_i - extensão do link i .

O valor do veh é dividido pela capacidade para obtermos uma saturação daquele link, conforme a Equação 47 seguir:

$$\text{Satur}_i = \frac{\text{veh}_i}{\text{capacidade}_i}$$

Equação 47

Fonte: elaboração própria.

Onde:

veh_i - carregamento do link em veículos equivalentes e capacidade_i é a capacidade (também em veículos equivalentes) daquele link.

5.2.25.1.2 Capacidade nominal

O modelo de cálculo da capacidade hidroviária considera a capacidade do comboio, a capacidade hidroviária em períodos de estiagem e cheia e, quando o trecho hidroviário possui interferências ou barragens sem eclusa a assume-se capacidade nula. Nos casos de barragens com eclusa, a capacidade se dá pela capacidade da eclusa.

Para obter-se esse indicador, são somados os valores resultantes para cada cenário considerado conforme a Equação 48 a seguir:

$$\text{Capacidade}_{\text{hidro}} = \sum (\text{Capacidade}_{\text{hidro}_i} \times L_{\text{hidro}_i})$$

Equação 48

Fonte: elaboração própria.

Onde:

$\text{Capacidade}_{\text{hidro}}$ – capacidade hidroviária em t.km;

$\text{Capacidade}_{\text{hidro}_i}$ – capacidade hidroviária do link i em t.km;



L_{hidro_i} – comprimento do link i .

A formulação de capacidade em termos de transporte de pessoas é similar a formulação para cargas, sendo alterado apenas a unidade, que considera o número de pessoas transportadas.

Dessa maneira, os trechos hidroviários (links de simulação) tiveram sua capacidade definida conforme a Equação 49:

$$C_{HID} = \text{menor valor entre} \begin{cases} CAP_{eclusa} \\ CAP_{total} \\ CAP_{interferência} = 0 \end{cases}$$

Equação 49

Fonte: elaboração própria.

A modelagem de capacidade hidroviária considera a divisão da operação da hidrovia entre dois períodos: o de cheia e o de estiagem. Dessa forma, a capacidade anual da hidrovia é definida conforme a Equação 50 que segue:

$$CAP_{total} = CAP_{cheia} + CAP_{estiagem}$$

Equação 50

Fonte: elaboração própria.

Para cada um dos períodos considerados, pode-se calcular a capacidade de transporte da via da seguinte forma (Equação 51), considerando um período genérico i , podendo ele ser o de cheia ou de estiagem:

$$CAP_i = 2 \times \frac{1000 \times v_i \times T_i \times CAP_{comboio\ i}}{\left(\frac{l_i}{1000} + \frac{v_i \times headway}{60} \right)}$$

Equação 51

Fonte: elaboração própria.

Em que:

v_i é a velocidade operacional do comboio que trafega no período i , em km/h;

T_i é o tempo de operação correspondente ao período i , em h;

$CAP_{comboio\ i}$ é a capacidade do comboio que trafega durante o período i , em t;

l_i é o comprimento da embarcação tipo que trafega no período i , em m; e

headway corresponde ao tempo, em minutos, de intervalo entre a passagem de duas embarcações.

O *headway* também pode ser interpretado como a menor distância possível frontal entre 2 embarcações, conforme demonstrado na Figura 10 a seguir. Nas equações apresentadas, foi aplicada uma equivalência entre essa distância e o tempo que a embarcação levaria para percorrer essa distância, de forma a adequar o cálculo aos dados obtidos na fase de levantamentos iniciais.

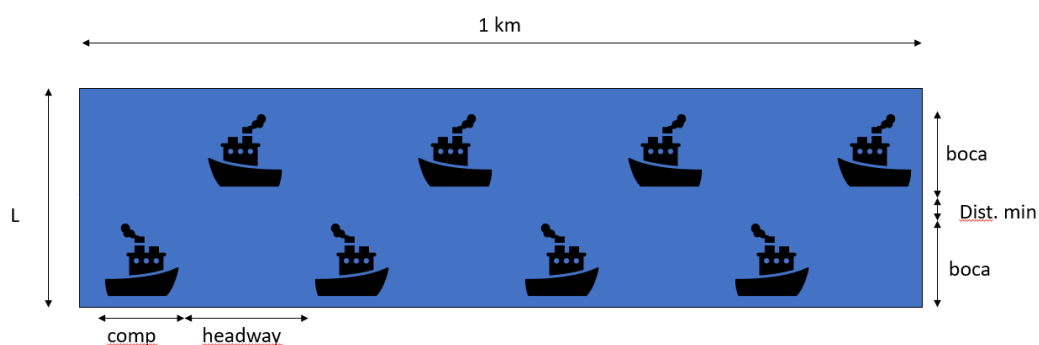


Figura 10 – Esquema de operação utilizado para a formulação da capacidade hidroviária
Fonte: elaboração própria.

O tempo T_i de operação depende de dois fatores: da disponibilidade diária da hidrovia no período i , ou seja, da quantidade de horas em que se pode trafegar nela em um dia, e da quantidade de dias em que o trecho possui dada navegabilidade, ou seja, duração do período i . Matematicamente tem-se a Equação 52.

$$T_i = t_{\text{operação } i} \times \text{dias}_i$$

Equação 52

Fonte: elaboração própria.

Onde:

$t_{\text{operação } i}$ corresponde à disponibilidade diária da via no período i , em horas; e

dias_i corresponde à duração do período i , em dias.

Também foi revisado o método de cálculo da capacidade das eclusas, conforme Alfredini e Arasaki (2009), detalhado a seguir (Equação 53).

$$CAP_{\text{eclusa}} = 24 \times 60 \times 365 \times \frac{W}{T}$$

Equação 53

Fonte: Alfredini e Arasaki (2009).

Onde:

CAP_{eclusa} equivale à Capacidade Máxima de Tráfego da eclusa, em toneladas por ano;

W é a capacidade da embarcação, em toneladas;

T é o tempo médio de transposição, em minutos;

Para obtenção do tempo médio de transposição, devem ser somados o tempo de operação e o tempo de liberação, conforme Equação 54 que segue.



$$T = T_o + t_l$$

Equação 54

Fonte: elaboração própria.

Onde:

t_l equivale ao tempo manobra para posicionamento no muro-guia

T_o é o tempo de operação, definido conforme a Equação 55.

$$T_o = t_e + t_f + t_v + t_a + t_s$$

Equação 55

Fonte: elaboração própria.

Onde:

t_e é o tempo de entrada na câmara;

t_f é o tempo de fechamento das comportas;

t_v é o tempo de variação do nível d'água (enchimento ou esvaziamento);

t_a é o tempo de abertura das comportas; e

t_s é o tempo de saída da câmara.

Cabe destacar que a Capacidade Máxima de Tráfego considera um fluxo contínuo de embarcações iguais e totalmente carregadas nos dois sentidos.

5.2.25.1.3 Custo hidroviário de cargas

A metodologia do cálculo de custos é apresentada na seção 5.2.11 (Equação 27) no indicador de Custo Total de Transporte. Para esse indicador, são somados os valores de custo de cada link hidroviário para obtenção do valor, conforme Equação 56:

$$\sum \text{Custo dos Links Hidroviários}$$

Equação 56

Fonte: elaboração própria.

5.2.25.1.4 Participação na matriz TKU

O cálculo desse indicador consiste na divisão do carregamento em TKU do setor hidroviário pelo TKU total do sistema, conforme a Equação 57:



$$TKU_{\text{hidro}}(\%) = \frac{\sum \text{TKU dos Links Hidroviários}}{\sum \text{TKU Total}}$$

Equação 57

Fonte: elaboração própria.

Onde:

TKU Total é a soma do carregamento em TKU de todos os setores (Hidroviário, Rodoviário, Ferroviário, Aeroviário e Dutoviário).

5.2.25.1.5 Participação na matriz VKU

Similarmente à participação na matriz TKU, o cálculo desse indicador consiste na divisão do carregamento em VKU do setor hidroviário pelo VKU total do sistema, conforme a Equação 58:

$$VKU_{\text{hidro}}(\%) = \frac{\sum \text{VKU dos Links Hidroviários}}{\sum \text{VKU Total}}$$

Equação 58

Fonte: elaboração própria.

Onde:

VKU Total - soma do carregamento em VKU de todos os setores (Hidroviário, Rodoviário, Ferroviário, Aeroviário e Dutoviário).

5.2.25.1.6 Variação da divisão modal do transporte de cargas no estado

Esse indicador visa avaliar a variação da participação hidroviária entre os cenários, conforme a Equação 59:

$$\Delta TKU_{\text{hidro}} = TKU_{\text{hidro}_{c_n}} - TKU_{\text{hidro}_{c_{n-1}}}$$

Equação 59

Fonte: elaboração própria.

Onde:

$\Delta TKU_{\text{hidro}}$ - variação percentual da divisão modal do transporte hidroviário de cargas no estado;

$TKU_{\text{hidro}_{c_n}}$ - produção de transporte hidroviário de cargas no cenário n ;

$TKU_{\text{hidro}_{c_{n-1}}}$ - produção de transporte hidroviário de cargas no cenário $n-1$.

5.2.25.1.7 Participação do modo hidroviário na matriz energética de transportes

Para esse indicador, o valor das emissões em Gg de CO₂ equivalente do modo hidroviário é dividido pela soma das emissões de todos os modos, conforme a Equação 45 e a Equação 60:



$$\text{Emissões}_{\text{hidro}}(\%) = \frac{\text{Emissões Hidroviárias}}{\text{Emissões Totais}}$$

Equação 60

Fonte: elaboração própria.

5.2.25.2 Resultados Diretos

5.2.25.2.1 Carga transportada – Toneladas

Nesse indicador, são somados os valores de carregamento dos links hidroviários em toneladas para o cenário, conforme Equação 61:

$$\sum \text{Toneladas carregadas pelos links hidroviários}$$

Equação 61

Fonte: elaboração própria.

5.2.25.2.2 Produção de Transporte– TKU

Nesse indicador, são somados os valores de carregamento dos links hidroviários em TKU para o cenário, conforme Equação 62:

$$\sum \text{TKU carregado pelos links hidroviários}$$

Equação 62

Fonte: elaboração própria.

5.2.25.2.3 Produção de Transporte – VKU

Nesse indicador, são somados os valores de carregamento dos links hidroviários em VKU para o cenário, conforme a Equação 63:

$$\sum \text{VKU carregado pelos links hidroviários}$$

Equação 63

Fonte: elaboração própria.

5.2.25.2.4 Eficiência energética – Emissões

Nesse indicador, são somados os valores de emissões em Gg de CO₂ equivalente dos links hidroviários para o cenário, conforme a Equação 45 e a Equação 64:



$$\text{Emissão}_{\text{hidro}} = \sum \text{Emissões dos links hidroviários}_i$$

Equação 64

Fonte: elaboração própria.

Onde:

$\text{Emissão}_{\text{hidro}}$ – emissão de CO₂ equivalente do transporte hidroviário;

Emissões dos links hidroviários – emissão de CO₂ equivalente de cada link hidroviário i .

5.2.25.2.5 Emissões de CO₂ equivalente por km²

Esse indicador avalia a densidade espacial da estimada de emissão de CO₂ equivalente por km² considerando o transporte hidroviário. A Equação 65 apresenta a formulação matemática.

$$\text{Emissão}^{\text{espacial}}_{\text{hidro}} = \frac{\sum \text{Emissões dos links hidroviários}_i}{A_{\text{Estadual}}}$$

Equação 65

Fonte: elaboração própria.

Onde:

$\text{Emissão}^{\text{espacial}}_{\text{hidro}}$ – emissão de CO₂ equivalente do transporte hidroviário;

Emissões dos links hidroviários – emissão de CO₂ equivalente de cada link hidroviário i ;

A_{Estadual} – área do estadual em km².

5.2.26 FERROVIÁRIO

Apresenta-se a seguir os indicadores avaliativos específicos do setor Ferroviário.

5.2.26.1 Propriedades

Os indicadores avaliativos que representam as características globais do sistema como um todo, são:

5.2.26.1.1 Participação do modo ferroviário na matriz de transporte de TKU

O cálculo desse indicador consiste na divisão do carregamento em TKU do setor ferroviário pelo TKU total do sistema, conforme Equação 66:



$$TKU_{\text{ferro}}(\%) = \frac{\sum \text{TKU dos Links Ferroviários}}{\sum \text{TKU Total}}$$

Equação 66

Fonte: elaboração própria.

Onde:

TKU Total é a soma do carregamento em TKU de todos os setores (Hidroviário, Rodoviário, Ferroviário, Aeroviário e Dutoviário).

5.2.26.1.2 Participação do modo ferroviário na matriz de transporte de VKU

O cálculo desse indicador consiste na divisão do carregamento em VKU do setor ferroviário pelo VKU total do sistema, conforme Equação 67:

$$VKU_{\text{ferro}}(\%) = \frac{\sum \text{VKU dos Links Ferroviários}}{\sum \text{VKU Total}}$$

Equação 67

Fonte: elaboração própria.

Onde:

VKU Total é a soma do carregamento em VKU de todos os setores (Hidroviário, Rodoviário, Ferroviário, Aeroviário, Dutoviário).

5.2.26.1.3 Variação da divisão modal do transporte de cargas no estado

Esse indicador visa avaliar a variação da participação ferroviária entre os cenários, conforme a Equação 68:

$$\Delta TKU_{\text{ferro}} = TKU_{\text{ferro}_{C_n}} - TKU_{\text{ferro}_{C_{n-1}}}$$

Equação 68

Fonte: elaboração própria.

Onde:

$\Delta TKU_{\text{ferro}}$ - variação percentual da divisão modal do transporte ferroviário de cargas no estado;

$TKU_{\text{ferro}_{C_n}}$ - produção de transporte ferroviário de cargas no cenário n ;

$TKU_{\text{ferro}_{C_{n-1}}}$ - produção de transporte ferroviário de cargas no cenário $n-1$.



5.2.26.1.4 Custo total por unidade de transporte movimentada

Esse indicador visa medir a o custo médio (R\$) de movimentação de um TKU de carga para o modo ferroviário. Para isso, portanto, o valor do custo total é dividido pela movimentação em TKU, obtendo um valor em R\$/TKU. Segue a Equação 69:

$$\text{Custo}_{\text{ferro}} = \frac{\sum \text{Custo dos links ferroviários}}{\sum \text{TKU dos links ferroviários}}$$

Equação 69

Fonte: elaboração própria.

5.2.26.1.5 Capacidade nominal

A capacidade ferroviária é uma medida da quantidade máxima de tráfego que uma determinada infraestrutura ferroviária pode suportar sob condições específicas. A Equação 70 traz a modelagem matemática adotada na modelagem do PELT-MG.

$$\text{Capacidade}_{\text{ferro}} = \sum (\text{Capacidade}_{\text{ferro}_i} \times L_{\text{ferro}_i})$$

Equação 70

Fonte: elaboração própria.

Onde:

$\text{Capacidade}_{\text{ferro}}$ – capacidade ferroviária em t.km;

$\text{Capacidade}_{\text{ferro}_i}$ – capacidade ferroviária do link i em t.km;

L_{ferro_i} – comprimento do link i .

A formulação de capacidade em termos de transporte de pessoas é similar a formulação para cargas, sendo alterado apenas a unidade, que considera o número de pessoas transportadas.

5.2.26.1.6 Capacidade limitante de cargas

Esse indicador visa avaliar a capacidade de movimentação de cargas estadual dos terminais ferroviários, dado pela soma das capacidades dos terminais ferroviários individualmente. Matematicamente representado pela Equação 71.

$$\text{CTerminal}_{\text{ferro}} = \sum (\text{CTerminal}_{\text{ferro}_i})$$

Equação 71

Fonte: elaboração própria.

Onde:



$CTerminal_{ferro_i}$ – capacidade de movimentação de cargas no terminal ferroviário i ;

5.2.26.1.7 Capacidade limitante para transportes de pessoas

Esse indicador visa avaliar a capacidade de movimentação estadual dos terminais ferroviários, dado pela soma das capacidades dos terminais ferroviários individualmente. Matematicamente representado pela Equação 72.

$$CTerminal_{ferro} = \sum (CTerminal_{ferro_i})$$

Equação 72

Fonte: elaboração própria.

Onde:

$CTerminal_{aero_i}$ – capacidade de movimentação de pessoas no terminal aeroviário i ;

5.2.26.1.8 Saturação da malha ferroviária

Para o cálculo de saturação ferroviária, primeiramente retiramos do resultado da simulação de cada cenário as informações de carregamento em veículos equivalentes (veh) e de capacidade para cada link e a extensão deles.

Para obtermos o valor final calculamos a média ponderada da saturação pela extensão dos links. Segue fórmula por meio da Equação 73:

$$\text{Saturação Ferroviária} = \frac{(\sum_1^n \text{Satur}_i \times \sum_1^n \text{Ext}_i)}{\sum_1^n \text{Ext}_i}$$

Equação 73

Fonte: elaboração própria.

Onde:

Satur_i - saturação do link i ;

Ext_i - extensão do link i .

Após isso, o valor do veh é dividido pela capacidade para obtermos uma saturação daquele link, conforme a Equação 74 a seguir:

$$\text{Satur}_i = \frac{\text{veh}_i}{\text{capacidade}_i}$$

Equação 74

Fonte: elaboração própria.

Onde:



veh_i - carregamento do link i em veículos equivalentes;

$capacidade_i$ - capacidade (também em veículos equivalentes) daquele link.

5.2.26.1.9 Saturação dos terminais

Esse indicador visa apresentar o nível de serviço em termos de saturação da capacidade ofertada na movimentação de cargas nos terminais ferroviários, dada pela Equação 75 e no transporte de e pessoas, dado pela Equação 76.

$$SaturaçãoFerroviária_{cargas} = \frac{\sum Toneladas_i}{\sum Capacidade_i}$$

Equação 75

Fonte: elaboração própria.

Onde:

$Toneladas_i$ - valor de toneladas para cada terminal ferroviário;

$Capacidade_i$ - capacidade de movimentação para cada terminal ferroviário.

$$SaturaçãoFerroviária_{pessas} = \frac{\sum Pessoas_i}{\sum Capacidade_i}$$

Equação 76

Fonte: elaboração própria.

Onde:

$Pessoas_i$ - valor de pessoas transportadas para cada terminal ferroviário;

$Capacidade_i$ - capacidade de movimentação para cada terminal ferroviário.

5.2.26.1.10 Participação na matriz de emissões de carbono

Para esse indicador, o valor das emissões em Gg de CO₂ equivalente do modo ferroviário é dividido pela soma das emissões de todos os modos, conforme a Equação 77:

$$Emissões_{ferro}(\%) = \frac{\sum Emissões \text{ do link ferroviário}_i}{\sum Emissões \text{ Totais}}$$

Equação 77

Fonte: elaboração própria.

Onde:

$Emissão_{ferro}$ – emissão de CO₂ equivalente do transporte ferroviário;



Emissões do link ferroviário_i – emissão de CO₂ equivalente de cada link ferroviário *i*;

Σ Emissões Totais – emissão de CO₂ equivalente considerando todos os modos de transporte para o Estado de Minas Gerais.

5.2.26.2 Resultados Diretos

5.2.26.2.1 Quantidade total de cargas transportadas

Nesse indicador, são somados os valores de carregamento dos links ferroviários em toneladas para o cenário, conforme a Equação 78:

$$\sum \text{Toneladas carregadas pelos links ferroviários}$$

Equação 78

Fonte: elaboração própria.

5.2.26.2.2 Produção de transporte em TKU

Nesse indicador, são somados os valores de carregamento dos links ferroviários em TKU para o cenário, conforme a Equação 79:

$$\sum \text{TKU carregado pelos links ferroviários}$$

Equação 79

Fonte: elaboração própria.

5.2.26.2.3 Produção de transporte em VKU

Nesse indicador, são somados os valores de carregamento dos links ferroviários em VKU para o cenário, conforme a Equação 80:

$$\sum \text{VKU carregado pelos links ferroviários}$$

Equação 80

Fonte: elaboração própria.

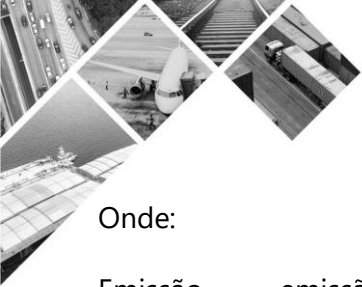
5.2.26.2.4 Eficiência Energética – Emissões

Nesse indicador, são somados os valores de emissões em Gg de CO₂ equivalente dos links ferroviários para o cenário, conforme a Equação 81:

$$\text{Emissão}_{\text{ferro}} = \sum \text{Emissões dos links ferroviários}_i$$

Equação 81

Fonte: elaboração própria.



Onde:

Emissão_{ferro} – emissão de CO₂ equivalente do transporte ferroviário;

Emissões dos links ferroviários – emissão de CO₂ equivalente de cada link ferroviário *i*.

5.2.26.2.5 Emissões de CO₂ equivalente por km²

Esse indicador avalia a densidade espacial da estimada de emissão de CO₂ equivalente por km² considerando o transporte ferroviário. A Equação 82 apresenta a formulação matemática.

$$\text{Emissão}^{\text{espacial}}_{\text{ferro}} = \frac{\sum \text{Emissões dos links ferroviários}_i}{A_{\text{Estadual}}}$$

Equação 82

Fonte: elaboração própria.

Onde:

Emissão^{espacial}_{ferro} – emissão de CO₂ equivalente do transporte ferroviário;

Emissões dos links ferroviário– emissão de CO₂ equivalente de cada link ferroviário *i*;

A_{Estadual} – área do estadual em km².

5.2.26.2.6 Quantidade total de cargas transportadas por grupo de carga

Para esse indicador, são divididos os carregamentos de TKU para cada um dos 6 grupos de carga considerados. Sendo eles: CGC, CGNC, GSA, GL, GSM, OGSM.

5.2.27 RODOVIÁRIO

Apresenta-se a seguir os indicadores avaliativos específicos do setor Rodoviário.

5.2.27.1 Propriedades

Os indicadores avaliativos que representam as características globais do sistema como um todo, são:

5.2.27.1.1 Capacidade nominal

A avaliação da capacidade para o setor rodoviário foi baseada nos manuais técnicos do DNIT (Brasil, 2006) e no *Highway Capacity Model 2010* (TRB, 2010). Ambos os modelos são aceitos no setor, de forma que foi



apenas realizados ajustes para adaptação aos modelos utilizados na simulação dos cenários. A Tabela 17 apresenta as capacidades adotadas para cada tipo de pista, em veículos equivalentes por hora.

Tabela 17 - Capacidades por tipo de pista

Tipo de pista	Capacidade (veh/h)
Pista baixa capacidade	1000
Pista Simples	1500
Pista com Faixa adicional	2250
Pista Dupla	3000

Fonte: elaboração própria.

Matematicamente a capacidade é dada pela Equação 83:

$$\text{Capacidade}_{\text{rodo}} = \sum \left(\text{Capacidade}_{\text{rodo}_i} \times L_{\text{rodo}_i} \right)$$

Equação 83

Fonte: elaboração própria.

Onde:

$\text{Capacidade}_{\text{rodo}}$ – capacidade rodoviária em t.km;

$\text{Capacidade}_{\text{rodo}_i}$ – capacidade rodoviária do link i em t.km;

L_{rodo_i} – comprimento do link i .

5.2.27.1.2 Saturação da malha rodoviária

Para o cálculo do indicador de saturação rodoviária, a referência principal é a do *Freight Analysis Framework-FAF* produzido de uma parceria do *Bureau of Transportation Statistics* - BTS e a *Federal Highway Administration* – FHWA (FHWA, 2022) dos Estados Unidos da América.

Para o cálculo do indicador é feita uma média ponderada da saturação pela extensão dos *links*, conforme a Equação 84 a seguir:

$$\text{Saturação da malha rodoviária} = \frac{\sum_1^n (\text{Saturação}_i \times \text{Extensão}_i)}{\sum_1^n \text{Extensão}_i}$$

Equação 84

Fonte: elaboração própria.

Onde:

Extensão_i - extensão do link i .



Realiza-se a divisão do valor do carregamento por 365 para obtenção de uma média diária pela capacidade ajustada para um único dia para obtenção da saturação de cada *link*, conforme a Equação 85:

$$\text{Saturação}_i = \frac{\frac{(\text{veh}_{\text{carga}_i} + \text{veh}_{\text{auto}_i} + \text{veh}_{\text{onibus}_i})}{365}}{\text{Cap. Dia}_i}$$

Equação 85

Fonte: elaboração própria.

Onde:

Saturação_{*i*} - saturação calculada do link *i*

A capacidade é ajustada para um fluxo diário, já que a alocação representa todo o carregamento do *link* em um ano. A capacidade ajustada é dada pela Equação 86:

$$\text{Cap. Dia}_i = \left(\frac{\text{Capacidade}_i}{\frac{365}{\frac{24}{2}}} \times \left\{ \begin{array}{l} \text{SE fHV}_i > 1 \rightarrow 1 \\ \text{SE fHV}_i \leq 1 \rightarrow \text{fHV}_i \end{array} \right\} \times 24 \right)$$

Equação 86

Fonte: elaboração própria.

Onde:

Cap. Dia_{*i*} - capacidade ajustada para um dia do link *i*,

Capacidade_{*i*} - capacidade anual em veículos equivalentes para aquele link *i*.

É obtido o carregamento de cada link. Essa extração é feita de forma que para cada linha temos o link, o sentido dele, o produto (que pode ser automóvel ou ônibus, representando o transporte de pessoas), a capacidade e o carregamento em veículos equivalentes (valor de conversão do volume em tonelada para representar um veículo, variável para cada grupo de carga). Em seguida é feita uma divisão entre veículos de carga (veh_carga), automóveis (veh_auto) e ônibus (veh_onibus).

Após essa divisão, é feito um ajuste na capacidade para cada link para veículos pesados (fHV) conforme a Equação 87:

$$\text{fHV}_i = \frac{1}{\left(1 + \left(\frac{\text{veh}_{\text{carga}_i}}{(\text{veh}_{\text{carga}_i} + \text{veh}_{\text{auto}_i} + \text{veh}_{\text{onibus}_i})} \right) \times \left(\frac{\text{veh}_{\text{auto}_i}}{(\text{veh}_{\text{carga}_i} + \text{veh}_{\text{onibus}_i})} - 1 \right) \right)}$$

Equação 87

Fonte: elaboração própria.

Onde:

fHV_{*i*} - ajuste para veículos pesados do link *i*,



veh_{carga_i} - carregamento em veículos equivalentes para o transporte de qualquer um dos n produtos de carga do link i ,

veh_{auto_i} - carregamento em veículos equivalentes para o transporte de pessoas em veículos particulares do link i ,

veh_{onibus_i} - carregamento em veículos equivalentes para o transporte de pessoas em veículos coletivos do link i .

5.2.27.1.3 Participação do modo rodoviário na matriz de transporte de TKU

O cálculo desse indicador consiste na divisão do carregamento em TKU do setor rodoviário pelo TKU total do sistema, conforme a Equação 88 a seguir:

$$TKU_{rodo}(\%) = \frac{\sum TKU \text{ dos Links Rodoviários}}{\sum TKU \text{ Total}}$$

Equação 88

Fonte: elaboração própria.

Onde:

TKU Total é a soma do carregamento em TKU de todos os setores (Hidroviário, Rodoviário, Ferroviário, Aeroviário e Dutoviário).

5.2.27.1.4 Participação do modo rodoviário na matriz de transporte de VKU

O cálculo desse indicador consiste na divisão do carregamento em VKU do setor rodoviário pelo VKU total do sistema, conforme a Equação 89:

$$VKU_{rodo}(\%) = \frac{\sum VKU \text{ dos Links Rodoviários}}{\sum VKU \text{ Total}}$$

Equação 89

Fonte: elaboração própria.

Onde:

VKU Total é a soma do carregamento em VKU de todos os setores (Hidroviário, Rodoviário, Ferroviário, Aeroviário e Dutoviário).

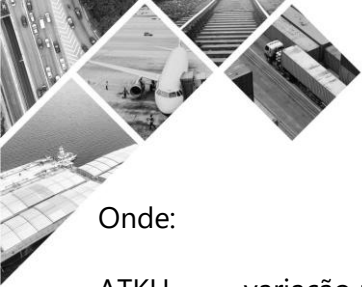
5.2.27.1.5 Variação da divisão modal do transporte de cargas no estado

Esse indicador visa avaliar a variação da participação rodoviário entre os cenários, conforme a Equação 90:

$$\Delta TKU_{rodo} = TKU_{rodo_{c_n}} - TKU_{rodo_{c_{n-1}}}$$

Equação 90

Fonte: elaboração própria.



Onde:

$\Delta\text{TKU}_{\text{rodo}}$ - variação percentual da divisão modal do transporte rodoviário de cargas no estado;

$\text{TKU}_{\text{rodo}_{c_n}}$ - produção de transporte rodoviário de cargas no cenário n ;

$\text{TKU}_{\text{rodo}_{c_{n-1}}}$ - produção de transporte rodoviário de cargas no cenário $n-1$.

5.2.27.1.6 Participação do modo rodoviário na matriz de transporte de RPK

O cálculo desse indicador consiste na divisão do transporte de pessoas em RPK do setor rodoviário pelo RPK total do sistema, conforme a Equação 91:

$$\text{RPK}_{\text{rodo}}(\%) = \frac{\sum \text{RPK dos Links Rodoviários}}{\sum \text{RPK Total}}$$

Equação 91

Fonte: elaboração própria.

Onde:

$\text{RPK}_{\text{rodo}}(\%)$ - participação do modo rodoviário na matriz de transporte de RPK;

RPK dos Links Rodoviários - soma do transporte de pessoas, em RPK, dos links rodoviários;

RPK Total - soma do transporte de pessoas em RPK de todos os setores (Hidroviário, Rodoviário, Ferroviário, Aeroviário).

5.2.27.1.7 Custo total por unidade de transporte movimentada

Esse indicador visa medir a o custo médio de movimentação de um TKU de carga para o modo rodoviário. Para isso, portanto, o valor do custo total é dividido pela movimentação em TKU, obtendo um valor em R\$/TKU. Segue a seguir a formulação matemática dada pela Equação 92:

$$\text{Custo}_{\text{rodo}} = \frac{\sum \text{Custo dos links rodoviários}_i}{\sum \text{TKU dos links rodoviários}_i}$$

Equação 92

Fonte: elaboração própria.

Onde:

$\text{Custo}_{\text{rodo}}$ - custo total de transporte rodoviário estadual por unidade movimentada;

$\text{Custo dos links rodoviários}_i$ - custo de transporte do link rodoviário i ;

$\text{TKU dos links rodoviários}_i$ - produção de transporte do link rodoviário i .



5.2.27.1.8 Participação do modo rodoviário na matriz de emissões

Para esse indicador, o valor das emissões em Gg de CO₂ equivalente do modo rodoviário é dividido pela soma das emissões de todos os modos, conforme a Equação 45 e a Equação 93:

$$\text{Emissões}_{\text{rodo}}(\%) = \frac{\sum \text{Emissões do link rodoviário}_i}{\sum \text{Emissões Totais}}$$

Equação 93

Fonte: elaboração própria.

Onde:

Emissão_{rodo} – emissão de CO₂ equivalente do transporte rodoviário;

Emissões do link rodoviário_i – emissão de CO₂ equivalente de cada link rodoviário *i*;

\sum Emissões Totais – emissão de CO₂ equivalente considerando todos os modos de transporte para o Estado de Minas Gerais.

5.2.27.2 Resultados Diretos

5.2.27.2.1 Quantidade total de cargas transportadas

Nesse indicador são somados os valores de carregamento dos links rodoviários em toneladas para o cenário, conforme a Equação 94 a seguir:

$$\sum \text{Toneladas carregadas pelos links rodoviários}$$

Equação 94

Fonte: elaboração própria.

5.2.27.2.2 Produção de transporte em TKU

Nesse indicador são somados os valores de carregamento dos links rodoviários em TKU para o cenário, conforme a Equação 95:

$$\sum \text{TKU carregado pelos links rodoviários}$$

Equação 95

Fonte: elaboração própria.

5.2.27.2.3 Produção de transporte em VKU

Nesse indicador são somados os valores de carregamento dos links rodoviários em VKU para o cenário, conforme a Equação 96 a seguir:



$$\sum \text{VKU carregado pelos links rodoviários}$$

Equação 96

Fonte: elaboração própria.

5.2.27.2.4 Eficiência Energética – Emissões

Nesse indicador são somados os valores de emissões em Gg de CO₂ equivalente dos links rodoviários para o cenário, conforme a Equação 97:

$$\text{Emissão}_{\text{rodo}} = \sum \text{Emissões dos links rodoviários}_i$$

Equação 97

Fonte: elaboração própria.

Onde:

Emissão_{rodo} – emissão de CO₂ equivalente do transporte rodoviário;

Emissões dos links rodoviários – emissão de CO₂ equivalente de cada link rodoviário *i*.

5.2.27.2.5 Emissões de CO₂ equivalente por km²

Esse indicador avalia a densidade espacial da estimada de emissão de CO₂ equivalente por km² considerando o transporte rodoviário. A Equação 98 apresenta a formulação matemática.

$$\text{Emissão}^{\text{espacial}}_{\text{rodo}} = \frac{\sum \text{Emissões dos links rodoviários}_i}{A_{\text{Estadual}}}$$

Equação 98

Fonte: elaboração própria.

Onde:

Emissão^{espacial}_{rodo} – emissão de CO₂ equivalente do transporte rodoviário;

Emissões dos links rodoviário – emissão de CO₂ equivalente de cada link rodoviário *i*;

A_{Estadual} – área do estadual em km².

5.2.27.2.6 Quantidade total de cargas transportadas por grupo de carga

Para esse indicador, são divididos os carregamentos de TKU para cada um dos 6 grupos de carga considerados. Sendo eles: CGC, CGNC, GSA, GL, GSM, OGSM.

5.2.28 PORTUÁRIO

Apresenta-se a seguir os indicadores avaliativos específicos do setor Portuário.

5.2.28.1 Propriedades

Os indicadores avaliativos que representam as características globais do sistema como um todo, são:

5.2.28.1.1 Saturação portuária

O indicador de saturação portuária depende da divisão da alocação do carregamento da entidade porto-município, utilizada para simulação de cenários. Nesse modelo, cada município que contém portos tem suas instalações agrupadas em um único ponto.

Após a separação do carregamento é calculada a saturação para cada terminal e grupo de carga. Para retirada do indicador, são somados os valores de capacidade e movimentação de todos os terminais presentes naquele complexo portuário. Após obtenção desses dois valores, divide-se a movimentação pela capacidade para obtenção da saturação de cada complexo, conforme a Equação 99:

$$\text{Saturação Portuária} = \frac{\sum \text{Toneladas}_i}{\sum \text{Capacidade}_i}$$

Equação 99

Fonte: elaboração própria.

Onde:

Toneladas_i¹³ - valor de toneladas para cada terminal de um dado complexo portuário;

Capacidade_i - capacidade de movimentação para cada terminal de um dado porto ou complexo portuário.

5.2.28.1.2 Capacidade nominal instalada

Para realizar o cálculo da capacidade de um terminal, é computada a capacidade de cada componente do porto por meio de uma fórmula algébrica. A capacidade do componente limitante é identificada e assumida como sendo a capacidade do terminal inteiro.

Por meio da análise dos Planos Mestres dos Complexos Portuários, identificaram-se três macro componentes:

- Capacidade de acostagem;
- Capacidade de armazenagem;

¹³ No caso do transporte de pessoas aplica-se \sum Pessoas;



- Capacidade dos acessos terrestres (rodoviário, ferroviário e/ou dutoviário).

A Equação 100 apresenta o modelo matemático da definição da capacidade de um terminal portuário.

$$C_{\text{Terminal}_{\text{porto}}} = \sum (C_{\text{Terminal}_{\text{porto}_i}})$$

Equação 100

Fonte: elaboração própria.

Onde:

$C_{\text{Terminal}_{\text{porto}}}$ – capacidade, em toneladas, do porto;

$C_{\text{Terminal}_{\text{porto}_i}}$ – capacidade, em toneladas, do terminal portuário i .

A formulação de capacidade em termos de transporte de pessoas é similar a formulação para cargas, sendo alterado apenas a unidade, que considera o número de pessoas transportadas.

Para realizar o cálculo de capacidade, foram utilizados os dados do Estatístico Aquaviário de 2021. Em razão da ausência de dados estruturados disponíveis para realização dos cálculos de capacidades de armazenagem e dos acessos terrestres, utilizou-se, para o ciclo de planejamento atual, apenas o cálculo de capacidade de acostagem.

A fórmula de capacidade de movimentação no cais foi obtida do Relatório de Metodologia do PNLP (BRASIL, 2015). Sendo definida por meio da Equação 101.

$$C = \frac{\rho \times A \times n_b}{\bar{T}} \times \bar{L} \times P\%$$

Equação 101

Fonte: elaboração própria.

Onde,

C – capacidade de acostagem em toneladas anual;

ρ – índice de ocupação de cais admissível (adimensional);

A – tempo disponível no ano operacional;

n_b – quantidade de berços;

\bar{L} - lote médio atendido no trecho de cais (t/navio);

\bar{T} - tempo médio de atendimento para o trecho de cais (h/navio);

$P\%$ - proporção de utilização do berço.

O tempo médio de atendimento foi calculado pela soma do Tempo Médio de Operação (TOP), do Tempo Médio de Pré-Operação e Tempo Médio de Pós-Operação (INOP) e do Tempo Médio entre Atracações

Sucessivas (TAC), isto é, entre término e início de um atendimento no mesmo berço, conforme aponta a Equação 102 e o esquema ilustrado na Figura 11.

$$\bar{T} = TOP + INOP + TAC$$

Equação 102

Fonte: elaboração própria.

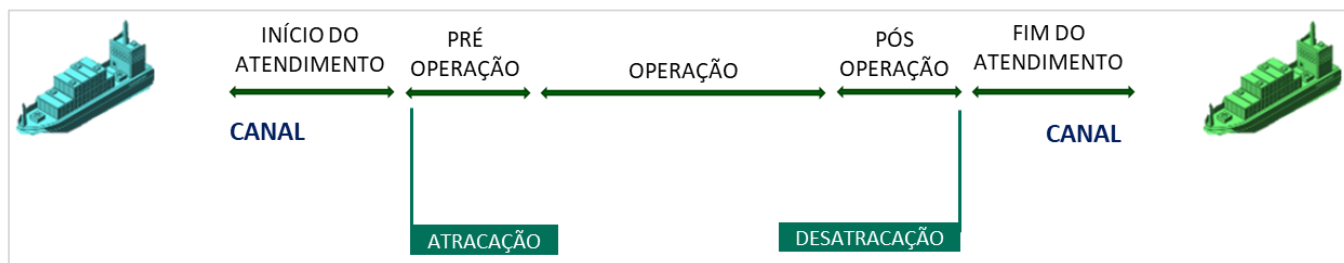


Figura 11 - Tempos considerados para o atendimento de um navio

Fonte: elaboração própria.

Diferentemente da fórmula empregada pelo PNLP, adotou-se que como premissa que a fórmula de capacidade não deve empregar parâmetros médios, mas aqueles que maximizam a fórmula algébrica. A finalidade do estudo de capacidade portuária é determinar o maior valor possível de movimentação de cargas que os portos, contendo um ou mais terminais, podem realizar.

Posto isso, utilizou-se a Equação 103 para determinar a máxima capacidade dos portos existentes. Para obter o lote máximo e o tempo mínimo de atendimento, foi identificado no banco de dados a atracação com a maior relação entre as variáveis citadas, respectivamente, de cada terminal por perfil de carga.

$$C_{\text{máx}} = \frac{\rho \times A \times n_b}{T_{\text{mín}}} \times L_{\text{máx}} \times P_{\%}$$

Equação 103

Fonte: elaboração própria.

Onde,

$C_{\text{máx}}$ - capacidade máxima em toneladas anual;

ρ - índice de ocupação de cais admissível (adimensional);

A - tempo disponível no ano operacional;

n_b - quantidade de berços;

$L_{\text{máx}}$ - lote máximo atendido no trecho de cais (t/navio);

$T_{\text{mín}}$ - tempo médio de atendimento mínimo para o trecho de cais (h/navio);

$P_{\%}$ - proporção de utilização do berço.

Dessa forma, a capacidade de cada tipo de porto será determinada o somatório das capacidades dos terminais para cada perfil de carga



Por fim, para esse indicador, são somadas as capacidades de cada terminal e agrupadas para o setor como um todo. Para cenários futuros, são analisadas as ações que alteram a capacidade dos terminais e assim calculadas para cada cenário, conforme a Equação 104:

$$\sum \text{Capacidade dos terminais}$$

Equação 104
Fonte: elaboração própria.

5.2.28.1.3 Custo por tonelada movimentada

Aplicando o mesmo método de separação da alocação por terminais descrito no item 5.2.28.1.2, são somadas as toneladas totais do setor portuário. Em seguida, são somados os custos de todos os links hidroviários do modelo. Após obtenção desses dois números, divide-se o valor da soma dos custos pela soma das toneladas para obtenção de um custo médio por tonelada (R\$/tonelada), conforme a Equação 105:

$$\text{Custo por Tonelada Movimentada} = \frac{\sum \text{Custo}_j}{\sum \text{Toneladas}_i}$$

Equação 105
Fonte: elaboração própria.

Onde:

Toneladas_i - valor em toneladas alocadas em cada terminal para aquele cenário e;

Custo_j - valor do custo de transbordo para cada link do modo portuário.

5.2.28.2 Resultados Diretos

5.2.28.2.1 Quantidade total de carga transportadas por grupo de carga

Para esse indicador, são divididos os carregamentos de TKU por navegação interior para cada um dos 6 grupos de carga considerados. Sendo eles: CGC, CGNC, GSA, GL, GSM, OGSM.

5.2.29 DUTOVIÁRIO

Apresenta-se a seguir os indicadores avaliativos específicos do setor Dutoviário.

5.2.29.1.1 Capacidade ofertada de cargas

Esse indicador visa avaliar a capacidade estadual de transporte de cargas pelo modo dutoviário. Matematicamente representado pela Equação 106.



$$\text{Capacidade}_{\text{duto}} = \sum \left(\text{Capacidade}_{\text{duto}_i} \times L_{\text{duto}_i} \right)$$

Equação 106

Fonte: elaboração própria.

Onde:

$\text{Capacidade}_{\text{duto}}$ – capacidade dutoviária em t.km;

$\text{Capacidade}_{\text{duto}_i}$ – capacidade dutoviária do link i em t.km;

L_{aero_i} – comprimento do link i .

5.2.29.1.2 Saturação dutoviária

Esse indicador avalia a relação entre demanda e capacidade do modo dutoviário para o Estado de Minas Gerais. Matematicamente têm-se a Equação 107:

$$\text{Saturação Dutoviária} = \frac{\sum_1^n (\text{Satur}_i \times \text{Ext}_i)}{\sum_1^n \text{Ext}_i}$$

Equação 107

Fonte: elaboração própria.

Onde:

Satur_i – saturação do link i ;

Ext_i – extensão do link i .

5.2.29.1.3 Variação da divisão modal do transporte de cargas no estado

Esse indicador visa avaliar a variação da participação dutoviária entre os cenários, conforme a Equação 108:

$$\Delta \text{TKU}_{\text{duto}} = \text{TKU}_{\text{duto}_{c_n}} - \text{TKU}_{\text{duto}_{c_{n-1}}}$$

Equação 108

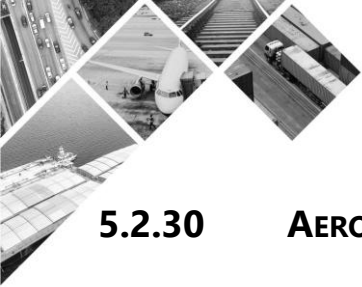
Fonte: elaboração própria.

Onde:

$\Delta \text{TKU}_{\text{duto}}$ – variação percentual da divisão modal do transporte dutoviário de cargas no estado;

$\text{TKU}_{\text{duto}_{c_n}}$ – produção de transporte dutoviário de cargas no cenário n ;

$\text{TKU}_{\text{duto}_{c_{n-1}}}$ – produção de transporte dutoviário de cargas no cenário $n-1$.



5.2.30 AEROPORTUÁRIO

Apresenta-se a seguir os indicadores avaliativos específicos do setor Aeroportuário.

5.2.30.1.1 Capacidade limitante de cargas

Esse indicador visa avaliar a capacidade de movimentação de cargas estadual dos terminais aeroportuários, dado pela soma das capacidades dos terminais aeroportuários individualmente. Matematicamente representado pela Equação 109.

$$CTerminal_{aero} = \sum (CTerminal_{aero_i})$$

Equação 109

Fonte: elaboração própria.

Onde:

$CTerminal_{aero_i}$ – capacidade de movimentação de cargas no terminal aeroviário i ;

5.2.30.1.2 Capacidade limitante para transportes de pessoas

Esse indicador visa avaliar a capacidade de movimentação estadual dos terminais aeroportuários, dado pela soma das capacidades dos terminais aeroportuários individualmente. Matematicamente representado pela Equação 110.

$$CTerminal_{aero} = \sum (CTerminal_{aero_i})$$

Equação 110

Fonte: elaboração própria.

Onde:

$CTerminal_{aero_i}$ – capacidade de movimentação de pessoas no terminal aeroviário i ;

5.2.30.1.3 Capacidade ofertada para transporte de cargas

Esse indicador visa avaliar a capacidade estadual de transporte de cargas pelo modo aéreo. Matematicamente representado pela Equação 111.

$$Capacidade_{aero} = \sum (Capacidade_{aero_i} \times L_{aero_i})$$

Equação 111

Fonte: elaboração própria.

Onde:



Capacidade_{aero} – capacidade aeroviária em RPK;

Capacidade_{aero_i} – capacidade aeroviária do link *i* em RPK;

L_{aero_i} – comprimento do link *i*.

5.2.30.1.4 Capacidade ofertada para transporte de pessoas

Esse indicador visa avaliar a capacidade estadual de transporte de pessoas pelo modo aéreo. Matematicamente representado pela Equação 112.

$$\text{Capacidade}_{\text{aero}} = \sum (\text{Capacidade}_{\text{aero}_i} \times L_{\text{aero}_i})$$

Equação 112

Fonte: elaboração própria.

Onde:

Capacidade_{aero} – capacidade aeroviária em RPK;

Capacidade_{aero_i} – capacidade aeroviária do link *i* em RPK;

L_{aero_i} – comprimento do link *i*.

5.2.30.1.5 Variação da divisão modal do transporte de cargas no estado

Esse indicador visa avaliar a variação da participação aeroviário entre os cenários, conforme a Equação 113:

$$\Delta \text{TKU}_{\text{aero}} = \text{TKU}_{\text{aero}_{c_n}} - \text{TKU}_{\text{aero}_{c_{n-1}}}$$

Equação 113

Fonte: elaboração própria.

Onde:

$\Delta \text{TKU}_{\text{aero}}$ - variação percentual da divisão modal do transporte aeroviário de cargas no estado;

TKU_{aero_{c_n}} – produção de transporte aeroviário de cargas no cenário *n*;

TKU_{aero_{c_{n-1}}} - produção de transporte aeroviário de cargas no cenário *n-1*.



5.2.30.1.6 Saturação aeroportuária

Esse indicador visa apresentar o nível de serviço em termos de saturação da capacidade ofertada na movimentação de cargas nos terminais aeroportuários, dada pela Equação 114 e no transporte de pessoas, dado pela Equação 115.

$$\text{Satura\c{c}\~aoAeroportu\~aria}_{\text{cargas}} = \frac{\sum \text{Toneladas}_i}{\sum \text{Capacidade}_i}$$

Equa\c{c}\~ao 114
Fonte: elabora\c{c}\~ao pr\~opria.

Onde:

Toneladas_i - valor de toneladas para cada terminal aeroportu\~ario;

Capacidade_i - capacidade de movimenta\c{c}\~ao para cada terminal aeroportu\~ario.

$$\text{Satura\c{c}\~aoAeroportu\~aria}_{\text{pessoas}} = \frac{\sum \text{Pessoas}_i}{\sum \text{Capacidade}_i}$$

Equa\c{c}\~ao 115
Fonte: elabora\c{c}\~ao pr\~opria.

Onde:

Pessoas_i - valor de pessoas transportadas para cada terminal aeroportu\~ario;

Capacidade_i - capacidade de movimenta\c{c}\~ao para cada terminal aeroportu\~ario.

5.2.31 QUADRO RESUMO DOS INDICADORES AVALIATIVOS DO PELT-MG, POR SETOR

Tabela 18 – Proposta de Indicadores Avaliativos do Setor Hidrovi\~ario do PELT-MG

Elemento	Indicador	Abrang\~encia	Unidade
Desenvolvimento da Infraestrutura	Capacidade ofertada de cargas	Estadual	t.km
	Capacidade ofertada de cargas	RGI	t.km
	Capacidade ofertada para transporte de pessoas	Estadual	p.km
	Capacidade ofertada para transporte de pessoas	RGI	p.km
N\~ivel de Servi\c{c}\~o / Satura\c{c}\~ao	Satura\c{c}\~ao hidrovi\~aria cargas	Estadual	%
	Satura\c{c}\~ao hidrovi\~aria cargas	Trecho T\~atico	%
	Satura\c{c}\~ao hidrovi\~aria pessoas	Estadual	%



	Saturação hidroviária pessoas	Trecho Tático	%
--	-------------------------------	---------------	---

Fonte: elaboração própria.

Tabela 19 – Proposta de Indicadores Avaliativos do Setor Ferroviário do PELT-MG

Elemento	Indicador	Abrangência	Unidade
Desenvolvimento da Infraestrutura	Capacidade ofertada de cargas	Estadual	t.km
	Capacidade ofertada de cargas	RGI	t.km
	Capacidade limitante de cargas	Estadual	t
	Capacidade limitante de cargas	RGI	t
	Capacidade ofertada para transporte de pessoas	Estadual	p.km
	Capacidade ofertada para transporte de pessoas	RGI	p.km
	Capacidade limitante para transportes de pessoas	Estadual	Nº pessoas
	Capacidade limitante para transportes de pessoas	RGI	Nº pessoas
Nível de Serviço / Saturação	Saturação ferroviária cargas	Estadual	%
	Saturação ferroviária cargas	Trecho Tático	%
	Saturação ferroviária pessoas	Estadual	%
	Saturação ferroviária pessoas	Trecho Tático	%

Fonte: elaboração própria.

Tabela 20 – Proposta de Indicadores Avaliativos do Setor Rodoviário do PELT-MG

Elemento	Indicador	Abrangência	Unidade
Desenvolvimento da Infraestrutura	Capacidade ofertada de cargas	Estadual	t.km
	Capacidade ofertada de cargas	RGI	t.km
	Capacidade ofertada para transporte de pessoas	Estadual	p.km
	Capacidade ofertada para transporte de pessoas	RGI	p.km
	Capacidade limitante para transportes de pessoas	Estadual	Nº pessoas



	Capacidade limitante para transportes de pessoas	RGI	Nº pessoas
Nível de Serviço / Saturação	Saturação rodoviária (cargas + pessoas)	Estadual	%
	Saturação rodoviária (cargas + pessoas)	Trecho Tático	%
Segurança	Índice de Segurança Rodoviário	Estadual	Número índice (>=1)
	Índice de Segurança Rodoviário	RGI	Número índice (>=1)

Fonte: elaboração própria.

Tabela 21 – Proposta de Indicadores Avaliativos do Setor Portuário do PELT-MG

Elemento	Indicador	Abrangência	Unidade
Desenvolvimento da Infraestrutura	Capacidade ofertada de cargas	Estadual	t
	Capacidade ofertada de cargas	RGI	t
	Capacidade ofertada para transporte de pessoas	Estadual	Nº pessoas
	Capacidade ofertada para transporte de pessoas	RGI	Nº pessoas
Nível de Serviço / Saturação	Saturação portuária cargas	Estadual	%
	Saturação portuária cargas	Trecho Tático	%
	Saturação portuário pessoas	Estadual	%
	Saturação portuário pessoas	Trecho Tático	%

Fonte: elaboração própria.

Tabela 22 – Proposta de Indicadores Avaliativos do Setor Aeroviário do PELT-MG

Elemento	Indicador	Abrangência	Unidade
Desenvolvimento da Infraestrutura	Capacidade ofertada para transporte de pessoas	Estadual	RPK
	Capacidade ofertada para transporte de pessoas	RGI	RPK

Fonte: elaboração própria.

Tabela 23 – Proposta de Indicadores Avaliativos do Setor Aeroportuário do PELT-MG

Elemento	Indicador	Abrangência	Unidade
	Capacidade limitante de cargas	Estadual	t



Desenvolvimento da Infraestrutura	Capacidade limitante de cargas	RGI	t
	Capacidade limitante para transporte de pessoas	Estadual	Nº pessoas
	Capacidade limitante para transporte de pessoas	RGI	Nº pessoas
Nível de Serviço / Saturação	Saturação aeroportuária cargas	Estadual	%
	Saturação aeroportuária cargas	Trecho Tático	%
	Saturação aeroportuária pessoas	Estadual	%
	Saturação aeroportuária pessoas	Trecho Tático	%

Fonte: elaboração própria.

Tabela 24 – Proposta de Indicadores Avaliativos do Setor Dutoviário do PELT-MG

Elemento	Indicador	Abrangência	Unidade
Desenvolvimento da Infraestrutura	Capacidade ofertada de cargas	Estadual	t.km
	Capacidade ofertada de cargas	RGI	t.km
Nível de Serviço / Saturação	Saturação dutoviária cargas	Estadual	%
	Saturação dutoviária cargas	Trecho Tático	%

Fonte: elaboração própria.



5.3 INDICADORES DE IMPACTO

Caracterizam-se por indicadores que permitem uma análise especializada para cada ação (empreendimento / iniciativa) resguardando especificidades por setor. Visam demonstrar uma visão mais específica e de menor abrangência para o sistema de transportes focados nas ações de um setor, fazendo parte do índice de avaliação da Dimensão Socioeconômica ($D_{Socioeconômica}$), um dos componentes do índice de classificações (IC).

Para uma análise de uma rede de transportes multimodal, os indicadores de impacto podem ou não terem métodos ou modelos aplicáveis a todos os setores de forma igual, mas em alguns casos as especificidades de cada setor de transportes necessitam de ajustes para que os mesmos resultados ou as mesmas propriedades sejam avaliadas independentemente de qual modo está sendo avaliado.

Nas seções seguintes são apresentados os indicadores de impactos, ficando os indicadores descritivos detalhados no APÊNDICE II.

Fez-se necessário criar uma métrica para avaliar de forma quantitativa como cada ação proposta no plano contribui para que o objetivo seja de fato alcançado ao final da implementação dela. Dessa forma, foi proposto pelo menos um indicador para cada objetivo de cada um dos setores. A Tabela 25 apresenta os elementos medidos pelos indicadores.

Tabela 25 – Elementos afetados pelos objetivos dos planos setoriais

Elemento	Definição
Desenvolvimento socioeconômico	Evolução ou progresso medido a partir de variáveis qualitativas e quantitativas ligadas a aspectos culturais, sociais, históricos, econômicos, para um dado intervalo de tempo, a depender do recorte territorial adotado no estudo (município, estado, região, país).
Integração/Intercâmbio	Existência de canais (infraestrutura e serviços) para intercâmbio facilitado de pessoas e mercadorias entre duas regiões.
Desenvolvimento Tecnológico	Desenvolvimento (de projeto): Processo de estudo e trabalho pelo qual o projetista elabora as partes de um projeto específico, que pode ser relativo à definição de um produto, solução de um problema, a uma obra rodoviária, à construção de uma fábrica, e outros.
Desenvolvimento da Infraestrutura	Variação no nível de oferta de algum elemento da infraestrutura em um determinado espaço de tempo.
Nível de Serviço	É a quantidade máxima de veículos de transporte que o sistema comporta.
Acessibilidade	Facilidade de acesso entre as origens e destinos dos desejos de viagem.
Eficiência operacional	Eficiência é a otimização de recursos para alcance dos resultados esperados (maximizar resultados, minimizar recursos) (Fulgencio, 2007)
Segurança	A segurança compreende a prestação dos serviços isenta de riscos para usuários e terceiros.



Elemento	Definição
Sustentabilidade	É o conjunto de práticas econômicas, financeiras e administrativas que visam o desenvolvimento econômico de um país ou empresa, preservando o meio ambiente e garantindo a manutenção dos recursos naturais para as futuras gerações.

Fonte: elaboração própria.

5.3.1 INDICADOR DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÔMICO

O indicador de desenvolvimento socioeconômico procura medir qual o impacto marginal de um empreendimento no atendimento das necessidades sociais e econômicas do Estado de Minas Gerais. Nesse sentido, escolheu-se o investimento em CAPEX ponderado pelo Produto Interno Bruto (PIB) de todos os municípios que ele intercepta. A interpretação desse indicador é que investimentos altos em regiões de PIB elevado geram uma variação de benefícios socioeconômicos menores que investimentos medianos em regiões menos abastadas.

Assim a Equação 116 apresenta a formulação matemática utilizada.

$$\beta_{1j} = \frac{\text{CAPEX}_j}{\text{PIB}_{\text{município}_\text{médio}}}$$

Equação 116 – Equação de impacto do PIB devido a investimentos em infraestrutura

Fonte: elaboração própria.

Onde:

β_{1j} - valor do indicador de desenvolvimento socioeconômico do empreendimento j ;

$\text{PIB}_{\text{municípios}_\text{médio}}$ - Produto Interno Bruto de todos os municípios que o empreendimento j intercepta para o ano base do projeto;

CAPEX_j - valor investido em CAPEX no empreendimento j ;

No entanto o presente indicador encontra-se em revisão, podendo ter sua métrica alterada após validação e aprovação da CODEMGE e SEINFRA.

5.3.2 INDICADOR INTEGRAÇÃO

O indicador de Integração mede quanto um empreendimento contribui para a integração estadual dos municípios.

A priorização dos empreendimentos é realizada pela soma de todas as integrações ponderadas dos municípios afetados por ele, conforme apresentado na Equação 117.



$$\beta_{2j} = \sum \Delta \text{Integração}_{i_{\text{pond}}}$$

Equação 117 – Indicador de integração
Fonte: elaboração própria.

Onde:

β_{2j} - valor do indicador de integração para o empreendimento j.

Para a análise priorizada de empreendimentos, a variação da integração municipal é calculada e multiplicada pelo valor normalizado, conforme mostrado na Equação 118.

$$\Delta \text{Integração}_{i_{\text{pond}}} = \text{Integração municipal}_{i_{\text{ano de projeto}}} \times \text{Integração normalizada}$$

Equação 118 – Variação da integração ponderada
Fonte: elaboração própria.

Onde:

$\Delta \text{Integração}_{i_{\text{pond}}}$ é a variação da integração do município i ponderada por sua normalização.

A proposta para a priorização de ações em relação a integração é que ações que afetem municípios com piores índices de integração sejam priorizadas. Para isso, os valores de integração de cada município são normalizados de forma que o município com maior integração receba o valor de zero e o de menor integração receba o valor unitário. A Equação 119 apresenta a formulação descrita.

$$\text{Integração normalizada}_i = \frac{\text{MAX}(\text{Integração municipal}_i) - \text{Integração municipal}_i}{\text{MAX}(\text{Integração municipal}_i) - \text{MIN}(\text{Integração municipal}_i)}$$

Equação 119- Normalização invertida da integração municipal
Fonte: elaboração própria.

Onde:

Integração normalizada_i - valor da integração normalizado variando de 0 a 1, no qual 0 seria o município de maior integração e 1 o de menor;

Integração municipal_i - valor da integração municipal para o município i.

Depois, é realizada uma verificação topológica de quais municípios são afetados diretamente pelo empreendimento. Caso o empreendimento seja de natureza linear a verificação realizada é de interseção, ou seja, quais municípios que possuem qualquer trecho do empreendimento em seu interior. Para empreendimentos pontuais, são feitas duas análises topológicas para aferição da influência do empreendimento. A primeira é se o limite municipal contém o ponto da obra, caso não contenha, como em plataformas *offshore*, é feita uma análise de proximidade, verificando qual o município mais próximo do empreendimento.

Após montada a lista de empreendimentos relacionados aos municípios, a quantidade de empreendimentos em cada município é contabilizada e seu valor é multiplicado pelo valor médio apresentado em por Silva, L.



R. & Holanda, F. (2019) (Integração média acrescida Ano Base-Ano Futuro $\rightarrow I_{2017-2035}=0,3824$). O valor em representa o percentual do acréscimo de integração total do município ao final do período de análise. Dessa forma, a Equação 120 apresenta o cálculo do valor de integração de cada município após a execução de todas as ações.

$$\text{Integração municipal}_{\text{ano de projeto}} = \text{Integração municipal}_i \times \left(1 + \sum \text{empreendimentos}_i \times I_{2017-2035}\right)$$

Equação 120 – Cálculo do índice de integração provável do município no período de análise
Fonte: elaboração própria.

Onde:

$\text{Integração municipal}_{\text{ano de projeto}}$ - valor projetado da integração do município i para o ano de análise do projeto;

Empreendimentos_i - número de empreendimentos que afetam o município i .

A proposta do método se baseia em publicação em congresso, de forma que já possui um nível de aprovação pela comunidade acadêmica, mas não está livre de limitações. O valor do ano base considera a rede de transportes brasileira de 2017, carecendo uma atualização para melhor representar a situação atual do sistema de transportes e dos municípios. Além disso, a priorização não considera completamente as relações topológicas de integração. Em tese, melhorar a conexão de um município de baixa integração para um município de alta integração deveria resultar em uma variação da integração maior que melhorando a conexão para um município e baixa integração.

Além disso, seria possível calcular esse indicador através dos resultados do modelo de simulação. A partir dos dados de rotas que podem ser extraídos do modelo de simulação poderíamos avaliar se a execução de um empreendimento seria capaz de atrair um número maior de rotas para essa infraestrutura aumentando a integração do elemento de infraestrutura a demanda.

5.3.3 INDICADOR DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

O indicador de desenvolvimento tecnológico procura medir uma variação no estado da tecnologia do sistema de transportes. Como a definição do estado de tecnologia é algo complexo e depende de inúmeras variáveis definidas em nível de projeto, foram escolhidas variáveis de aproximação para cada setor estudado.

Em geral, o entendimento técnico dado a essa variável é que empreendimentos que tenham impactos mais estruturais na infraestrutura. Nesse sentido, empreendimentos que possuam alguns tipos de modelo de outorga ganhariam algum valor. A Tabela 26 apresenta um resumo dos critérios das características necessárias ao empreendimento para pontuar em desenvolvimento tecnológico.



Tabela 26 – Resumo das características necessárias ao indicador de desenvolvimento tecnológico

Característica	Valor necessário
Modelo de outorga	Concessão
	Permissão
	Autorização
	Desestatização
	Arrendamento

Fonte: elaboração própria.

No entanto o presente indicador encontra-se em revisão, podendo ter sua métrica alterada após validação e aprovação da CODEMGE e SEINFRA.

5.3.3.1 Ferroviário/Hidroviário/Rodoviário

O entendimento do desenvolvimento tecnológico para o setor rodoviário, ferroviário e hidroviário é que empreendimentos que possuam alguma das características descritas na Tabela 26 ganharia algum valor de desenvolvimento tecnológico.

Para maior diferenciação e melhor ponderação entre projetos, foi feita uma ponderação por extensão. A interpretação dessa implementação é de que se uma obra tem maior extensão, a “quantidade” de infraestrutura afetada é maior, e consequentemente, levando a uma maior variação do desenvolvimento de transportes. A Equação 121 mostra a formulação matemática do indicador.

$$\beta_{3j} = \theta_j \times L_j$$

Equação 121 – Indicador de desenvolvimento tecnológico para os setores Rodoviário, Ferroviário e Hidroviário
Fonte: elaboração própria.

Onde:

β_{3j} - valor do indicador de desenvolvimento tecnológico para o empreendimento j ;

θ_j - variável binária que avalia se o empreendimento j possui algumas das características apresentadas na Tabela 26;

L_j - extensão do empreendimento j , em km.



5.3.3.2 Portuário

Para coerência lógica do processo o setor portuário também leva em consideração que o empreendimento necessita possuir alguma das características descritas na Tabela 26 ganharia algum valor de desenvolvimento tecnológico.

Entretanto, empreendimentos portuários, por definição, não possuem extensão foi necessária a adoção de outra métrica, o investimento em CAPEX do empreendimento. Neste caso, a interpretação que se dá é de que investimentos em CAPEX tem como resultado direto por definição, a alteração de bens de capitais portuários, como equipamentos e edificações, provavelmente para itens mais modernos. Assim, a Equação 122 mostra a formulação matemática do indicador.

$$\beta_{3j} = \theta_j \times \text{CAPEX}_j$$

Equação 122 – Indicador de desenvolvimento tecnológico para o setor portuário
Fonte: elaboração própria.

Onde:

β_{3j} - valor do indicador de desenvolvimento tecnológico para o empreendimento j ;

θ_j - variável binária que avalia se o empreendimento j possui algumas das características apresentadas na Tabela 26;

CAPEX_j – valor de investimento determinado ao empreendimento j , em R\$.

5.3.4 INDICADOR DESENVOLVIMENTO DA INFRAESTRUTURA

O desenvolvimento da Infraestrutura viária procura metrificar a variação no nível de oferta de algum elemento da infraestrutura em um determinado espaço de tempo, que no caso é igual ao tempo de horizonte do plano desenvolvido.

5.3.4.1 Hidroviário

Como proposta de padronização e simplificação, o método propõe utilizar a variação de capacidade ofertada em relação à capacidade ofertada no Ano Base para cada um dos modos de transporte. A Equação 123 apresenta a formulação matemática desse indicador para o modo hidroviário.

$$\beta_{4j} = \frac{\text{Capacidade}_j}{\sum \text{Capacidade}_{\text{ofertada hidro}}}$$

Equação 123 – Indicador de desenvolvimento da infraestrutura para empreendimentos hidroviários
Fonte: elaboração própria.

Onde:



Capacidade_j – capacidade adicional ofertada ao Sistema de Transporte pelo empreendimento;

Capacidade_{hidro}^{ofertada} – capacidade ofertada no modo hidroviário no cenário base.

5.3.4.2 Ferroviário

A Equação 124 apresenta a formulação matemática desse indicador para o modo ferroviário.

$$\beta_{4j} = \frac{\text{Capacidade}_j}{\sum \text{Capacidade}_{\text{ferro}}^{\text{ofertada}}}$$

Equação 124 – Indicador de desenvolvimento da infraestrutura para empreendimentos ferroviários
Fonte: elaboração própria.

Onde:

Capacidade_j – capacidade adicional oferta ao Sistema de Transporte pelo empreendimento;

Capacidade_{ferro}^{ofertada} – capacidade ofertada no modo ferroviário no cenário base.

5.3.4.3 Rodoviário

A Equação 125 apresenta a formulação matemática desse indicador para o modo rodoviário.

$$\beta_{4j} = \frac{\text{Capacidade}_j}{\sum \text{Capacidade}_{\text{rodo}}^{\text{ofertada}}}$$

Equação 125 – Indicador de desenvolvimento da infraestrutura para empreendimentos rodoviários
Fonte: elaboração própria.


Onde:

Capacidade_j – capacidade adicional oferta ao Sistema de Transporte pelo empreendimento;

Capacidade_{rodo}^{ofertada} – capacidade ofertada no modo rodoviário no cenário base.

5.3.4.4 Dutoviário

A Equação 126 apresenta a formulação matemática desse indicador para o modo dutoviários.



$$\beta_{4j} = \frac{\text{Capacidade}_j}{\sum \text{Capacidade}_{\text{ofertada}_{\text{duto}}}}$$

Equação 126 – Indicador de desenvolvimento da infraestrutura para empreendimentos hidroviários

Fonte: elaboração própria.

Onde:

Capacidade_j – capacidade adicional oferta ao Sistema de Transporte pelo empreendimento;

Capacidade_{duto}^{ofertada} – capacidade ofertada no modo dutoviário no cenário base.

5.3.5 INDICADOR DE SATURAÇÃO

O indicador de saturação mede o máximo de produção que um sistema é capaz de ofertar, em situações ideais (Portogente, 2016). Para um sistema de transportes a métrica de saturação, de forma mais ampla possível, é quanto ele é capaz de transportar, em toneladas úteis (TU), em toneladas por quilometro útil (TKU) ou em veículos equivalentes.

Os estudos de capacidade viária estão comumente ligados a um nível de serviço das infraestruturas. Quanto mais perto da capacidade máxima do elemento analisado opera, pior costuma ser o nível de serviço ofertado pela infraestrutura. Os itens a seguir apresentam os métodos de cálculo da saturação para cada setor estudado.

Cabe mencionar que cada uma das formulações apresentadas possui suas melhorias específicas debatidas individualmente para auxiliar na decisão governamental de investimentos. Entretanto, a análise de saturação envolve o entendimento de fenômenos multimodais.

5.3.5.1 Hidroviário / Ferroviário

O indicador de saturação para o indicador hidroviário/ferroviário procura avaliar de forma não determinística a redução incremental da saturação do sistema pela ampliação de capacidade proporcionada advinda da inclusão de um empreendimento. Ambos os setores possuem modelos de capacidade complexos, nos quais as formulações não dependem apenas de características da via ou da composição do tráfego, mas de acordos entre atores e quantidade de frota de veículos por subsistema de análise. A Equação 127 apresenta a formulação matemática dessa proposta.

$$\beta_{5j} = \frac{\sum \text{veh}_i}{\sum \text{capacidade}_i + \Delta \text{Capacidade}_j} - \frac{\sum \text{veh}_i}{\sum \text{capacidade}_i}$$

Equação 127 – Indicador de saturação hidroviária/ferroviária

Fonte: elaboração própria.

Onde:



β_{5j} - indicador de capacidade hidroviária/ferroviária do empreendimento j ;

veh_i - carregamento do link em veículos equivalentes no cenário base;

$capacidade_i$ - capacidade (em veículos equivalentes) daquele link no cenário base;

$\Delta capacidade_j$ - incremento de capacidade advindo da implantação do empreendimento j .

Importante tomar nota que modelos de capacidade hidroviária e ferroviária mais robustos estão em etapa de desenvolvimento. Quando concluídos e validados, será possível uma análise mais assertiva do nível de serviço desses setores e sua aplicação ainda neste ciclo de planejamento.

5.3.5.2 Portuário

O indicador de capacidade portuária procura medir quanto a saturação de um terminal portuário reduziu devido ao incremento de capacidade nesse terminal advindo da execução de um empreendimento portuário. Para isso, a análise é dividida em duas partes, estudos de capacidade de Instalações Públicas Portuárias de Pequeno Porte (IP4) e os demais tipos de terminais. Pelo fato de serem instalações moduladas e possuírem um propósito de servir a uma população local, os IP4 são priorizados separadamente.

Após a separação do carregamento é calculada a saturação para cada terminal e grupo de carga. Para retirada do indicador, são somados os valores de capacidade e movimentação de todos os terminais presentes naquele município. Após obtenção desses dois valores, divide-se a movimentação pela capacidade para obtenção da saturação de cada terminal, conforme a Equação 128.

$$\beta_{5j} = \frac{\sum \text{Toneladas}_i}{\sum \text{capacidade}_i + \Delta \text{Capacidade}_j} - \frac{\sum \text{Toneladas}_i}{\sum \text{capacidade}_i}$$

Equação 128 – Variação da capacidade portuária
Fonte: elaboração própria.

Onde:

β_{5j} - indicador de capacidade portuária do empreendimento j ;

Toneladas_i - valor de toneladas para cada terminal de um dado município no cenário base;

Capacidade_i - capacidade de movimentação para cada terminal um dado município no cenário base;

$\Delta capacidade_j$ - incremento de capacidade advindo da implantação do empreendimento j .



5.3.5.3 Aeroportuário

O indicador de capacidade aeroportuária procura medir quanto a saturação de um terminal portuário reduziu devido ao incremento de capacidade nesse terminal advindo da execução de um empreendimento desse modo.

É calculada a saturação para cada terminal. Para retirada do indicador, são somados os valores de capacidade e movimentação de todos os terminais presentes naquele município. Após obtenção desses dois valores, divide-se a movimentação pela capacidade para obtenção da saturação de cada terminal, conforme a Equação 129.

$$\beta_{5j} = \frac{\sum \text{Toneladas}_i}{\sum \text{capacidade}_i + \Delta \text{Capacidade}_j} - \frac{\sum \text{Toneladas}_i}{\sum \text{capacidade}_i}$$

Equação 129 – Variação da capacidade aeroportuária
Fonte: elaboração própria.

Onde:

β_{5j} - indicador de capacidade portuária do empreendimento j ;

Toneladas_i - valor de toneladas para cada terminal aeroportuário de um dado município no cenário base;

Capacidade_i - capacidade de movimentação para cada terminal aeroportuário de um dado município no cenário base;

$\Delta \text{capacidade}_j$ - incremento de capacidade aeroportuária advindo da implantação do empreendimento j .

5.3.5.4 Dutoviário

O indicador de capacidade dutoviário procura medir a redução incremental da saturação da rede dutoviária devido o incremento de capacidade advindo da execução de um empreendimento desse modo.

É calculada a saturação para cada duto. Para retirada do indicador, são somados os valores de capacidade e movimentação de toda a rede dutoviária. Após obtenção desses valores, divide-se a movimentação pela capacidade para obtenção do indicador, conforme a Equação 130.

$$\beta_{5j} = \frac{\sum \text{Toneladas}_i}{\sum \text{capacidade}_i + \Delta \text{Capacidade}_j} - \frac{\sum \text{Toneladas}_i}{\sum \text{capacidade}_i}$$

Equação 130 – Variação da capacidade dutoviária
Fonte: elaboração própria.

Onde:

β_{5j} - indicador de capacidade dutoviária do empreendimento j ;



Toneladas_i - valor de toneladas para cada duto no cenário base;

Capacidade_i - capacidade de movimentação para cada duto no cenário base;

Δcapacidade_j – incremento de capacidade dutoviária advindo da implantação do empreendimento *j*.

5.3.5.5 Rodoviário

Para o cálculo do indicador de saturação rodoviária é avaliada a redução incremental da saturação do sistema pela ampliação de capacidade proporcionada advinda da inclusão de um empreendimento como mostrado na Equação 131.

$$\beta_{5j} = \frac{\sum \text{veh}_i}{\sum \text{capacidade}_i + \Delta \text{Capacidade}_j} - \frac{\sum \text{veh}_i}{\sum \text{capacidade}_i}$$

Equação 131 – Indicador de capacidade rodoviária
Fonte: elaboração própria.

Onde:

β_{5j} - indicador de capacidade hidroviária/ferroviária do empreendimento *j*;

veh_i - carregamento do link em veículos equivalentes no cenário base;

capacidade_i - capacidade (em veículos equivalentes) daquele link no cenário base;

Δcapacidade_j – incremento de capacidade advindo da implantação do empreendimento *j*.

5.3.6 INDICADOR DE ACESSIBILIDADE

O indicador de acessibilidade procura medir a facilidade de acesso entre origens e destinos de viagem através de uma métrica de variação do tempo devido aos impactos do empreendimento. A proposta conceitual é avaliar em relação a um cenário sem alterações na rede, como um empreendimento melhora os tempos da rede.

5.3.6.1 Ferroviário / Rodoviário / Hidroviário / Aeroviário / Dutoviário

Avalia-se o tempo para médio para se percorrer 1 km da infraestrutura impactada pelo empreendimento no Cenário Contrafactual. Em seguida, realiza-se a mesma avaliação para o cenário de análise (futuro). O cálculo do indicador, então, é dado pela diferença percentual do valor de análise com o valor de referência, como mostra a Equação 132 a seguir:

$$\beta_{6j} (\%) = \frac{T_{\text{em análise}} - T_{\text{contrafactual}}}{T_{\text{contrafactual}}}$$

Equação 132

Fonte: elaboração própria.

Onde:

β_{6j} – indicador de acessibilidade do empreendimento;

$T_{\text{contrafactual}}$ - valor do tempo necessário para se percorrer 1 km no cenário contrafactual, em s/km;

$T_{\text{em análise}}$ - valor do tempo necessário para se percorrer 1 km no cenário de análise, em s/km.

5.3.6.2 Portuário

Para o setor portuário, é feita a análise de quais terminais inativos serão ativados após a execução dos empreendimentos. A definição de ativo ou inativo na situação atual é feita através da avaliação de quanto foi movimentado na data base e a definição da ativação é o ganho de capacidade futura no terminal. Ao final pondera-se a ativação pelo indicador de integração municipal descrito no item 5.3.2 do município que contém o terminal. A Equação 133 apresenta a formulação matemática do método proposto.

$$\beta_{6jk} = \text{Situação}_k \times \text{Ativação}_k \times \text{Integração}_i$$

Equação 133 - Indicador de acessibilidade portuário

Fonte: elaboração própria.

Onde:

β_{6jk} - indicador de acessibilidade portuária para o empreendimento j, analisando seus efeitos no terminal k;

Situação_k - situação operacional do porto. Se ele está ativo, 0 se inativo 1.;

Ativação_k - análise dos impactos do empreendimento j. Se ele acrescenta capacidade 1, caso contrário 0;

Integração_i - indicador de integração do município i que contém o terminal k.

5.3.7 INDICADOR EFICIÊNCIA OPERACIONAL

O indicador de eficiência operacional mede o quanto a execução de um empreendimento contribui para o uso eficiente de recursos, como tempo e dinheiro, no sistema de transportes de Minas Gerais. Para a análise desse indicador foi avaliada a redução de custos proporcional a carga de cada cenário em relação ao cenário contrafactual, no qual não são realizadas obras.



O indicador então mede quantos valores monetários (R\$) foram poupados em média devido a quanto uma infraestrutura afetada movimenta. Cabe notar que, apesar de trazer uma estimativa razoável da redução de custos, ele ainda resulta em uma média geral do sistema. Como forma de melhorar esse cálculo, seria adequado analisar os pares Origem/Destino que passam pela infraestrutura afetada antes e depois para avaliar a alteração do custo médio dessas rotas.

5.3.7.1 Rodoviário

Para o setor Rodoviário são examinados os custos de transportes de cargas e pessoas no cenário de análise. A redução de custos nesse setor se dá por dois fatores: a melhora da qualidade da pista e ampliação de capacidade. A Equação 134 indica a formulação matemática de obtenção do indicador.

$$\beta_{7j} = \left(\text{Carregamento Acrescido}_{j_{tku}} \times \text{Multiplicador}_1 \right) + \left(\text{Carregamento Acrescido}_{j_{rpk}} \times \text{Multiplicador}_2 \right)$$

Equação 134 – Equação de custo poupado em reais para a infraestrutura
Fonte: elaboração própria.

Onde:

β_{7j} - indicador de eficiência operacional para o empreendimento j;

Carregamento Acrescido $_{j_{tku}}$ - TKU acrescido pelo empreendimento j em relação ao cenário contrafactual;

Carregamento Acrescido $_{j_{rpk}}$ - RPK acrescido pelo empreendimento j em relação ao cenário contrafactual;

Multiplicador $_1$ - fator de custo poupado baseado nos grupos de escala de capacidade;

Multiplicador $_2$ - fator de custo poupado baseado nas escalas de capacidade.

A primeira etapa do cálculo consiste no filtro dos links rodoviários e a classificação de cada um deles em uma escala de capacidade. Assim, as vias foram agrupadas em escalas de capacidade como apresentado na Tabela 27.

Tabela 27 - Escalas de capacidade rodoviária

Escala	Descrição
0	Rodovias planejadas
1	Balsas
2	Pista simples Pistas urbanas Acessos Pistas de baixa capacidade
3	Pista com faixa adicional rural
4	Pistas duplas rural

Fonte: elaboração própria.



Em paralelo, são retiradas as movimentações para o cenário avaliado em TKU e RPK, além do custo associado a cada link. Depois de classificados soma-se as movimentações de cada escala de capacidade, como mostra a Equação 135.

$$CMT_{\text{rodoviário}_{m_e}} = \frac{\sum CT_{m_e}}{\sum \text{Movimentação}_{m_e}}$$

Equação 135 – Custo médio rodoviário por classe de capacidade

Fonte: elaboração própria.

Onde:

$CMT_{\text{rodoviário}_{m_e}}$ - custo médio de transporte rodoviário do tipo de matriz m para o cenário de análise na escala de capacidade e ;

m - tipo de matriz analisada, na qual é utilizado o subíndice “ p ” para passageiros e “ c ” para cargas;

e - escala de capacidade descrita na Tabela 27;

CT_{m_e} - custo de transporte do tipo de matriz m na escala de capacidade e , em R\$;

$\text{Movimentação}_{m_e}$ - movimentação do tipo de matriz m na escala de capacidade e , em TKU para cargas e em RPK (passageiro pagante por quilometro) para pessoas.

Em seguida, as classes são divididas em dois outros grupos para uma primeira conferência de cálculo, conforme Tabela 28 a seguir:

Tabela 28 – Grupo de escala de capacidade rodoviária

Escala	Grupo de Escala de Capacidade
1	A
2	A
3	B
4	B

Fonte: elaboração própria.

Da mesma forma em que foi feito para as escalas de capacidade, o agrupamento para os dois grupos é feito, somando-se as movimentações e os custos para cada um dos componentes. No entanto, nessa etapa são somados apenas as movimentações dos links do tipo de matriz de cargas, como mostra a Equação 136.

$$CMT_{\text{rodoviário}_g} = \frac{\sum CT_g}{\sum \text{Movimentação}_g}$$

Equação 136 – Custo médio rodoviário por grupo de escala de capacidade

Fonte: elaboração própria.

Onde:



$CMT_{rodoviario_g}$ - custo médio de transporte rodoviário de cargas para o cenário de análise no grupo de escala g ;

g - grupo de ajuste descrito na Tabela 28;

CT_g - custo de transporte de cargas no grupo de escala g , em R\$;

$Movimentação_g$ - movimentação de cargas no grupo de escala g , em TKU;

Com os valores de $CMT_{rodoviario_{m_e}}$ e $CMT_{rodoviario_g}$ são calculados dois multiplicadores de ajustes, sendo o Multiplicador₁ utilizando o custo médio dos grupos de escala e o Multiplicador₂ utilizando o custo médio das escalas de capacidade. Esses dois multiplicadores também levam em consideração os serviços do empreendimento, de forma que para cada multiplicador temos um fator de custo poupado que é considerado no cálculo. Os serviços e seus fatores são agrupados conforme a Tabela 29.

Tabela 29 – Grupo de Serviço

Serviços	Grupo de Serviço	Fator de Custo Poupado
Implantação, Construção, Adequação ou Ampliação	X	1,00
Manutenção ou Conservação	Y	0,04

Fonte: elaboração própria.

Com isso, temos as equações que calculam os multiplicadores. Segue a Equação 137 e a Equação 138:

$$\text{Multiplicador}_1 = (CMT_{rodoviario_a} - CMT_{rodoviario_b}) \times \text{Fator}_s$$

Equação 137 – Multiplicador 1 (Grupos de Escala de Capacidade)

Fonte: elaboração própria.

Onde:

Multiplicador₁ - multiplicador de ajuste baseado nos grupos de escala de capacidade;

$CMT_{rodoviario_a}$ - custo médio de transporte rodoviário de cargas para o cenário de análise no grupo de escala a ;

$CMT_{rodoviario_b}$ - custo médio de transporte rodoviário de cargas para o cenário de análise no grupo de escala b ;

Fator_s - fator de custo poupado para os serviços.

$$\text{Multiplicador}_2 = (CMT_{rodoviario_3} - CMT_{rodoviario_4}) \times \text{Fator}_s$$

Equação 138 – Multiplicador 2 (Escala de Capacidade)

Fonte: elaboração própria.

Onde:

Multiplicador₂ - multiplicador de ajuste baseado nas escalas de capacidade;



$CMT_{rodoviario3}$ - custo médio de transporte rodoviário de pessoas para o cenário de análise na escala 3;

$CMT_{rodoviario4}$ - custo médio de transporte rodoviário de pessoas para o cenário de análise na escala 4;

Fator_s - fator de custo poupado para os serviços.

Após o cálculo dos multiplicadores necessários, a análise passa a ser feita para cada empreendimento. Cada empreendimento é associado a um ou mais links de forma em que é possível obter o carregamento de cada empreendimento em cada cenário. Para a análise de custos, é necessário identificar o TKU e RPK acrescido no cenário em comparação ao cenário contrafactual, nos links afetados pelo empreendimento. Além disso, cada empreendimento tem atrelado a ele os seus serviços componentes, de forma que podemos relacionar os multiplicadores a cada empreendimento. A Equação 139 abaixo detalha o cálculo do TKU ou RPK acrescido de cada empreendimento:

$$\text{Carregamento Acrescido}_{im} = \sum \text{Movimentação}_{me} - \sum \text{Movimentação}_{mc}$$

Equação 139 – Carregamento acrescido pelo empreendimento

Fonte: elaboração própria.

Onde:

$\text{Carregamento Acrescido}_{im}$ - carregamento acrescido pelo empreendimento i na matriz m, sendo TKU para cargas e RPK para pessoas;

Movimentação_{mc} - movimentação na matriz m, sendo TKU para cargas e RPK para pessoas no cenário contrafactual;

Movimentação_{me} - movimentação na matriz m, sendo TKU para cargas e RPK para pessoas no cenário analisado.

Após a retirada desse valor, relacionamos o serviço do empreendimento com os multiplicadores associados a cada serviço calculados anteriormente. Dessa forma, obtemos o valor final do indicador de eficiência operacional para o rodoviário através da seguinte Equação 134.

5.3.7.2 Ferroviário / Hidroviário

Para os setores Ferroviário e Hidroviário, a metodologia de obtenção do indicador de eficiência operacional é igual. Para ambos é comparado o quanto de custo é poupado na migração de cargas do modo rodoviário para qualquer um dos outros dois.

Por último, para obtenção do indicador de eficiência operacional, multiplicamos o carregamento acrescido pelo empreendimento pelo fator multiplicador, conforme a Equação 140:



$$\beta_{7j} = (\text{Carregamento Acrescido}_i \times \text{Multiplicador}_m)$$

Equação 140 – Equação de custo poupado em reais para a infraestrutura

Fonte: elaboração própria.

Onde:

β_{7j} - indicador de eficiência operacional para o empreendimento j;

Carregamento Acrescido_i - TKU acrescido pelo empreendimento j em relação ao cenário contrafactual;

Multiplicador_m - fator de custo poupado pelo modo m em relação ao modo rodoviário.

Esse fator é obtido comparando o custo médio de cargas do cenário analisado do modo hidroviário ou ferroviário com o modo rodoviário, conforme a Equação 141 a seguir:

$$\text{Multiplicador}_m = \left(\left(\frac{\sum \text{Custo}_{\text{Rodoviário}}}{\sum \text{TKU}_{\text{rodoviário}}} \right) - \left(\frac{\sum \text{Custo}_m}{\sum \text{TKU}_m} \right) \right) \div 1000$$

Equação 141 – Fator de custo poupado pelos modos ferroviário e hidroviário em relação

Fonte: elaboração própria.

Onde:

Multiplicador_m - multiplicador de custo poupado pelo modo m em relação ao modo rodoviário;

Custo_{Rodoviário} - custo total associado aos links rodoviários;

TKU_{rodoviário} - carregamento em TKU dos links rodoviários;

Custo_m - custo total associado aos links do modo m (seja ele ferroviário ou hidroviário);

TKU_m - carregamento em TKU dos links do modo m (seja ele ferroviário ou hidroviário).

Após a obtenção desse multiplicador, são calculados os carregamentos em TKU acrescidos pelo empreendimento com relação ao cenário contrafactual, conforme a Equação 142.

$$\text{Carregamento Acrescido}_i = \sum \text{Movimentação}_e - \sum \text{Movimentação}_c$$

Equação 142 – Carregamento acrescido pelo empreendimento

Fonte: elaboração própria.

Onde:

Carregamento Acrescido_i - carregamento acrescido pelo empreendimento i em TKU;

Movimentação_c - movimentação em TKU no cenário contrafactual;

Movimentação_e - movimentação em TKU no cenário analisado.

5.3.7.3 Portuário

Para o setor portuário, a metodologia é levemente diferente devido às características únicas do setor. A Equação 143 detalha esse cálculo:

$$\beta_{7j} = \left(\text{Carregamento Acrescido}_i * \left\{ \begin{array}{l} \text{Se Custo Poupado} < 0, \text{ então Média}_m \\ \text{Se Custo Poupado} \geq 0, \text{ então Custo Poupado}_{p_m} \end{array} \right\} \right)$$

Equação 143 – Equação de custo poupado em reais para a infraestrutura
Fonte: elaboração própria.

Onde:

β_{7j} - indicador de eficiência operacional para o empreendimento j;

Carregamento Acrescido_i - tonelada acrescida pelo empreendimento i em relação ao cenário contrafactual;

Custo Poupado_{p_m} - fator de custo poupado pelo par Porto/Grupo de Carga atrelado ao empreendimento;

Média_m - média de custo poupado para cada Grupo de Carga no setor portuário.

A primeira etapa para obtenção do indicador de eficiência operacional é a comparação entre os custos por toneladas médios entre o cenário analisado e o contrafactual. Essa comparação é feita agrupando para cada par Porto/Grupo de Carga os valores de custos e de toneladas movimentadas, conforme a Equação 144:

$$\text{Diferença Custo Médio}_{p_m} = \left(\left(\frac{\sum \text{Custo}_{m_e}}{\sum \text{Toneladas}_{m_e}} \right) - \left(\frac{\sum \text{Custo}_{m_c}}{\sum \text{Toneladas}_{m_c}} \right) \right)$$

Equação 144 – Diferença de custo médio do cenário analisado em relação ao contrafactual
Fonte: elaboração própria.

Onde:

Diferença Custo Médio_{p_m} - diferença do custo por tonelada médio para cada porto p e grupo de carga m;

Custo_{m_e} - custo total associado aos links portuários no grupo de carga m no cenário analisado e;

Toneladas_{m_e} - carregamento total associado aos links portuários em toneladas no grupo de carga m no cenário analisado e;

Custo_{m_c} - custo total associado aos links portuários no grupo de carga m no cenário contrafactual;

Toneladas_{m_c} - carregamento total associado aos links portuários em toneladas no grupo de carga m no cenário contrafactual.

Em seguida são calculadas as médias de diferença de custo para cada grupo de carga. Isso é necessário para que em situações em que não é possível comparar o par Porto/Grupo de Carga (por se tratar de uma implantação) ou onde há um custo maior no cenário analisado em relação ao contrafactual, possa ser aplicada a média como um valor referencial. Onde o custo for maior no contrafactual, é utilizada a diferença



calculada através da Equação 144 para obtermos um valor de custo poupado para cada par Porto/Grupo de Carga.

Obtendo-se o valor de custo poupado, a etapa seguinte necessária é calcular o valor de tonelada acrescida por cada empreendimento no cenário de análise em relação ao contrafactual. A Equação 145 a seguir detalha o cálculo para obtenção desse valor:

$$\text{Carregamento Acrescido}_i = \sum \text{Movimentação}_e - \sum \text{Movimentação}_c$$

Equação 145 – Carregamento acrescido pelo empreendimento

Fonte: elaboração própria.

Onde:

Carregamento Acrescido_i - carregamento acrescido pelo empreendimento i em toneladas;

Movimentação_c - movimentação em Toneladas no cenário contrafactual;

Movimentação_e - movimentação em Toneladas no cenário analisado.

Esse valor de tonelada acrescida é multiplicado pelo fator de custo poupado do par Porto/Grupo de Carga atrelado a cada empreendimento, obtendo-se o indicador de eficiência operacional do empreendimento no cenário de análise.

5.3.8 INDICADOR SEGURANÇA

O indicador de segurança procura refletir a redução de acidentes viários do sistema de transportes mineiro. Dessa forma, ele não avalia a seguridade (*safety*), a segurança contra danos ao patrimônio (*security*). Como as mortes em rodovias estão entre as maiores causas de fatalidade no país, a análise procura em entender se esse tipo de causalidade é reduzido depois dos efeitos dos diversos empreendimentos no sistema.

Assim como em outros indicadores, são feitos cálculos separados para setores diferentes. Em linhas gerais, para o setor rodoviário, utiliza-se o mesmo modelo probabilístico descrito no PNL (BRASIL, 2021b), que leva em conta o tipo da via e o seu uso do solo. Para o setor ferroviário e hidroviário, a interpretação que é feita é da redução de veículos de carga das rodovias, quanto mais veículos de carga reduzidos, mais o empreendimento pontua. A descrição mais detalhada de cada setor é apresentada nos itens a seguir.

5.3.8.1 Ferroviário / Hidroviário

A lógica desse indicador é avaliar o potencial que o empreendimento gera em remover veículos do modo rodoviário que é o modo com maior índice de acidentes, quando comparado com os modos ferroviários e hidroviários. Para os setores ferroviários e hidroviários, o cálculo do indicador de segurança é dado pela variação de veículos equivalentes que utilizam a infraestrutura afetada no cenário em análise (horizonte futuro) em comparação com o cenário contrafactual. Para empreendimentos *brownfield*, valores positivos do



indicador significam uma melhora potencial de segurança do Sistema de Transporte, enquanto valores negativos do indicador presumem uma piora potencial de segurança do Sistema de Transporte. Já para empreendimentos novos (*greenfield*), se houver demanda alocada no(s) cenário(s) em análise, pressupõe-se uma melhora potencial do nível de segurança do Sistema de Transporte. A Equação 146 apresenta a formulação matemática descrita.

$$\beta_{8j} = M_{\text{cenário análise}} - M_{\text{cenário contrafactual}}$$

Equação 146 – Indicador de segurança ferroviário e hidroviário

Fonte: elaboração própria.

Onde:

β_{8j} - indicador de segurança ferroviário e hidroviário para o empreendimento j, em veh;

$M_{\text{cenário análise}}$ - movimentação de cargas no cenário de análise que passa pelo empreendimento j, em veh;

$M_{\text{cenário contrafactual}}$ - movimentação de cargas no cenário contrafactual que passa pelo empreendimento j, em veh.

5.3.8.2 Portuário

O indicador de segurança para o setor portuário é uma variável de verdadeiro e falso, e é dada pela implantação de VTMS pelo empreendimento. A Equação 147 apresenta a consideração para o indicador de segurança portuário.

$$\beta_{8j} = \begin{cases} \text{se o empreendimento tem VTMS, então } 1 \\ \text{se o empreendimento não tem VTMS, então } 0 \end{cases}$$

Equação 147 – Indicador de segurança portuário

Fonte: elaboração própria.

Onde:

β_{8j} - indicador de segurança portuário para o empreendimento j, adimensional.

5.3.8.3 Rodoviário

Para o setor rodoviário é utilizado o mesmo modelo probabilístico utilizado no PNL 2035 (EPL. 2021). Em resumo, esse modelo avalia se o tráfego da rodovia é predominantemente de pessoas ou de cargas e de acordo com as características da via (seu uso do solo, tipo de superfície e composição do tráfego) avalia qual a probabilidade de acontecer um acidente fatal.

O indicador de segurança é dado pela subtração do índice no cenário contrafactual pelo índice no cenário de análise, como mostra a Equação 148.



$$\beta_{8j} = I_{\text{contrafactual}j} - I_{\text{cenário análise}j}$$

Equação 148 – Indicador de segurança rodoviário

Fonte: elaboração própria.

Onde:

β_{8j} - indicador de segurança rodoviário para o empreendimento j, adimensional;

$I_{\text{contrafactual}j}$ - índice de segurança do empreendimento j para o cenário contrafactual;

$I_{\text{cenário análise}j}$ - índice de segurança do empreendimento j para o cenário de análise.

A Equação 149 apresenta a formulação do modelo proposto.

$$I_k = \frac{\text{veh}_k}{\text{extensão}_k} \times X_{\text{características da via}_k}$$

Equação 149 – Índice de acidentes

Fonte: elaboração própria.

Onde:

I - índice de acidentes do segmento k;

veh_k - quantidade de veículos, de passeio ou de cargas, que utilizam o segmento k, em veículos equivalentes;

extensão_k - extensão do segmento k, em km;

$X_{\text{características da via}_k}$ - índice de acidentes que depende das características da via, apresentado na Tabela 30.

Tabela 30 - Índice de acidentes

Tipo de pista	Uso do Solo	Índice de pesados	Índice de leves
Múltipla	Rural	0,0000069975	0,0000013479
Múltipla	Urbano	0,0000135247	0,0000104905
Simples	Rural	0,0000066243	0,0000023792
Simples	Urbano	0,0000230773	0,0000054801

Fonte: elaboração própria.

Enquanto no indicador avaliativo essa comparação era feita de maneira agregada para todo o sistema, para o indicador de impacto do empreendimento essa análise é feita apenas para o segmento mais carregado afetado pelo empreendimento de interesse. Após avaliado seu índice para o cenário de análise, avalia-se também o índice para o mesmo segmento no cenário contrafactual.



5.3.9 INDICADOR SUSTENTABILIDADE

O indicador de sustentabilidade procura medir os impactos ambientais dos empreendimentos. Em aderência ao PNL, o indicador mede a quantidade de CO₂ equivalente poupado pela implementação de cada empreendimento. Importante ressaltar que, em geral, empreendimentos rodoviários resultam em um aumento da demanda reprimida por esse modo de transporte. Como esse modo é o mais poluente, ações que incentivem ao seu uso não devem ganhar pontuação de impactos ao gás estufa.

5.3.9.1 Rodoviário

A proposta para o indicador de sustentabilidade para o setor rodoviário envolve classificar os empreendimentos de menor emissão para os de maior emissão. Dessa forma, o cálculo do indicador utiliza a movimentação em TKU por grupo de carga e avalia da emissão no empreendimento o cenário de análise. Por fim, classifica eles do menor emissor para o maior emissor (Equação 150).

$$\beta_{9j} = \text{Emissão}_{\text{rodo}} \text{ média por TKU} \times \text{TKU}_j$$

Equação 150 – Indicador de sustentabilidade rodoviário

Fonte: elaboração própria.

Onde:

β_{9j} - indicador de sustentabilidade rodoviário para o empreendimento j , em toneladas de CO₂;

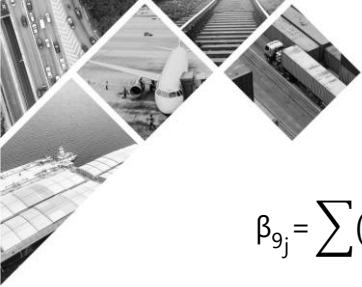
Emissão média por TKU – índice de emissão rodoviário;

TKU _{j} – TKU do empreendimento rodoviário j .

5.3.9.2 Ferroviário / Hidroviário

Para os demais setores, é avaliado o aumento de movimentação em relação ao cenário contrafactual. Como os modos ferroviário e hidroviário são menos poluentes que os rodoviários a troca de modo é considerado algo positivo para o meio ambiente. O setor portuário, não envolve transportes ao longo de vias, porém a diminuição dos custos e aumentos de capacidades facilitam o transbordo entre as rodovias e a cabotagem. Dessa forma, para o impacto ambiental portuário é avaliado a mudança de movimentação para o modo de cabotagem.

Para os setores ferroviário, hidroviário e portuário, o cálculo do indicador de sustentabilidade é dado pela variação da movimentação de cada grupo de variação média de emissão no cenário. A Equação 151 apresenta a formulação matemática para o setor ferroviário e hidroviário.



$$\beta_{9j} = \sum_k (M_{\text{cenário análise}} \times F_{\text{médio cenário análise}} - M_{\text{cenário contrafactual}} \times F_{\text{médio cenário contrafactual}})_k$$

Equação 151 – Indicador de sustentabilidade ferroviário e hidroviário

Fonte: elaboração própria.

Onde:

β_{9j} - indicador de sustentabilidade ferroviário e hidroviário para o empreendimento j, em toneladas de CO₂ poupado;

$M_{\text{cenário análise}}$ - movimentação de cargas no cenário de análise que passa pelo empreendimento j, em toneladas;

$F_{\text{médio cenário análise}}$ - fator médio de redução de emissão do setor rodoviário para o setor de análise no cenário de análise;

$F_{\text{médio cenário contrafactual}}$ - fator médio de redução de emissão do setor rodoviário para o setor de análise no cenário de contrafactual;

$M_{\text{cenário contrafactual}}$ - movimentação de cargas no cenário contrafactual que passa pelo empreendimento j, em toneladas.

Tabela 31 – Proposta de Indicadores de Impacto do PELT-MG

Indicador	Objetivo	Abrangência	Setor
De Acessibilidade	Medir a facilidade de acesso entre origens e destinos de viagem através de uma métrica de variação do tempo devido aos impactos do empreendimento	Empreendimento	Ferrovário
		Empreendimento	Hidroviário
		Empreendimento	Rodoviário
	Medir a facilidade de acesso entre origens e destinos de viagem através de uma métrica de cobertura	Empreendimento	Portuário
	Medir o impacto na acessibilidade	Iniciativa	Intermodal
De Desenvolvimento da Infraestrutura	Metrificar a variação no nível de oferta de algum elemento da infraestrutura em um determinado espaço de tempo	Empreendimento	Ferrovário
		Empreendimento	Hidroviário
		Empreendimento	Rodoviário
		Empreendimento	Rodoviário
	Medir o impacto no Desenvolvimento da Infraestrutura	Iniciativa	Intermodal
Nível de Serviço / Saturação	Avaliar de forma não determinística a redução incremental da saturação do sistema pela ampliação de capacidade proporcionada advinda da inclusão de um empreendimento	Empreendimento	Ferrovário
		Empreendimento	Hidroviário
		Empreendimento	Portuário
		Empreendimento	Rodoviário
		Empreendimento	Aeroportuário
		Empreendimento	Dutoviário
Desenvolvimento Socioeconômico	Medir o impacto na Saturação	Iniciativa	Intermodal
		Empreendimento	Intermodal
Desenvolvimento Socioeconômico	Medir qual o impacto marginal de um empreendimento no atendimento das necessidades sociais e econômicas do Estado de Minas Gerais	Empreendimento	Intermodal
		Empreendimento	Intermodal



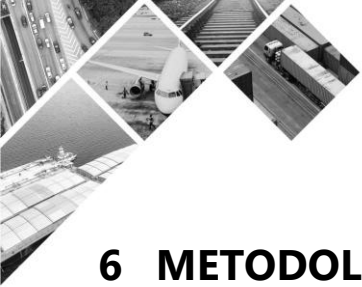
	Medir o impacto no Desenvolvimento Socioeconômico	Iniciativa	Intermodal
Integração	Mede quanto um empreendimento contribui para a integração estadual dos municípios	Empreendimento	Intermodal
	Medir o impacto na Integração	Iniciativa	Intermodal
Desenvolvimento Tecnológico	Medir uma variação no estado da tecnologia do sistema de transportes	Empreendimento	Ferrovário
		Empreendimento	Hidroviário
		Empreendimento	Portuário
		Empreendimento	Rodoviário
	Medir o impacto no Desenvolvimento Tecnológico	Iniciativa	Intermodal
Eficiência Operacional	Medir o quanto a execução de um empreendimento contribui para o uso eficiente de recursos, como tempo e dinheiro, no sistema de transportes de Minas Gerais	Empreendimento	Ferrovário
		Empreendimento	Hidroviário
		Empreendimento	Portuário
		Empreendimento	Rodoviário



	Medir o impacto na Eficiência Operacional	Iniciativa	Intermodal
Segurança	Medir a redução de acidentes viários do sistema de transportes de Minas Gerais	Empreendimento	Ferrovário
		Empreendimento	Hidroviário
		Empreendimento	Portuário
		Empreendimento	Rodoviário
	Medir o impacto na Segurança	Iniciativa	Intermodal
Sustentabilidade	Medir a quantidade de CO ₂ equivalente poupado pela implementação de cada empreendimento	Empreendimento	Intermodal
	Medir o impacto na Sustentabilidade	Iniciativa	Intermodal

Fonte: elaboração própria.

No APÊNDICE III é apresentada uma planilha resumo com todos os indicadores a serem utilizados no PELT (avaliativos e de impactos).



6 METODOLOGIA E CRITÉRIOS PARA GERAÇÃO DE CENÁRIOS FUTUROS DE PLANEJAMENTO

6.1 VISÃO GERAL

De acordo com a metodologia apresentada neste Relatório, a elaboração do PELT-MG prevê a simulação de cenários futuros e a consequente avaliação dos resultados em diferentes etapas, aqui chamados de ciclos de simulação de cenários. O primeiro ciclo é o diagnóstico e o segundo refere-se à parte do prognóstico, que trata de cenários elaborados no âmbito PELT-MG detalhados mais adiante no presente Relatório.

O cenário de diagnóstico reflete a situação atual do sistema de transportes, adotando o Ano Base de 2023 como referência para elaboração do PELT-MG.

A simulação de cenários futuros é uma etapa essencial no planejamento de sistemas de transporte, pois permite a consolidação do plano através das atividades:

- Prognóstico avaliativo dos setores de transporte (aderência potencial do setor aos objetivos do plano – utilizando os indicadores adotados);
- Seleção das ações que compõem cada um dos cenários futuros;
- Simulação dos cenários - Estimativa dos efeitos das ações simuladas;
- Classificação das ações de acordo com o grau dos efeitos causados;
- Identificação de necessidades estaduais baseado na comparação do diagnóstico com os *benchmarks* estabelecidos;
- Definição de metas para os indicadores considerando o atual ciclo de planejamento estadual;
- Obtenção de dados para análises socioambientais e de pré-viabilidade de novos empreendimentos e organização do Plano de Ação.

6.2 CENÁRIOS ANALISADOS

Os cenários futuros de simulação são compostos pelas ações levantados para o Estado de Minas Gerais, além de levar em consideração seu estágio de desenvolvimento e variações de demanda previstas. Foram estabelecidos oito cenários de simulação para construção do PELT-MG e um cenário adicional motivado pelas contribuições advindas da Consulta Pública a que o Plano foi submetido, conforme descrições que seguem:

- Cenário Contrafactual: Trata-se de um cenário futuro de inação, para que seus indicadores sejam utilizados como base de comparação aos demais cenários futuros simulados. Considera a mesma



rede de oferta de transportes do Ano Base de 2023 com a degradação de alguns atributos dos componentes de infraestrutura, com demandas para o Ano Horizonte do Plano.

- Cenário 1 – Empreendimentos em andamento: Leva em conta a manutenção e finalização dos empreendimentos de infraestrutura em execução no Estado de Minas Gerais, limitando as análises econômicas e as perspectivas a parâmetros de referência;
- Cenário 2 – Empreendimentos previstos: Leva em conta a manutenção e finalização dos empreendimentos de infraestrutura em execução e a implementação das demais ações da carteira de empreendimentos previstas nos instrumentos oficiais do Estado de Minas Gerais e do Governo Federal. Análises econômicas permanecem limitadas aos parâmetros de referência.
- Cenário 3 – Empreendimentos em projeto: Leva em conta a manutenção e finalização dos empreendimentos de infraestrutura em execução e a implementação das demais ações da carteira de empreendimentos previstas nos instrumentos oficiais do Estado de Minas Gerais e do Governo Federal e considera também outros empreendimentos conforme critério ainda a ser definido pelo Governo de Minas Gerais. Análises econômicas permanecem limitadas aos parâmetros de referência.
- Cenário 4 – Empreendimentos previstos: Leva em conta a manutenção e finalização dos empreendimentos de infraestrutura em execução, a implementação das demais ações da carteira de empreendimentos previstas nos instrumentos oficiais do Estado de Minas Gerais e do Governo Federal, considera também outros empreendimentos conforme critério ainda a ser definido pelo Governo de Minas Gerais e, por fim considera as parcerias e investimentos consolidados pelos outros Governos Estaduais. Análises econômicas permanecem limitadas aos parâmetros de referência.
- Cenário 5 – Empreendimentos previstos e inovações tecnológicas: Leva em conta a manutenção e finalização dos empreendimentos de infraestrutura em execução, a implementação das demais ações da carteira de empreendimentos previstas nos instrumentos oficiais do Estado de Minas Gerais e do Governo Federal, considera também outros empreendimentos conforme critério ainda a ser definido pelo Governo de Minas Gerais e, por fim considera as parcerias e investimentos consolidados pelos outros Governos Estaduais. Inovações tecnológicas são atreladas às perspectivas. Análises econômicas permanecem limitadas aos parâmetros de referência.
- Cenário Consulta Pública – Empreendimentos propostos pela sociedade e mercados – Referencial: Leva em conta a manutenção e finalização dos empreendimentos de infraestrutura em execução e a implementação das demais ações da carteira de empreendimentos levantada para o Estado de Minas Gerais e as contribuições advindas da Consulta Pública (CP) do PELT-MG. Análises econômicas permanecem limitadas aos parâmetros de referência.
- Cenário Otimizado: Leva em conta a manutenção e finalização dos empreendimentos de infraestrutura classificados com Alta Relevância (detalhado no item 7) no PELT-MG e a implementação dos empreendimentos adicionais propostos para solucionar as necessidades identificadas. Análises econômicas permanecem limitadas aos parâmetros de referência.



A composição de cenários utilizada no PELT-MG é baseada em critérios objetivos, além de manter a coerência com a metodologia adotada para elaboração dos Planos Setoriais, em desenvolvimento no âmbito do PIT do Governo Federal, uma vez que, além das ações para Minas Gerais, são consideradas todas as ações consideradas nos respectivos cenários de oferta dos Planos Setoriais de forma a considerar uma rede de transportes multimodal integrada. Essa harmonia é essencial, visto que a simulação se dá de forma integrada com toda a rede de transportes do PIT do Governo Federal, sendo objeto de análise, classificação e priorização do PELT apenas aqueles empreendimentos e iniciativas de interesse para o Estado de Minas Gerais.

6.3 PROJEÇÃO DE DEMANDA

Além das atualizações de oferta nos cenários, também foram incorporadas atualizações da demanda (para o Ano Base – 2023), com dados reais de produção e transporte brasileiros, e atualização das projeções futuras para as matrizes de 2055, perante novos dados de projeções fornecidos pelo Ministério da Economia em 2021 para os produtos: madeira, celulose, carvão vegetal, etanol, açúcar e para a produção agropecuária, incluindo soja e milho. As projeções foram tratadas e compatibilizadas com os grupos de produtos considerados nas matrizes do PNL, conforme a Tabela 32 que segue.

Para o PELT-MG serão apresentadas, nas etapas posteriores de desenvolvimento do Plano (Relatório 3), os grupos de produtos mais relevantes para o Estado de Minas Gerais sob a ótica de valor (R\$) e de peso (tonelada).



Tabela 32 - Grupos de carga e macroprodutos pertencentes às matrizes O/D utilizadas no Planejamento Integrado de Transportes.

Grupos de Carga	Macro produtos
Graneis Sólidos Minerais (GSM)	- Minério de ferro
Outros Graneis Sólidos Minerais (OGSM)	- Fertilizantes - Outros minerais - Subprodutos do minério de ferro
Graneis Líquidos (GL)	- Biodiesel - Etanol - Gás Natural - Óleo diesel - Petroquímicos
Graneis Sólidos Agrícolas (GSA)	- Açúcares - Farelos - Milho em grão - Soja em grão
Cargas Gerais Containerizáveis ¹⁴ (CGC)	- Alimentos processados - Bebidas - Cervejas de malte - Bebidas exceto cervejas de malte - Borracha e suas obras - Carnes - Cosméticos - Fármacos - Instrumentos e equipamentos profissionais - Laticínios - Máquinas e equipamentos elétricos - Máquinas e equipamentos mecânicos - Mobiliário - Outros cereais e Produtos agrícolas - Outras cargas gerais containerizáveis - Papel - Plásticos e suas obras - Produtos da indústria gráfica - Produtos químicos industriais - Produtos químicos orgânicos
Cargas Gerais Não Containerizáveis ¹⁵ (CGNC)	- Animais vivos - Ferro - Máquinas pesadas - Obras de ferro fundido, ferro ou aço - Outras cargas gerais não containerizáveis - Veículos

Fonte: BRASIL (2021).

¹⁴ Cargas Gerais Containerizáveis: Cargas Gerais passíveis de serem containerizadas, por possuírem dimensão e peso compatíveis com a capacidade de um contêiner.

¹⁵ Cargas Gerais Não Containerizáveis: Cargas Gerais que não são passíveis de serem containerizadas, por não possuírem dimensão ou peso compatível com a capacidade de um contêiner.



A atualização da demanda projetada futura com os dados fornecidos pelo então Ministério da Economia reforça a aderência do Planejamento Integrado de Transportes e da metodologia atual com a Estratégia Federal de Desenvolvimento para o Brasil no período de 2020 a 2031 (Decreto nº 10.531/2020) e com o Plano Integrado de Longo Prazo da Infraestrutura: 2021 – 2050 (CIP-INFRA, 2021), pois todos esses instrumentos de planejamento são alimentados pelas mesmas bases de dados, e possuem relações de complementariedade entre si.

A utilização dessa mesma base no PELT-MG garante a coerência metodológica, bem como a aderência entre a visão do Governo Federal com a visão do Estado de Minas Gerais.

6.4 SIMULAÇÃO DOS CENÁRIOS E ANÁLISE DE RESULTADOS

Após o ciclo de geração dos cenários futuros do PELT-MG, serão aplicadas as metodologias de avaliação e analisados os efeitos de cada ação simulada em observância às 05 (cinco) dimensões (HM Treasury, 2018), permitindo sua classificação em grupos de, relevância e as análises de pré-viabilidade de novos empreendimentos.

Ato contínuo, serão realizadas as atividades de análise das necessidades identificadas no diagnóstico realizado no âmbito do PELT. Com isso, podem surgir as propostas de novas ações com o intuito de suprir as necessidades que a carteira inicial de ações em análise, eventualmente, não apresentou solução compatível.

Em posse das ações organizadas por nível de impacto/relevância e do resultado das análises de pré-viabilidade, o terceiro ciclo de simulações possui o objetivo de propor as novas ações para suprir as necessidades identificadas e propostas após o ciclo de participação social e consolidar o Plano com as ações prioritárias do Plano de Ação recomendado.

A Figura 12 consolida as informações aqui explanadas em um fluxo exemplificativo do encadeamento dos cenários de simulação do PELT-MG.

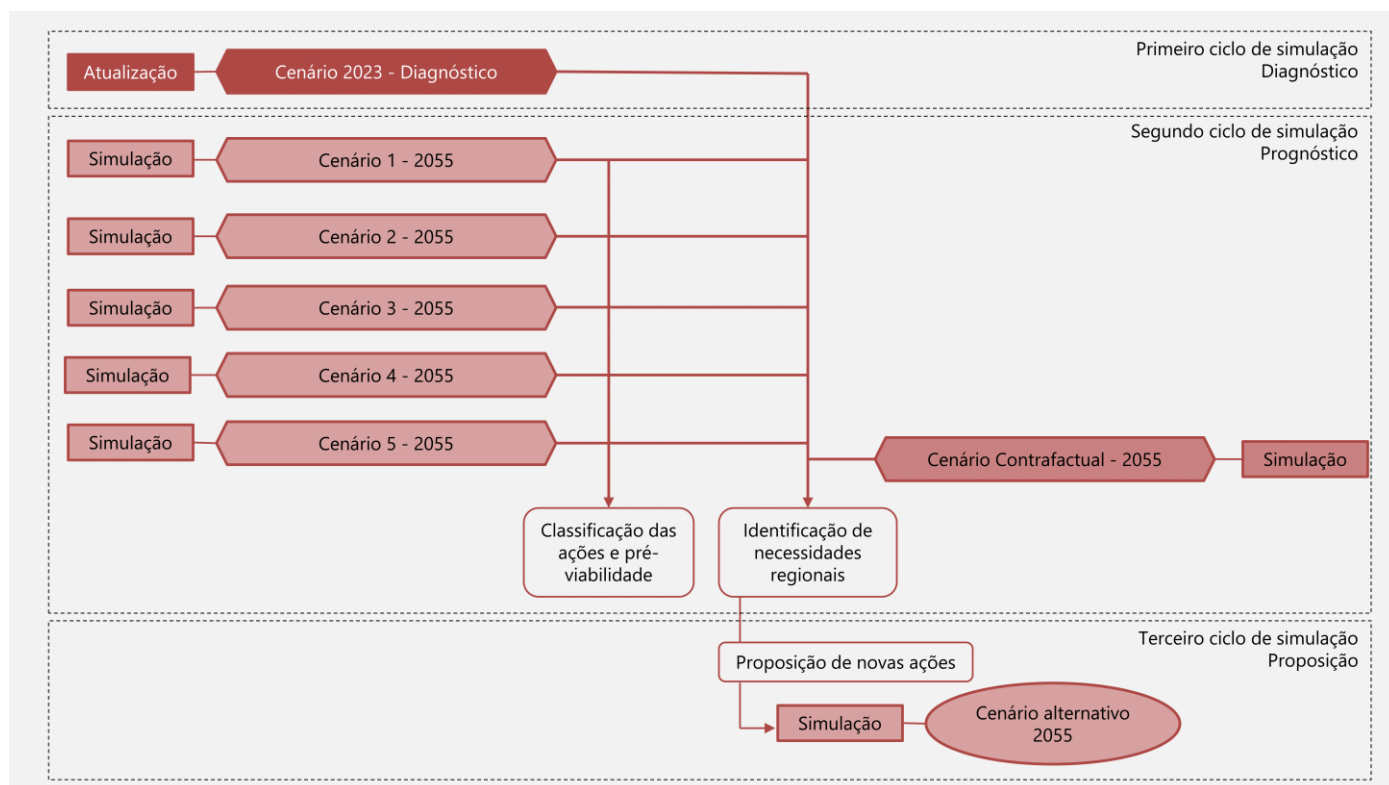


Figura 12 – Ciclos de simulação do PELT-MG.
Fonte: elaboração própria.



7 ANÁLISE E CLASSIFICAÇÃO DAS AÇÕES

A metodologia de análise e classificação de relevância das ações deste Plano possui o objetivo de quantificar, de forma objetiva, efeitos sociais, econômicos e ambientais potenciais das ações, de modo a orientar a organização e priorização da carteira de ações. Considerando que toda a ação tem um custo e que os recursos públicos ou privados devem ser aplicados na ótica de eficiência para alcance dos objetivos comuns ao território, essa etapa de desenvolvimento do plano caracteriza-se como essencial para agregar efetividade e uma visão concreta do plano de ações resultante.

A temática é relevante e atual, visto que o Tribunal de Contas da União – TCU, em auditoria operacional realizada durante a elaboração do PNL 2035, apontou dentre as recomendações do ACÓRDÃO Nº 1472/2022 – TCU – Plenário que o então Ministério da Infraestrutura (MInfra) e a então Empresa de Planejamento e Logística S.A. (EPL):

“9.1.1.3. inclua, nos planos setoriais em elaboração, a análise custo-benefício (ACB) preliminar para projetos estratégicos ou materialmente relevantes ou defina expressamente outras metodologias adequadas à seleção eficiente de projetos; (...)”


Apesar da recomendação do TCU, a atividade já estava prevista e em andamento nos trabalhos correntes do Planejamento Integrado de Transportes, de acordo com o previsto no “Guia de Orientações para o Planejamento Tático Federal de Transportes”, dado pela Portaria nº 792, de 1º de julho de 2021 (MINFRA, 2021). Desta forma, a recomendação também será absorvida pelo PELT-MG, visto que integra o mesmo ciclo de planejamento e vem sendo elaborado dentro do mesmo processo metodológico que os produtos do PIT.

A INFRA S.A. vem desenvolvendo estudos com o objetivo de utilizar as melhores práticas de análises de efeitos potenciais de empreendimentos de acordo com o nível de planejamento de transportes exercido por cada instrumento de planejamento. Nesse bojo, estudou-se o processo de avaliação, classificação e seleção de carteiras de investimentos de diferentes países, o que culminou com o desenvolvimento do “Manual de análise de impacto socioeconômico e custo-benefício para apoio ao planejamento de sistemas e infraestruturas de transporte” (BRASIL, 2022).

O documento traz orientações relevantes e aderentes ao planejamento de transportes nos níveis estratégico, tático e operacional, concluindo que há métodos mais adequados para cada nível, conforme a maturidade das informações de entrada, a finalidade do plano e aderência com os métodos disponíveis.

Muito se estudou, por exemplo, sobre a aplicabilidade de uma Análise Custo-Benefício (ACB), preliminar ou completa, como método para a classificação de ações no âmbito do planejamento de transportes em nível tático e verificou-se que o método não é adequado a esse nível de análise e nem às respostas esperadas de um Plano Estadual de Logística e Transporte, devido, principalmente, a três fatores:

- 1) Nesse nível de planejamento, é necessária a comparação de ações com diferentes finalidades, como por exemplo, obras ou empreendimentos em locais e infraestruturas diferentes, para buscar a priorização



das ações, enquanto a ACB é uma ferramenta recomendada para a seleção de alternativas para atendimento de um mesmo problema:

“A ACB é uma ferramenta analítica a ser utilizada para avaliar uma decisão de investimento, a fim de avaliar a mudança de bem-estar que lhe é atribuível e, ao fazê-lo, a contribuição para os objetivos da política de coesão da União Europeia. O objetivo da ACB é facilitar uma alocação mais eficiente de recursos, demonstrando a conveniência para a sociedade de uma determinada intervenção ao invés de alternativas possíveis.” (grifo nosso) Tradução livre (Comissão Europeia, 2015).

- 2) Um plano de um sistema ou subsistema de transportes comumente leva em conta intervenções de qualquer “porte”, desde obras específicas para resolução de gargalos ou iniciativas de baixo custo, mas com grande potencial de impacto, como também “projetos de grande porte”, enquanto a ACB é um método desenvolvido e recomendado para grandes projetos:

“O objetivo do guia (Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects - Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020) é propiciar um requisito específico para a Comissão Europeia oferecer orientações práticas sobre avaliações de grandes projetos, conforme incorporado na legislação da política de coesão para 2014-2020.” Tradução livre (Comissão Europeia, 2015).

- 3) O planejamento de transportes em nível estadual abrange um grande número de objetivos tipicamente de sistemas de transporte, que são de difícil monetização (atribuir valor em unidade monetária), que pode abranger: acessibilidade, eficiência operacional, confiabilidade, segurança, eficiência da matriz modal, regularidade, continuidade, atualidade, generalidade, modicidade de preços, equidade, vitalidade econômica, sustentabilidade, mobilidade (urbana/interurbana), redução de congestionamentos, preservação, movimento, centralidade, integridade, eficácia, efeito sonoro, impacto construtivo no habitat, efeito econômico (geral, regional ou local), dentre outros (MTPA, 2018a). Para esse tipo de efeito, não há referências ou há opções frágeis de monetização, exigindo que as avaliações de impacto sejam realizadas nas unidades naturais de cada indicador.

Por esses motivos, o método de ACB não deve ser aplicado no planejamento de um recorte estadual do sistema de transporte nacional, destacando que, principalmente, não foi desenvolvido para essa finalidade. O método em questão é utilizado em outros países, não para planos sistêmicos, mas para a escolha de alternativas de projeto.

Com essa visão e considerando o levantamento de diversos métodos de análises, classificação e escolhas de projetos, o “Manual de análise de impacto socioeconômico e custo-benefício para apoio ao planejamento de sistemas e infraestruturas de transporte” (BRASIL, 2022) recomendou (Tabela 33) diferentes metodologias para cada fase de planejamento de transportes, onde a ACB pode ser recomendada para o detalhamento,



estudo ou estruturação de um projeto em nível operacional, e outras metodologias se destacam para o nível tático. Assim sendo, foi elaborada uma metodologia específica para o planejamento de transportes em nível tático, aderente ao recomendado pelo TCU, e que foi adotada para o planejamento estadual do PELT-MG.

Tabela 33 – Níveis de planejamento, funções, objeto de análise e métodos de análise de impacto recomendados

Nível de Planejamento	Funções do Plano	Objeto de análise	Análise de Impacto
Estratégico	Traçar cenários futuros. Avaliar o alcance dos objetivos estratégicos no cenário atual e futuros. Identificar as principais necessidades e oportunidades.	Sistema de transporte como um todo e seus impactos no ambiente social e econômico.	Análise de impacto em cada objetivo definido. Análise por cenário. Não necessita agregação, garantindo a visão ampla e estratégica.
Tático	Realizar diagnóstico e prognóstico por subsistema. Organizar, propor e priorizar ações (obras, empreendimentos, programas, iniciativas), de acordo com os resultados das simulações e impactos gerados.	Subsistemas de transporte (por modo de transporte, recorte geográfico ou funcional).	Análise de impacto de cada Ação (empreendimentos e iniciativas) nos objetivos definidos. Necessária metodologia de agregação dos impactos (multicritério, combinação de indicadores ou outra) para possibilitar a priorização das ações.
Operacional	Planejar a implantação. Compatibilizar a implantação com o tempo e recursos disponíveis. Escolher a melhor alternativa dentre opções conflitantes.	Ações (obras, empreendimentos, programas e iniciativas).	Análise de Custo-Benefício, Five Case Model, Análise de Impacto Econômico, Análise de Impacto Regulatório ou outra metodologia para seleção da melhor alternativa de resolução de um determinado problema.

Fonte: elaboração própria.

Reforça-se que não há necessidade de se estabelecer um método de análise de impactos imperativo para aplicação no planejamento de transportes. Cada método apresentará vantagens e desvantagens de aplicação. Alguns países que, no passado, já estabeleceram a ACB como etapa obrigatória na análise de projetos e iniciativas voltadas a investimentos de infraestruturas de transporte atualmente disponibilizam diferentes caminhos para que o avaliador escolha o mais adequado à sua necessidade. A *Federal Highway Administration* (FHWA, 2022b), gestora federal das rodovias dos Estados Unidos, é um exemplo que atualmente disponibiliza parâmetros e ferramentas para as Agências (estaduais ou autoridades de transporte federais) efetuarem tanto as ACB, como Análises de Impactos Econômicos (EIA), ferramentas de modelagem dinâmica para medir impactos de produtividade, ou outros métodos simplificados de avaliação adotados por agências estaduais.

O Governo da Austrália também apresenta diferentes ferramentas para desenvolvimento de análises de impactos de projetos de infraestrutura de transportes a serem apresentados e avaliados pela gestão. Dentre elas, a Análise Multicritério (AMC ou MCA - *multicriteria analysis*) é a recomendação para as decisões que implicam na escolha de uma alternativa de ação dentre uma longa lista de iniciativas, segundo o *Guide to multi-criteria analysis - Technical guide of the Assessment Framework* (Infrastructure Australia (d), 2021).

A bibliografia técnica também reforça que diferentes métodos podem ser utilizados para aferir os diferentes e possíveis efeitos e benefícios de um projeto de transporte, mas ressaltam que muitas apresentam limitações quando se trata de efeitos não econômicos. Kockelman *et al.* (2013) apontam em seu livro *The economics of transportation systems: A Reference for Practitioners* (A economia dos sistemas de transporte: uma referência para profissionais – tradução livre) que as técnicas tradicionais de engenharia, por si só, geralmente não podem abordar uma variedade de preocupações de instituições e gestores, principalmente as menos tangíveis e que são difíceis mensuração em termos monetários. Recomendam, então, análises multicritério para avaliar esses elementos não econômicos junto aos efeitos econômicos.

"As análises multicritério (MCA) permitem que a análise de alternativas seja conduzida em diferentes tipos de critérios com várias dimensões de benefícios." (grifo nosso)
Tradução livre (Kockelman *et al.*, 2013)

Em linhas gerais, as análises multicritério combinam medidas, que podem ser de diferentes dimensões, em um único indicador agregado (Figura 13). Durante o processo de desenho da AMC, deve-se conhecer de forma conceitual a relação entre os elementos de representação e medidas, o que exige a definição dos conceitos de cada elemento, preferencialmente em uma rede semântica de representação.

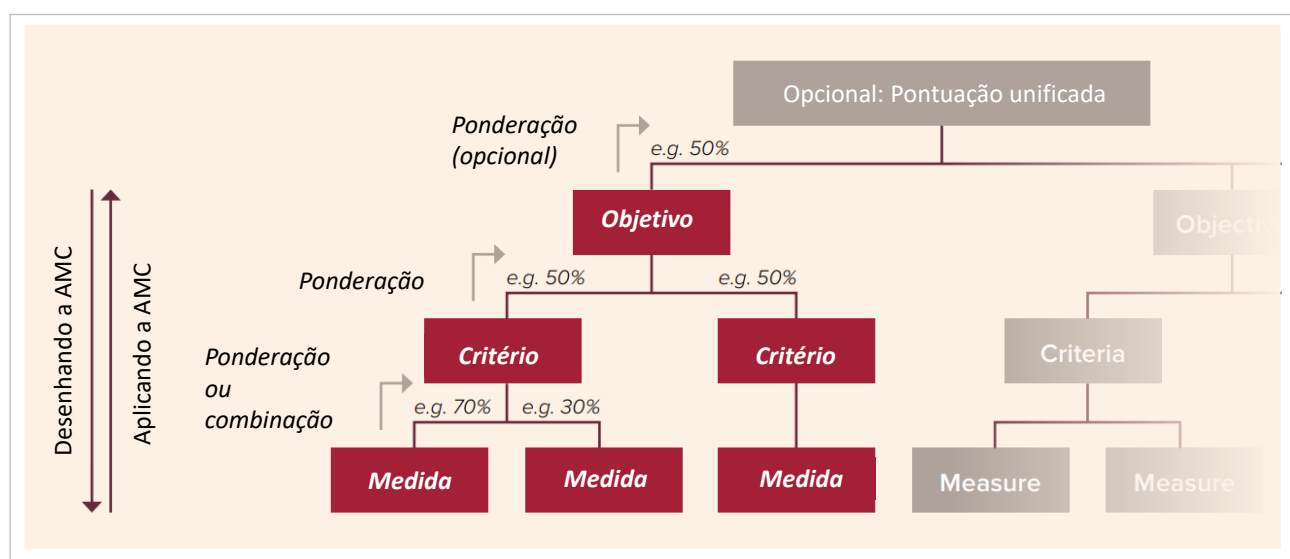


Figura 13 - Estrutura de desenho e aplicação de uma Análise Multicritério - AMC

Fonte: Infrastructure Australia (d) (2021).



Existem, ainda, diferentes técnicas que podem ser combinadas na aplicação da AMC para proporcionar a agregação de resultados das medidas, como a Análise Envolvória de Dados (DEA). A técnica mais comum, no entanto, é a adição ponderada simples (APS ou SAW - *simple additive weighting*), que possui a seguinte formulação observada na Equação 152:

$$V_i = \sum_{j=1}^{j=n} w_j r_{ij}$$

Equação 152

Fonte: THAKKAR (2021), adaptado.

Onde:

w_i – representa o peso do critério j ;

r_{ij} – representa a pontuação de classificação para a alternativa i no critério j ; e

V_i – representa a pontuação unificada dos vários (n) critérios – sejam econômicos, ambientais, sociais ou técnicos.

Corroborando com as referências do método de AMC para a análise e priorização objetiva de ações em um plano de transportes, o Banco Mundial (Marcelo et al., 2016) propõem o IPF (*Infrastructure Prioritization Framework*), um modelo quantitativo de natureza multicritério, que tem por objetivo sintetizar as vertentes financeira, econômica, social e ambiental em dois índices: socioambiental e econômico-financeiro. Não obstante o modelo ser quantitativo, os dados de entrada podem ser tanto de natureza quantitativa quanto qualitativa, uma vez que é aplicado um fator de conversão das variáveis qualitativas em variáveis quantitativas.

As principais características do IPF são:

- Incorpora os objetivos políticos e considerações sobre sustentabilidade social e ambiental;
- Forma intuitiva de analisar os resultados no plano cartesiano;
- Permite ampla interação dos agentes no processo de definição de critérios e avaliação do resultado;
- Processo transparente que permite auditoria a qualquer momento;
- Limita a subjetividade no processo decisório;
- A princípio restringe-se ao ranqueamento de carteira de projetos em um mesmo setor de infraestrutura;
- Sua flexibilidade permite ajustar uma série de fatores e indicadores que melhor expressem o processo decisório de escolha de projetos;
- Permite entender como restrições fiscais e orçamentárias podem afetar a priorização dos projetos.



O Governo Britânico, por meio do *Guide to Developing the Programme Business Case* (HM Treasury, 2018), emitiu orientações sobre as melhores práticas para o uso do Modelo de Cinco Dimensões no desenvolvimento de um *Business Case*. Este modelo é recomendado para ser usado pela orientação emitida no Livro Verde (orientação do governo central sobre avaliação).

O Modelo de Cinco Dimensões (M5D) é uma referência para a análise e resolução de problemas de negócios. Ele fornece uma abordagem estruturada para entender o contexto de um problema, definir seu escopo, avaliar opções potenciais e fazer recomendações. Originalmente, este modelo é composto por cinco dimensões principais: o Caso Estratégico, o Caso Econômico, o Caso Comercial, o Caso Financeiro e o Caso de Gestão. Essas dimensões trabalham juntas para fornecer uma análise abrangente de um problema de negócios, tornando-o uma ferramenta eficaz para os tomadores de decisões.

No contexto do Plano Estadual de Logística e Transporte do Estado de Minas Gerais, o Modelo de Cinco Casos pode ser aplicado para orientar a definição de ações em um plano de ação resultante. Assim, o M5D pode ser usado para avaliar as várias opções de investimento e iniciativas propostas no Plano Estadual de Logística e Transporte. Por exemplo, o Caso Estratégico pode ser usado para avaliar como cada opção se alinha com os objetivos estratégicos do plano. O Caso Socioeconômico pode ser usado para avaliar o valor social que cada opção traria para a sociedade. O Caso Comercial pode ser usado para avaliar a viabilidade comercial de cada opção. O Caso Financeiro pode ser usado para avaliar a acessibilidade e a financiabilidade, à luz da visão do Mercado, de cada opção ao longo do tempo. Finalmente, o Caso Gerencial pode ser usado para avaliar se cada opção pode ser entregue com sucesso pela organização e seus parceiros.

A presente metodologia de avaliação apresenta uma proposta de priorização de ações baseada no conceito do IPF (*Infrastructure Prioritization Framework*), utilizando-se da AMC para avaliar e organizar empreendimentos, obras e iniciativas, adaptado ao Modelo de Cinco Dimensões. O procedimento de aplicação é esboçado nas seções a seguir.

7.1 IC - ÍNDICE DE CLASSIFICAÇÃO DE AÇÕES

O Índice de Classificação de Ações (IC) segue a mesma estrutura metodológica do IPF sugerido pelo Banco Mundial (Marcelo et al., 2016). No entanto, com o intuito de aproximar a metodologia para a realidade brasileira e do ciclo de planejamento integrado de transportes atual, adiciona-se uma vertente estratégica que avalia a aderência do empreendimento às políticas públicas vigentes, aos planos estaduais anteriores e às carteiras de ações correntes e em implantação. Ademais, a vertente socioambiental, presente no IPF, é ampliada para representar uma gama mais abrangente de efeitos (resultados ou propriedades) de um setor ou subsistema de transportes, denominada de Índice da Dimensão Socioeconômica ($D_{Socioeconômica}$).

Desta forma, o IC é composto por cinco índices: Índice da Dimensão Financeira ($D_{Financeira}$), Índice da Dimensão Socioeconômica ($D_{Socioeconômica}$), Índice da Dimensão Estratégica ($D_{Estratégica}$), Índice da Dimensão Comercial ($D_{Comercial}$) e o Índice da Dimensão Gerencial ($D_{Gerencial}$).



Assim como na abordagem IPF, nesta abordagem o $D_{Financeira}$ reflete a viabilidade financeira e o valor econômico da Ação (empreendimento/iniciativa), podendo considerar as externalidades, efeitos econômicos indiretos e de rede do sistema de transportes estadual.

O $D_{Socioeconômica}$, por sua vez, tem por objetivo avaliar os principais efeitos da ação sobre o sistema de transportes. Esse índice avalia impactos mais abrangentes, atendimento às boas práticas internacionais e recomendações de órgãos de controle e instituições de financiamento. A composição desse índice é pautada nos resultados e propriedades (atributos globais) de um sistema de transporte, explanado mais adiante.

O $D_{Estratégica}$ incorpora a terceira vertente na metodologia, relativa ao planejamento de transportes em nível estratégico. Essa vertente captura a aderência das ações (empreendimentos/obras) às prioridades estabelecidas naquele ciclo de planejamento.

O $D_{Comercial}$ considera a percepção do mercado privado frente ao Plano de Ações à luz, principalmente, da financiabilidade dos empreendimentos, do risco de negócio, entre outros.

Por fim, o $D_{Gerencial}$ traz a visão dos gestores públicos frente a lista de ações contidas no Plano de Ações para um dado ciclo de planejamento.

Vale ressaltar que a seleção de variáveis que irão compor os cinco índices pode variar de um ciclo de planejamento para outro, a depender dos objetivos definidos em cada ciclo.

Conforme supramencionado, o $D_{Socioeconômica}$ é o componente que reflete os efeitos, sejam benefícios ou prejuízos, tanto em resultados como em propriedades de um sistema de transportes. Como já comentado ao longo do presente Relatório, a bibliografia é vasta e não há consenso sobre uma lista desses efeitos, variando conforme a dimensão de análise e conforme o tipo de ferramenta de avaliação de impactos adotada. No entanto, é necessária a definição clara desses elementos, da relação entre eles, e da relação para com os objetivos estabelecidos no plano. Caso contrário, não haveria objetividade na aplicação da AMC e nem na representação do alcance dos objetivos do plano.

Para essa tarefa, utilizou-se a rede semântica apresentadas no item 2 deste Relatório e apresentada de forma mais ampla no APÊNDICE I.

As métricas de cada indicador dependem dos dados disponíveis e da disponibilidade de ferramentas de cálculo, tanto para um diagnóstico como para prognóstico futuro. Os Indicadores Finalísticos Específicos (Tabela 13) cumprem a função de quantificação dos efeitos associados aos objetivos do PELT.

7.2 CONSTRUÇÃO TÉCNICA DO ÍNDICE DE CLASSIFICAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS

7.2.1 COMPONENTES DO IC

O IC é composto pelos índices das cinco dimensões de análise: Dimensão Econômica ($D_{Financeira}$), Dimensão Socioeconômica ($D_{Socioeconômica}$), Dimensão Estratégica ($D_{Estratégica}$), Dimensão Comercial ($D_{Comercial}$) e Dimensão Gerencial ($D_{Gerencial}$).

Uma vez que os componentes de cada indicador podem ser medidos por variáveis qualitativas e quantitativas, faz-se necessário transformar os dados qualitativos e dados quantitativos ordinais em dados escalares utilizáveis, em que os intervalos entre os valores reflitam graus de diferença. Ademais, padroniza-se as medidas de critérios para uma escala comum, que vai de 0 a 100.

Os componentes padronizados são multiplicados por pesos para obter as pontuações do índice. A Equação 153 define o IC como um modelo de adição ponderada simples (SAW) das cinco vertentes de indicadores ponderados pelos pesos λ_1 , λ_2 , λ_3 , λ_4 e λ_5 .

$$IC = \lambda_1 D_{Financeira} + \lambda_2 D_{Socioeconômica} + \lambda_3 D_{Estratégica} + \lambda_4 D_{Comercial} + \lambda_5 D_{Gerencial}$$

Equação 153

Fonte: Elaboração própria.

A próxima seção define os componentes de cada índice componente do IC de forma mais detalhada. O mesmo procedimento de transformação e padronização dos dados é realizado para cada componente.

7.2.2 COMPONENTES DA DIMENSÃO FINANCEIRA

A Dimensão Econômica ($D_{Financeira}$) reflete a viabilidade financeira direta de cada empreendimento. Indica principalmente a possibilidade de interesse de parceria privada na execução do empreendimento.

A Equação 154 define a $D_{Financeira}$ como um modelo aditivo das cinco vertentes de indicadores ponderados pelos pesos δ_1 , ..., δ_k

$$D_{Financeira} = \delta_1 VPL + \dots + \delta_k x_k$$

Equação 154

Fonte: Elaboração própria.

Para o presente ciclo de planejamento, apenas a variável Valor Presente Líquido (VPL) foi considerada na vertente $D_{Financeira}$. Portanto, os pesos δ_2 , ..., δ_k são considerados nulos e $\delta_1 = 1$.

A transformação de dados qualitativos e quantitativos categóricos e ordinais em dados numéricos utilizáveis pode ser feita usando o algoritmo *Alternating Least Squares Optimal Scaling* (ALSOS). Dentro de uma variável categórica quantificada, os números atribuídos pelo algoritmo ALSOS a cada categoria refletem a distância entre as categorias, revelando a métrica implícita da variável (Perreault & Young, 1976).



Os valores numéricos são posteriormente padronizados por meio da Equação 155 de padronização típica para transformar as medições para que tenham um valor médio de zero e variância unitária.

$$Z_{ij} = \frac{x_{ij} - \mu_j}{\sigma_j}$$

Equação 155

Fonte: Elaboração própria.

Em que μ é a média amostral e σ é o desvio padrão da variável j para a ação i .

O índice da $D_{Financeira}$ é reescalonado para gerar pontuações entre 0 e 100 para cada ação, por meio do procedimento descrito pela Equação 156:

$$Z_i(\text{escalonado}) = \frac{Z_i - Z_{\min}}{Z_{\max} - Z_{\min}} \times 100$$

Equação 156

Fonte: Elaboração própria.

Onde Z_{\min} é o valor mínimo da variável Z e Z_{\max} é o valor máximo. O mesmo procedimento de transformação, padronização e reescalonamento dos dados é realizado para os demais indicadores que seguem.

7.2.3 COMPONENTES DA DIMENSÃO SOCIOECONÔMICA

Conforme supracitado, o índice da Dimensão Socioeconômica ($D_{Socioeconômica}$) é formado tanto pelos resultados indiretos quanto pelas propriedades (atributos globais) da rede semântica.

Dessa forma, a Equação 157 descreve a métrica generalizada do componente $D_{Socioeconômica}$, com seus indicadores e respectivos pesos $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_9$.

$$D_{Socioeconômica} = \beta_1 \text{Desenvolvimento socioeconômico} + \beta_2 \text{Integração} + \beta_3 \text{Desenvolvimento Tecnológico} + \beta_4 \text{Desenvolvimento da Infraestrutura} + \beta_5 \text{Saturação} + \beta_6 \text{Acessibilidade} + \beta_7 \text{Eficiência Operacional} + \beta_8 \text{Segurança} + \beta_9 \text{Sustentabilidade}$$


Equação 157

Fonte: Elaboração própria.

A métrica de cada indicador que compõe o índice da $D_{Socioambiental}$ é desenvolvida buscando a captação dos impactos marginais específicos de empreendimentos nos resultados e propriedades que, por sua vez, estão relacionadas aos objetivos. Essas métricas foram apresentadas ao longo do item 5 do PELT-MG.

7.2.4 COMPONENTES DA DIMENSÃO ESTRATÉGICA

Conceitualmente o índice da Dimensão Estratégica ($D_{Estratégica}$) incorpora a aderência dos empreendimentos às prioridades estabelecidas em um dado ciclo de planejamento. O indicador busca representar a alocação em carteiras estratégicas e a aderência das ações às políticas governamentais e também pode levar em conta



o status dos empreendimentos, que tem por objetivo inserir o grau de maturidade das ações na análise de priorização.

Por padrão, o status de um empreendimento reflete o status mais avançado das obras/serviços que o compõem. Os níveis de Status adotados para o PELT-MG são:

- **Em concepção:** indica uma obra/serviço ou empreendimento que está em discussão ou avaliação inicial, já possui um contorno de escopo esperado razoavelmente definido, mas que ainda não recebeu nenhuma ação formal de detalhamento; esse status é adotado quando não existe qualquer estudo de viabilidade conhecido sobre o empreendimento ou obra;
- **Em estudo:** agrupa obras/serviços ou empreendimentos que estão em fases iniciais de detalhamento técnico, ou sendo analisados quanto à sua viabilidade, mas que ainda não possuem projetos técnicos detalhados; os principais exemplos são empreendimentos que estão em elaboração de EVTEA, modelagem financeira, estudos de viabilidade jurídica de outorgas ou estruturação inicial de empreendimentos;
- **Em projeto:** obras/serviços ou empreendimentos que estão em fase de elaboração formal de projetos básico, executivos, ou planos de exploração;
- **Em Licitação / Análise / Autorização:** obra/serviço ou empreendimento que já esteja em tramitação para contratação; se inclui aqui também projetos e empreendimentos em análise prévia por órgãos de controle interno e externo;
- **Contratado – não iniciado:** obra/serviço ou empreendimento, que já tenha tido seu início autorizado, por meio de licitação, ato administrativo válido ou ação privada declarada, mas que por qualquer razão ainda não esteja em andamento (ex. contrato de autorização de implantação de terminal portuário já publicado, mas que o investidor ainda esteja em detalhamento de projeto executivo ou buscando financiamento; ou obra pública já licitada e contratada mas ainda aguardando emissão de ordem de serviço);
- **Contratado – em andamento:** obra/serviço ou empreendimento que esteja sendo realizada de fato, contratada ou autorizada, e com atividades em execução de produção de seus resultados finalísticos esperados;
- **Paralisado:** obra/serviço ou empreendimento que existe contrato ou instrumento formal estabelecido, mas não existem serviços sendo atualmente desenvolvidos, por qualquer impedimento;
- **Encerrado:** obra/serviço ou empreendimento cujo contrato ou instrumento formal foi finalizado, cancelado ou descontinuado por qualquer motivo, estando em monitoramento na carteira até o fim do ciclo de planejamento corrente, para fins de governança;
- **Sem informação:** obra/serviço ou empreendimento identificado na etapa de levantamento, mas ainda não foram obtidos junto ao respondente ou responsável os dados detalhados que permitam seu registro completo no banco de dados.



Como exemplo dessa inserção estratégica no âmbito federal, nos Planos Setoriais, os empreendimentos que foram identificadas como principais oportunidades específicas no âmbito do planejamento em nível estratégico (BRASIL, 2021) foram consideradas estratégicas, assim como carteiras de projetos formais publicadas pelas instâncias superiores de gestão no Governo Federal. São também exemplos de empreendimentos que merecem a pontuação de status àqueles cujas obras/serviços que constam no rol de ações em execução no Ano Base em que é feito o Diagnóstico do Plano.

A Equação 158 a seguir descreve a matematicamente o componente da Dimensão Estratégica, com seus indicadores e respectivos pesos, θ_1 e θ_2 e θ_3 .

$$D_{\text{Estratégica}} = \theta_1 \text{Inserção Estratégica} + \theta_2 \text{Status} + \theta_3 \text{Camada Estratégica}$$

Equação 158

Fonte: Elaboração própria.

Onde:

Inserção Estratégica – abrange as ações aderentes com instrumentos anteriores de política pública do Estado de Minas Gerais;

Status – considera o nível de maturidade das ações, bonificando àquelas em fases mais avançadas de implementação; e

Camada Estratégica – abrange o conjunto de infraestruturas que possuem maior capacidade de impactar nos indicadores estratégicos estaduais.

Os indicadores da $D_{\text{Estratégica}}$ podem, alternativamente, serem adotados como variáveis *dummy* na equação geral do IC, de modo que os empreendimentos avaliados que receberão pontuação por constarem nas relações de inserção estratégica, recebem integralmente o valor do peso para a composição geral.

7.2.5 COMPONENTES DA DIMENSÃO COMERCIAL

Por essência o Índice da Dimensão Comercial ($D_{\text{Comercial}}$) visa refletir a preferência do mercado privado à luz dos empreendimentos pré-selecionadas no Plano de Ações.

Para tanto o mercado privado deve levar em conta a percepção dos aspectos comerciais e financeiros de cada empreendimento, avaliando sua viabilidade comercial e oportunidades de retorno financeiro. Isso envolve a avaliação do modelo de negócios, análise de custos e receitas, e riscos comerciais.

A partir da interação com o mercado obtém-se um ordenamento preferencial dos empreendimentos propostos resultando em uma valoração adicional de 0 (zero) a 1 (um) ponto, recebendo 1 ponto o empreendimento de maior importância e 0 pontos o de menor importância.



7.2.6 COMPONENTES DA DIMENSÃO GERENCIAL

Finalmente o Índice da Dimensão Gerencial ($D_{Gerencial}$) visa refletir a preferência dos gestores públicos à luz dos empreendimentos pré-selecionados no Plano de Ações e já avaliados pelas dimensões anteriores.

Obtém-se um ordenamento preferencial dos empreendimentos propostos resultando em uma valoração adicional de 0 (zero) a 1 (um) ponto, recebendo 1 ponto o empreendimento de maior importância e 0 pontos a de menor importância.

7.3 CONSTRUÇÃO TÉCNICA DO ÍNDICE DE CLASSIFICAÇÃO DE INICIATIVAS

7.3.1 COMPONENTES DO IC

Similar à classificação dos empreendimentos o IC para as iniciativas também é composto pelos índices das cinco dimensões de análise: Dimensão Econômica ($D_{Financeira}$), Dimensão Socioeconômica ($D_{Socioeconômica}$), Dimensão Estratégica ($D_{Estratégica}$), Dimensão Comercial ($D_{Comercial}$) e Dimensão Gerencial ($D_{Gerencial}$).

Uma vez que os componentes de cada indicador podem ser medidos por variáveis qualitativas e quantitativas, faz-se necessário transformar os dados qualitativos e dados quantitativos ordinais em dados escalares utilizáveis, em que os intervalos entre os valores reflitam graus de diferença. Ademais, padroniza-se as medidas de critérios para uma escala comum, que vai de 0 a 100.

Os componentes padronizados são multiplicados pelos mesmos pesos definidos para os empreendimentos para obter as pontuações do índice conforme a Equação 153 anteriormente descrita.

As próximas seções definem os componentes de cada índice componente do IC de forma mais detalhada para as iniciativas. O mesmo procedimento de transformação e padronização dos dados é realizado para cada componente.

7.3.2 COMPONENTES DA DIMENSÃO FINANCEIRA

A Dimensão Econômica ($D_{Financeira}$) reflete os custos médios de desenvolvimento da iniciativa. Indica principalmente o nível de dispêndio exigido para execução da iniciativa.

A Equação 159 define, em valores monetários (R\$) a $D_{Financeira}$ como um modelo aditivo das cinco parcelas de indicadores que compõem o IC.

$$D_{Financeira_i} = \sum \text{Custo médio}_{\text{iniciativa } i}$$

Equação 159

Fonte: Elaboração própria.

O índice da $D_{Financeira}$ é reescalado para gerar pontuações entre 0 e 100 para cada ação, por meio do procedimento descrito pela Equação 160:



$$Z_i(\text{escalonado}) = \frac{Z_i - Z_{\min}}{Z_{\max} - Z_{\min}} \times 100$$

Equação 160

Fonte: Elaboração própria.

Onde Z_{\min} é o valor mínimo da variável Z e Z_{\max} é o valor máximo. O mesmo procedimento de transformação, padronização e reescalonamento dos dados é realizado para os demais indicadores que seguem.

7.3.3 COMPONENTES DA DIMENSÃO SOCIOECONÔMICA

A métrica de cada indicador que compõe o índice da Dimensão Socioeconômica ($D_{\text{Socioeconômica}}$) é desenvolvida buscando a captação dos impactos marginais específicos das iniciativas nos resultados e propriedades que, por sua vez, estão relacionadas aos objetivos apresentados no conforme apresentado no item 5 do PELT-MG.

Similar aos empreendimentos, o índice $D_{\text{Socioeconômica}}$ para as iniciativas é formado pela avaliação qualitativa (adotados como variáveis *dummy*) de afetação da iniciativa aos resultados indiretos e propriedades (atributos globais) da rede semântica.

De forma similar utiliza-se a mesma Equação 157 como métrica generalizada do componente $D_{\text{Socioeconômica}}$, com seus indicadores e respectivos pesos (similares aos pesos dos empreendimentos) $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_9$.

7.3.4 COMPONENTES DA DIMENSÃO ESTRATÉGICA

Conceitualmente o índice da Dimensão Estratégica ($D_{\text{Estratégica}}$) incorpora a aderência das iniciativas às prioridades estabelecidas em um dado ciclo de planejamento.

Os indicadores da $D_{\text{Estratégica}}$ são adotados como variáveis *dummy* na equação geral do IC, de modo que as iniciativas avaliadas que receberão pontuação por serem consideradas estratégicas, recebem integralmente o valor do peso para a composição geral.

A Equação 161 a seguir descreve a matematicamente o componente da Dimensão Estratégica, com seu indicador e respectivo peso, $\theta_1=1$.

$$D_{\text{Estratégica}} = \theta_1 \text{Inserção Estratégica}$$

Equação 161

Fonte: Elaboração própria.

Onde:

Inserção Estratégica – abrange as iniciativas aderentes com as políticas públicas do Estado de Minas Gerais;



7.3.5 COMPONENTES DA DIMENSÃO COMERCIAL

Por essência o Índice da Dimensão Comercial ($D_{Comercial}$) visa refletir a preferência do mercado privado à luz das iniciativas pré-selecionadas no Plano de Ações.

Para tanto o mercado privado deve levar em conta a percepção de impacto dos aspectos comerciais e financeiros de cada iniciativa, avaliando sua aplicabilidade e potencial efeito quando de sua implementação.

A partir da interação com o mercado obtém-se um ordenamento preferencial das iniciativas propostas resultando em uma valoração adicional de 0 (zero) a 1 (um) ponto, recebendo 1 ponto a iniciativa de maior importância e 0 pontos a de menor importância.

7.3.6 COMPONENTES DA DIMENSÃO GERENCIAL

Finalmente o Índice da Dimensão Gerencial ($D_{Gerencial}$) visa refletir a preferência dos gestores públicos à luz das iniciativas pré-selecionadas no Plano de Ações e já avaliadas pelas dimensões anteriores.

Obtém-se um ordenamento preferencial das iniciativas propostas resultando em uma valoração adicional de 0 (zero) a 1 (um) ponto, recebendo 1 ponto a iniciativa de maior importância e 0 pontos a de menor importância.

7.4 CALIBRAÇÃO DOS PESOS

A calibração dos pesos é crucial para que a priorização seja feita de forma adequada e não enviesada. Portanto, a escolha do método deve ser feita de forma transparente e que envolva todos os *stakeholders* do processo de decisão.

Marcelo *et al.* (2016) sugere três formas de definição dos pesos. A primeira é uma ponderação uniforme, em que todos os critérios são considerados iguais entre si. A segunda opção é uma definição subjetiva, atribuída por meio de consulta ou orientação de especialistas que atuam na gestão do sistema de transporte em foco. A última opção, por meio de métodos estatísticos como a Análise de Componentes Principais (ACP).

Sob o propósito de proceder à aplicação da metodologia voltada à definição da pré-viabilidade e priorização das ações consideradas no plano, foram realizadas Oficinas (*Workshops*) de Priorização e Ponderação dos Componentes, responsáveis por definir o valor de ponderação dos componentes do Índice de Classificação de Ações – IC, bem como dos indicadores inerentes a cada uma das dimensões.

As referidas Oficinas foram constituídas por representantes do Governo do Estado de Minas Gerais ligados ao Sistema de Transportes e suas vinculadas, bem como representantes de outras instituições relevantes para o seu respectivo setor de transportes.

As Oficinas de Priorização e Ponderação dos Componentes foram estruturadas em duas etapas, conforme se segue:



- **1ª Etapa:** Apresentação conceitual resumida, a qual foi subdivida em:
 - i. Apresentação da visão geral e metodológica de elaboração do PELT-MG;
 - ii. Apresentação dos conceitos básicos e sistemas de elementos adotados na Rede Semântica do Setor de Transportes; e
 - iii. Apresentação da Metodologia de Pré-viabilidade e Classificação das Ações (empreendimentos e iniciativas).
- **2ª Etapa:** Realização da Oficina técnica propriamente dita, executada a partir de sucessivas atividades:
 - i. Explanação da visão do processo;
 - ii. Ponderação qualitativa, em ordem decrescente de importância, dos indicadores das cinco dimensões: Dimensão Comercial, Dimensão Financeira, Dimensão Estratégica, Dimensão Gerencial e Dimensão Socioeconômica;
 - iii. Ponderação métrica dos indicadores integrantes a Dimensão Socioeconômica.

A metodologia de pré-viabilidade e classificação das ações desenvolvida para os instrumentos de planejamento de nível estadual – e que está sendo aplicada no presente trabalho do PELT prevê a classificação das ações (empreendimentos ou iniciativas) conforme sua valoração no âmbito dos componentes ponderados – ou seja: os componentes de vertentes econômico-financeiras (Dimensão Financeira), socioeconômicas e ambientais (Dimensão Socioeconômica), estratégicas (Dimensão Estratégica), de gestão (Dimensão Gerencial) e a vertente mercadológica (Dimensão Comercial) são priorizados em termos de importância para um dado ciclo de planejamento e, conforme os efeitos ensejados por uma dada ação para o conjunto destes componentes, segundo o ordenamento de prioridades definido, torna-se possível classificar também as ações em nível de relevância.


Em outras palavras, a prevalência relativa de algumas ações em comparação a outras deve-se à contribuição/efeito maior ou menor que tais ações possuem nas dimensões e nos indicadores definidos como prioritários, sendo uma etapa precípua, pois, a definição dos pesos relativos dos indicadores no âmbito dos componentes multicritérios no cômputo finalístico do Índice de Classificação de Ações – IC.

Sendo assim, as Oficinas de Priorização e Ponderação dos Componentes tiveram como objetivo principal a definição de qual o peso (ponderação) relativo de cada uma das dimensões (financeira, socioeconômica, comercial e estratégica) representadas pelos componentes no âmbito do cômputo geral da classificação das ações no ciclo de planejamento vigente.

Para tanto, os indicadores inerentes aos componentes multicritérios também foram avaliados em termos de importância relativa (prioridade), permitindo uma visão mais ou menos agregada dos efeitos das ações nos componentes metodológicos, suscitando sua posição de prioridade no rol das ações.

Desse modo, a metodologia em questão ainda apresenta como pontos vantajosos: o processo transparente, passível de auditoria a qualquer momento; a busca pelo estabelecimento de uma métrica de análise padrão, a ser aplicada de forma integrada e uniforme entre os setores e a busca de limitação das subjetividades no escopo dos processos decisórios.

Para a definição dos valores ponderados dos indicadores e componentes no âmbito do Índice de Classificação de Ações – IC as Oficinas foram divididas em dois blocos de atividades, conforme se segue:

- 
- **Bloco 1 – Classificação das Dimensões:** análise multicritério do grau de importância relativa das diferentes dimensões existentes:
 - a. Ponderação em ordem decrescente de importância.

Neste bloco, os atores sociais participantes da Oficina foram instados a classificar, segundo suas concepções, os elementos da Dimensão Socioeconômica de acordo com nível de prioridade, do maior para o menor grau de importância, no planejamento do sistema de transporte de Minas Gerais.

- **Bloco 2 – Dimensão Socioeconômica:** análise multicritério do grau de importância relativa entre os dois indicadores integrantes desta dimensão.

Considerando estas etapas, os resultados específicos das ponderações obtidas na Oficina encontrar-se-ão destrinchados quando da finalização das referidas Oficinas, que ocorre em momento posterior a este Relatório.

7.4.1 DIMENSÃO SOCIOECONÔMICA – RESULTADOS QUALITATIVOS

O Bloco 2 dedicou-se a ponderar a importância relativa dos dez indicadores que compõem a Dimensão Socioeconômica, a saber: Desenvolvimento Social (DS), Integração (INT), Desenvolvimento Tecnológico (DTEC), Nível de Serviço (NS), Acessibilidade (ACES), Eficiência Operacional (EFI), Segurança (SEG), Sustentabilidade (SUST) e Desenvolvimento da Infraestrutura Viária (DINF).

Um exemplo de resultado obtido para o 1º *Workshop* encontra-se expresso na Figura 14 a seguir em que a espessura de cada linha indica qualitativamente o maior ou menor grau de importância avaliado:



Figura 14 - Ponderações médias dos indicadores de Resultado da $D_{Socioambiental}$ para o Transporte Terrestre
Fonte: elaboração própria.

Após as rodadas de *Workshops* serão apresentados os resultados consolidados a serem utilizados no PELT-MG.

7.4.2 DIMENSÃO SOCIOECONÔMICA – RESULTADOS QUANTITATIVOS

A partir das ponderações obtidas no Bloco 2, os valores nominais dos indicadores (valores médios obtidos nas Oficinas) foram elencados de modo a gerar um processo de normalização entre os indicadores, considerando uma base escalar comum (valores entre 0 e 1), fazendo com que a somatória dos pesos ponderados dos indicadores fosse igual ao valor unitário.

Este processo de normalização dos valores nominais configura-se como uma etapa fundamental para fins de uniformização da escala de análise entre os componentes constituintes do Índice de Classificação de Ações (IC).

Os valores normalizados, obtidos a partir da média dos valores aferidos no âmbito da 1ª Oficina realizada em Belo Horizonte - MG, podem ser visualizados na Tabela 34 a seguir. Graficamente é possível visualizar o resultado preliminar quantitativo do $D_{Socioeconômico}$ a partir da Figura 15.

Tabela 34 - Valores normalizados do $D_{Socioeconômico}$ para o Transporte Terrestre

Índice da Dimensão Socioeconômica: Classificação dos indicadores	
Indicador	Nota média
DSE – Desenvolvimento Social	0,26
ACES – Acessibilidade	0,15
DINF – Desenvolvimento da Infraestrutura	0,14
EFI – Eficiência Operacional	0,12
SEG – Segurança	0,08
INT – Integração	0,08
DTEC – Desenvolvimento Tecnológico	0,07
NS – Nível de Serviço	0,06
SUST – Sustentabilidade	0,05

Fonte: CODEMGE (2023).

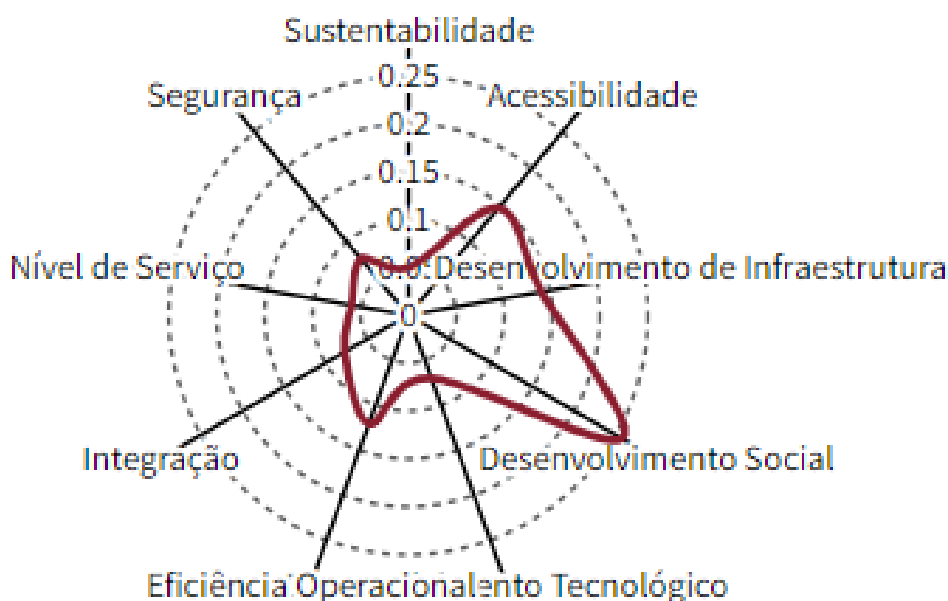


Figura 15 – Resultado quantitativo $D_{Socioeconômico}$

Fonte: CODEMGE (2023).

7.4.3 ÍNDICE DE CLASSIFICAÇÃO DE AÇÕES (IC) – CLASSIFICAÇÃO DAS DIMENSÕES

No Bloco 1 do *Workshop* de ponderação, foi ordenado em ordem crescente de importância as 05 (cinco) dimensões que são consideradas na formação do índice de classificação, sopesando os seus indicadores, para uma análise entre os componentes (Dimensão Gerencial, Dimensão Estratégica, Dimensão Comercial, Dimensão Financeira e Dimensão Socioeconômica). Dessa forma, foram definidos os pesos globais (λ) dos



componentes em si, em uma análise multicritério, de modo a elencar a ordem de prioridade ser considerada no âmbito do cálculo da priorização das Ações (empreendimentos ou iniciativas) dos setores de transportes.

Assim, considerando a configuração do IC a partir da congregação de um componente fortemente financeiro (Dimensão Financeira) com outro componente com olhar do mercado (Dimensão Comercial), associados a componentes fortemente político-estratégico (Dimensão Estratégica e Dimensão Gerencial) e por fim considerando um componente fortemente técnico (Dimensão Socioeconômica, as naturezas distintas entre as cinco dimensões abarcadas permitem, ao longo dos ciclos de planejamento sucessivos, que a metodologia em tela seja mantida, mas se reveste de uma flexibilidade para a modulação e ponderação diferenciais consoante às peculiaridades e necessidade específicas de cada ciclo.

Em uma perspectiva extremamente concisa, os componentes podem ser definidos da seguinte forma:

- Dimensão Comercial: reflete o interesse mercadológico na ação;
- Dimensão Estratégica: analisa se a ação está inserida em portfólios e planos estratégicos do Estado;
- Dimensão Socioeconômica: analisa os benefícios que a ação contribui para o sistema de transportes, sociedade e economia;
- Dimensão Gerencial: reflete a validação institucional e de factibilidade de implementação da ação; e
- Dimensão Financeira: reflete a viabilidade financeira da ação.

Os resultados obtidos serão apresentados em momento posterior, finda a primeira fase de *Workshops* do PELT-MG.

7.5 AVALIANDO AÇÕES

Considerando as ponderações de impacto anteriormente apresentadas, cada ação é avaliada em cada cenário de prognóstico, dado que uma mesma ação tende a ter resultados diferentes em diferentes contextos de oferta de infraestrutura, em função de diferentes condições de competição ou colaboração intersetorial ou intrasetorial.

Por exemplo, um determinado empreendimento ferroviário poderá ter uma avaliação de impacto maior em um cenário de baixo investimento no setor hidroviário e um impacto menor em um cenário onde haja fortes investimentos hidroviários, aumentando a competitividade entre esses setores.

De forma equivalente, em âmbito intrasetorial, um determinado empreendimento ferroviário poderá ter maior impacto, caso não haja muitos outros empreendimentos ferroviários concorrentes, e ter um menor impacto em um cenário onde haja grande oferta de novos empreendimentos ferroviários.

Assim, para a efetiva avaliação da carteira de ações, cada ação deverá ser avaliada individualmente a cada cenário, e a avaliação final da ação será dada pela ponderação entre as avaliações desta ação entre todos os cenários simulados.



A Tabela 35 exemplifica o resultado quantitativo para 05 (cinco) empreendimentos hipotéticos.

Tabela 35 - Exemplo hipotético de quadro de análise de empreendimentos, com as avaliações de cada empreendimento (E_1, E_2, etc.) para cada cenário

PESO		Cenário 1					Cenário 2					Cenário 3				
N	ID	0.2					0.1					0.3				
		D1	D2	D3	D4	D5	D1	D2	D3	D4	D5	D1	D2	D3	D4	D5
1	E_1	0,28	0,33	0,90	0,44	1,00	0,37	0,44	0,90	0,33	0,42	0,28	0,15	0,46	0,67	1,00
2	E_2	0,59	0,00	0,87	0,00	0,37	0,84	1,00	0,87	0,00	0,53	0,59	0,90	0,28	0,59	0,49
3	E_3	0,37	0,81	0,61	0,84	0,42	0,73	0,26	0,61	0,81	1,00	0,37	0,73	0,93	0,12	0,25
4	E_4	0,25	0,12	0,73	0,26	0,53	0,26	0,42	0,73	0,12	0,55	0,25	0,81	0,15	0,30	0,61
5	E_5	0,42	1,00	0,00	1,00	0,27	0,27	0,00	0,00	1,00	0,27	0,42	0,26	0,25	0,90	0,44

Fonte: elaboração própria.

A avaliação individual de cada ação é dada por meio da aplicação e cálculo dos Indicadores Setoriais Específicos, conforme apresentados na etapa descrita no item 5.

7.6 PROCESSO DE CLASSIFICAÇÃO DAS AÇÕES

A construção dos indicadores compostos pelas cinco dimensões permite a classificação de ações de acordo com o desempenho relativo projetado em cada dimensão. Para ilustrar a classificação das ações, tome-se 5 ações hipotéticas (A_1, ..., A_5) referentes a empreendimentos de infraestrutura do Estado de Minas Gerais. Ao aplicar a metodologia explicitada acima, após a obtenção das avaliações ponderadas para todas as dimensões de cada ação, chega-se ao *ranking* de classificação disponibilizado na Tabela 36.

Tabela 36 - Exemplo hipotético do resultado de ranking de Classificação de Ações.

AÇÕES	Comercial	Financeira	Socioeconômica	Gerencial	Estratégica	IC Reescalonado	Priorização
A_1	100	44	100	90	88	81	1º
A_3	71	85	42	80	78	65	2º
A_4	74	22	53	70	68	49	3º
A_5	8	100	77	67	65	44	4º
A_2	93	2	37	64	55	42	5º
λ	20%	20%	20%	20%	20%	-	-

Fonte: elaboração própria.

Na Tabela 36 exemplificativa, verifica-se que a ação A_1 possui uma pontuação alta nas dimensões comercial e socioeconômica, o que faz com que ela seja uma ação de alta relevância, frente as demais ações que se apresentam. A ação A_2, não obstante apresentar uma alta pontuação na dimensão comercial, ela pouco



impacta nos resultados da dimensão financeira e socioeconômica, o que faz com ela seja considerada como baixa relevância.

7.6.1 CLASSIFICAÇÃO FINAL DAS AÇÕES E ORGANIZAÇÃO DOS PLANOS DE AÇÃO

De posse dos índices calculados conforme a metodologia apresentada anteriormente, é aplicado o fluxo de decisões expresso na Figura 16 para a organização das ações e classificação no Plano de Ações, que é parte constituinte e resultante do Plano Estadual de Logística e Transportes de Minas Gerais (PELT-MG).

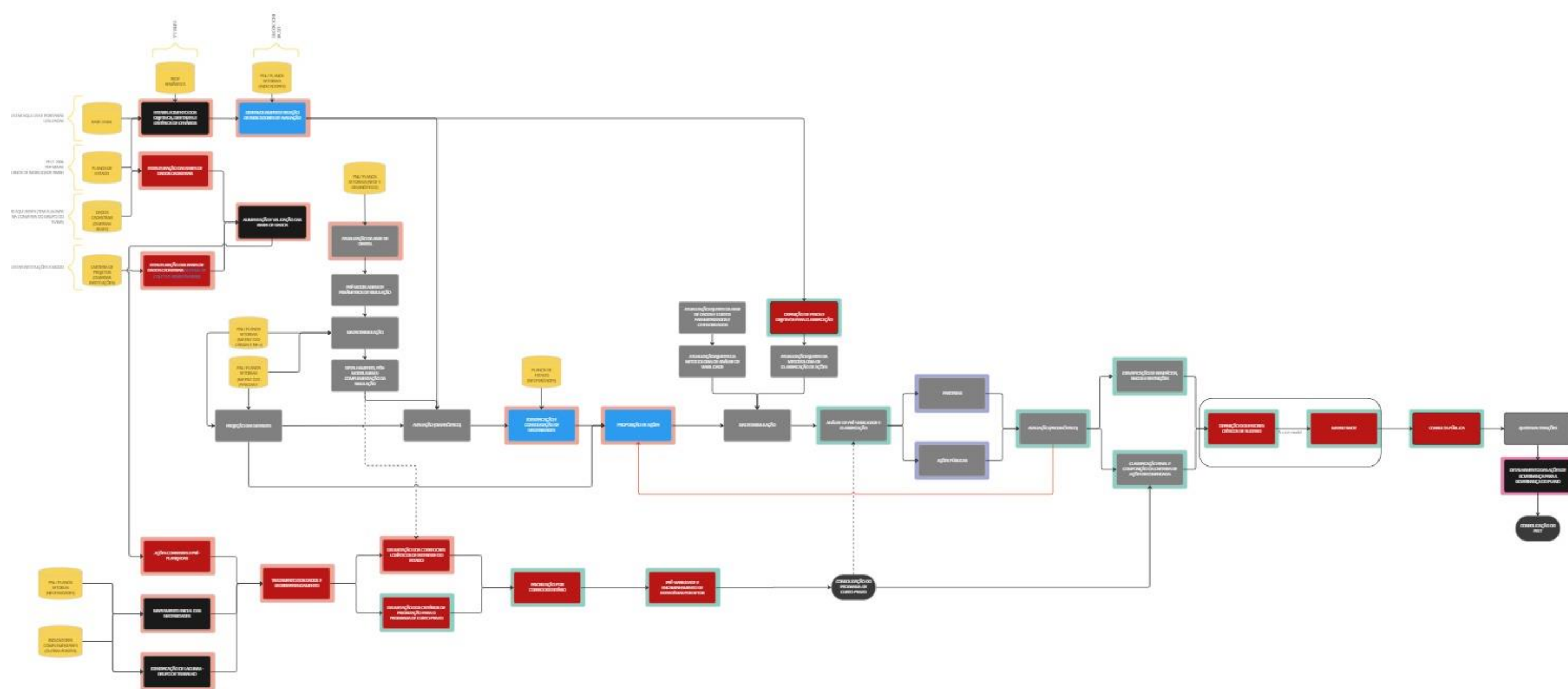
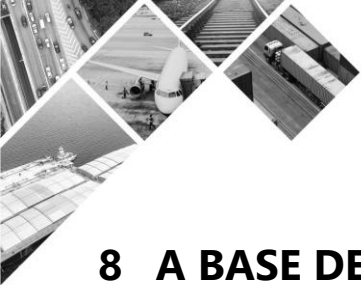


Figura 16 - Fluxo de decisão e organização das ações do Plano
Fonte: elaboração própria.



8 A BASE DE DADOS E O AMBIENTE DE INFORMAÇÃO

O novo contexto de planejamento estabelecido pelo planejamento integrado de transportes, voltado a resultados traz algumas mudanças de paradigmas que afetam significativamente a forma como o planejamento de transportes passa a ser encarado. Uma das principais mudanças é a formalização de intenção de que este planejamento passa a ser um processo continuado, cíclico, evolutivo e com maior nível de aferição de resultados e governança.

A partir da mudança de abordagem, o planejamento de transportes de cada setor deixa de ser um estudo independente e passa a fazer parte de uma cadeia sequenciada de atividades de planejamento-execução-controle-avaliação. Assim, a necessidade de se estabelecer, manter e evoluir um ambiente de informações estruturado e evolutivo ganha uma relevância redobrada no âmbito da gestão do sistema de transportes estadual.

Com isso, no âmbito da construção metodológica do processo de planejamento estadual, além das etapas inerentes de diagnóstico – proposições – prognósticos – análises – consolidação, foi estabelecido um objetivo específico interno de se modelar e desenvolver as bases de implementação de um ambiente de informações apto a este desafio, que pode ser descrito da seguinte forma: montar uma base ampla, setorial, intermodal, compatibilizando dados de múltiplas fontes para atender o planejamento integrado de transportes em seus aspectos de planejamento e governança.

A presente seção visa apresentar o estágio atual das diretrizes e premissas adotadas e já implementadas até aqui. Serão apresentados de forma sucinta os principais aspectos da base, com uma breve descrição do atual estágio.

- **Arquitetura:**

- A arquitetura geral é uma arquitetura de *Data Warehouse / Data Marts*, onde os sistemas e planilhas existentes nos entes Públicos, suas vinculadas e outras instituições de referência tiveram sua estrutura mapeada e foram construídos gradualmente processos de ETL (extração, tratamento e carga de dados), a fim de se construir uma base única, atualizada de forma periódica, mas que não interfere na operação cotidiana dos “proprietários” dos dados originais;
- Existe um fluxo objetivo de dados, num único sentido: produção-extração-tratamento-armazenamento-uso;
- A base foi modelada e composta de forma a agregar dados geográficos e relacionais.

- **Abrangência:**

- Pretende-se que a base abarque, de forma estruturada, os principais elementos componentes do sistema de transporte definidos na rede semântica, a saber:
 - ✓ Infraestruturas (vias, terminais, instalações);



- ✓ Serviços (nos diferentes setores abrangidos, incluindo serviços intersetoriais, como a cabotagem e a navegação de longo curso);
- ✓ Ações (empreendimentos, obras, iniciativas e seus impactos);
- ✓ Indicadores (finalísticos, descritivos e de governança);
- ✓ Cenários (prognósticos) e resultados das simulações.
- **Foco:**
 - O conteúdo e formatação dos dados são direcionados às necessidades de dados táticos e estratégicos de elaboração e acompanhamento do PELT.
- **Fontes e natureza dos dados**
 - Foi modelada e adotada uma separação explícita de conteúdos e naturezas de aplicação dos dados, de acordo com sua disponibilidade e oficialidade:
 - ✓ Dados Cadastrais: dados vindos de fontes oficiais ou de levantamentos observacionais diretos, em campo ou secundários;
 - ✓ Dados Referenciais: dados complementares e valores padrão referenciais, a serem utilizados para complementar eventuais lacunas ou incorreções nos dados cadastrais disponíveis (Premissas, tipologias padrão, dados advindos de modelagens ou de fontes externas não oficiais);
 - ✓ Dados simulados: dados resultantes dos cenários de simulação, usados quando o dado cadastral é impossível de ser obtido ou tem caráter ou custo proibitivo.
- **Escopo principal e fontes de cada base setorial (Brasil + Minas Gerais)**
 - Setor Hidroviário
 - ✓ Trechos Hidroviários – 1.015
 - ✓ Trechos Táticos Hidroviários – 74
 - ✓ Hidrovias – 133
 - ✓ Região Hidrográfica – 12
 - ✓ Barragens – 131
 - ✓ Eclusas – 52
 - ✓ Comboios Tipo – 67
 - ✓ Interferências – 64
 - Setor Portuário



- ✓ Terminais: 1.366
- ✓ Discriminação da capacidade por grupo de carga
- ✓ Portos (instalações portuárias): agregação de terminais – 1.117
- ✓ Complexos portuários (conceito PIT): agregação de portos – 46
- ✓ Portos-municípios (agregação VISUM) – 322
- ✓ Serviços atendidos: cabotagem, longo curso, navegação interior
- Setor Ferroviário
 - ✓ Ferrovias: agregação de linhas – 13
 - ✓ Linhas: agregação de Entre Pátios – 196
 - ✓ Entre Pátios – 1902
 - ✓ Pátios – 1840
 - ✓ Terminais – 714
 - ✓ Entre Trechos – 806
 - ✓ Trens Tipo – 652
- Setor Rodoviário
 - ✓ Trechos PNV – 464
 - ✓ Trecho de simulação VISUM - 528.296
 - ✓ Pontes
 - ✓ Viadutos

O APÊNDICE IV ilustra os Modelos Entidade-Relacionamentos do banco de dados desenvolvido para o atual ciclo de planejamento.



REFERÊNCIAS

- ALFREDINI, Paolo; ARASAKI, Emilia. Obras e gestão de portos e costas: a técnica aliada ao enfoque logístico e ambiental. 2ª ed. São Paulo: Blucher, 2009.
- ANTAQ (2021) VEN 2020 – Vias economicamente navegadas. / Agência Nacional de Transportes Aquaviários. Brasília (disponível em <https://www.gov.br/antag/pt-br/central-de-conteudos/estudos-e-pesquisas-da-antag-1/VEN2020final.pdf>, consultado em 16/08/2022)
- BARBIERI, J. C. "Taxa Interna de Retorno: controvérsias e interpretações". GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas – Ano 2, vol. 5, out-dez/07, p. 131-142
- BID (2022). Desenvolvimento de um plano estratégico e sustentável de infraestrutura de transporte e logística - ATN/PI-18669-BR. RELATÓRIO 3.2. RELATÓRIO DE PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO. Banco Interamericano de Desenvolvimento. Washington. Em processo de publicação.
- BRASIL (2022b). INFRAS.A. Manual de análise de impacto socioeconômico e custo-benefício para apoio ao planejamento de sistemas e infraestruturas de transporte. Empresa de Planejamento e Logística S.A. – EPL. Disponibilizado em: www.infrasa.gov.br
- BRASIL (2021). INFRA S.A. Plano Nacional de Logística 2035. Disponível em: https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/planejamento-integrado-de-transportes/copy_of_planejamento-de-transportes/pnl-2035. Acessado em: 27 out 2023.
- BRASIL (2019), Confederação Nacional de Transportes. Aspectos gerais da navegação interior no Brasil. Brasília. 174p.
- BRASIL (2018a). Ministério dos Transportes. Política Nacional de Transportes – Livro de Estado. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/politica-e-planejamento/politica-e-planejamento/pnt>. Acessado em: 26 out 2023.
- BRASIL (2018b), Relatório Executivo PNL 2025, consultado em <https://www.epl.gov.br/plano-nacional-de-logistica-pnl>, consultado em 01/07/2020.
- BRASIL (2011). LEI Nº 12.379, de 6 de JANEIRO de 2011 - Dispõe sobre o Sistema Nacional de Viação - SNV; Presidência da República/Casa Civil.
- BRASIL (2009), Decreto Nº 6.780, de 18 de fevereiro de 2009. Política Nacional de Aviação Civil. Presidência da República/Casa Civil.
- BRASIL (2006). Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretrizes básicas para estudos e projetos rodoviários: escopos básicos / instruções de serviço. - 3. ed. - Rio de Janeiro, 2006. 484p.
- BRUTON, M. J. Introdução ao Planejamento dos Transportes. Interciência, Rio de Janeiro, 1979
- CARVALHO, Carlos Henrique Ribeiro de. Emissões relativas de poluentes do transporte motorizado de passageiros nos grandes centros urbanos. Texto para Discussão. TD 1606. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Brasília, abril de 2011.
- CIP-INFRA (2021). 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.
- CREECH, C. T., R. S. AMORIM, A.N.A.O. CASTAÑON, S.A. GIBSON, W.C. VEATCH, T.J. LAUTH - A planning framework for improving reliability of inland navigation on the Madeira River in Brazil - PIANC-World Congress Panama City, Panama



2018 – (disponível em https://conference-service.com/pianc-panama/documents/agenda/data/full_papers/full_paper_127.pdf, consultado em 16/08/2022)

DHL (2016). The 21st Century Spice Trade: A Guide to the Cross-Border e-Commerce Opportunity.

European Commission - EC (2004). Towards Passenger Intermodality in the EU. Report 2: Analysis of the National Inventories on Passenger Intermodality. European Commission, Dortmund, October 2004.

European Commission – EC (2015). Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects - Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020. Bruxelas: Escritório de Publicações da União Europeia.

FHWA (2022). Freight Analysis Framework - FAF. Federal Highway Administration – FHWA. Disponível em: https://ops.fhwa.dot.gov/freight/freight_analysis/faf/

FHWA (2022b). Toolbox for Regional Policy Analysis. Website. Disponível em: www.fhwa.dot.gov/planning/toolbox/index.htm. Acesso em janeiro de 2022.

Fulgencio, Paulo Cesar. Glossário - Vade Mecum: Administração pública, ciências contábeis, direito, economia e meio ambiente. Ed. Mauad X, Rio de Janeiro, 2007.

Infrastructure Australia (a). Assessment Framework – Overview. Australian Government. Julho de 2021. Disponível em: <https://www.infrastructureaustralia.gov.au/overview-assessment-framework>

Infrastructure Australia (b). 2021 Australian Infrastructure Plan - Reforms to meet Australia's future infrastructure needs. Agosto de 2021. Disponível em: <https://www.infrastructureaustralia.gov.au/publications/2021-australian-infrastructure-plan>

Infrastructure Australia (c). Defining problems and opportunities - Stage 1 of the Assessment Framework. Julho de 2021. Disponível em: <https://www.infrastructureaustralia.gov.au/stage-1-defining-problems-and-opportunities>

Infrastructure Australia (d). Guide to multi-criteria analysis - Technical guide of the Assessment Framework. Julho de 2021. Disponível em: <https://www.infrastructureaustralia.gov.au/guide-multi-criteria-analysis>

HIS MAJESTY'S TREASURY (HM TREASURY). Guide to developing the Programme Business Case. 2018. Disponível em: https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5bc72a7d40f0b6385ea2d7b4/Programme_Business_Case_2018.pdf. Acesso em: 18 mar. 2024.

Kockelman Kara, T. Donna Chen and Brice Nichols, "The economics of transportation systems: A Reference for Practitioners", Center for Transportation Research, 2013.

LIN, S. A. "The Modified Internal Rate of Return and Investment Criterion". The Engineering Economist, v..21, Summer, pp. 237-247, 1976.

MAGALHÃES, M. T. Q.; YAMASHITA, Y. (2009). Repensando o Planejamento (Rethinking the Planning Process). Textos para Discussão - CEFTRU, v. 04, p. 1-30.

MARCELO, Darwin et al. Prioritizing infrastructure investment: a framework for government decision making. World Bank Policy Research Working Paper, n. 7674, 2016.

MATUS, C. (1993). Política, Planejamento e Governo. IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Brasília.

MINAS GERAIS (2023). Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais. Proposta de Princípios, Diretrizes e Objetivos. 16p.

MINAS GERAIS (2022). Secretaria de Estado de Infraestrutura e Mobilidade de Minas Gerais. Plano de Logística de Cargas da Região Metropolitana de Belo Horizonte.



MINAS GERAIS (2021). Secretaria de Estado de Infraestrutura e Mobilidade de Minas Gerais. Plano Estratégico Ferroviário de Minas Gerais – PEF MG.

MINAS GERAIS (2019). Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão. Plano Mineiro de Desenvolvimento Integrado - PMDI 2019 - 2030. Disponível em: <https://www.mg.gov.br/planejamento/pagina/planejamento-e-orcamento/plano-mineiro-de-desenvolvimento-integrado-pmdi/plano-mineiro-de>. Acessado em: 26 out 2023.

MINAS GERAIS (2006). Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas. Plano Estratégico de Logística de Transportes – PELT MG.

MINFRA (2020a). Portaria nº 123, de 21 de agosto de 2020. Ministério da Infraestrutura.

MINFRA (2020b), Corredores Logísticos Estratégicos - Volume V: Transporte de Passageiros, consultado em <http://transportes.gov.br/conteudo/113-politica-e-planejamento-de-transportes/7395-cle.html>, em 06/07/2020.

MINFRA (2020c), Corredores Logísticos Estratégicos - Volume VI: Petróleo e Combustíveis, consultado em <http://transportes.gov.br/conteudo/113-politica-e-planejamento-de-transportes/7395-cle.html>, em 06/07/2020.

MINFRA (2021), Portaria nº 792, de 1º de julho de 2021. Ministério da Infraestrutura.

MINFRA (2022). Plano Setorial de Transportes Terrestres – PSTT – Fase 1. Documentação do projeto. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transporte-terrestre/plano-setorial-de-transportes-terrestres>. Acesso em julho de 2022.

MTPA (2018a), Política Nacional de Transportes: Resumo Executivo / Livro de Estado e Caderno das Estratégias Governamentais. Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil. Brasília.

MTPA (2018b), Política Nacional de Transportes – PNT, consultado em <https://www.infraestrutura.gov.br/component/content/article/113-politica-e-planejamento-de-transportes/7368-pnt.html>, em 07/07/2020.

MTPA (2018c), Plano Aeroviário Nacional - PAN 2018-2038, consultado em <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transporte-aereo/plano-aeroviario-nacional>, em 03/02/2021.

MTPA (2018d), Corredores Logísticos Estratégicos - Volume II: Minério de Ferro, consultado em <http://transportes.gov.br/conteudo/113-politica-e-planejamento-de-transportes/7395-cle.html>, em 06/07/2020.

MTPA (2018e), Corredores Logísticos Estratégicos - Volume III: Veículos Automotores, consultado em <http://transportes.gov.br/conteudo/113-politica-e-planejamento-de-transportes/7395-cle.html>, em 06/07/2020.

MTPA (2018f), Corredores Logísticos Estratégicos - Volume IV: Complexo da Cana-de-Açúcar, consultado em <http://transportes.gov.br/conteudo/113-politica-e-planejamento-de-transportes/7395-cle.html>, em 06/07/2020.

MTPA (2017), Corredores Logísticos Estratégicos - Volume I: Complexo de Soja e Milho, consultado em <http://transportes.gov.br/conteudo/113-politica-e-planejamento-de-transportes/7395-cle.html>, em 06/07/2020.

MUNHOZ, Eduardo Dornelas. When productivity is costly: the relation between transport costs and infrastructure stock. 46 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Economia, Departamento de Economia, Universidade de Brasília, Brasília, 2020.



PERREAULT, William D.; YOUNG, Forrest W. Alternating Least Squares Optimal Scaling: Analysis of Nonmetric Data in Marketing Research, 1976

SEP (2015), Plano Nacional de Logística Portuária – PNLP, consultado em <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/centrais-de-conteudo/sumarioexecutivoPNLP.pdf>, em 03/02/2021.

SILVA, L. R. E (2021). A mobilidade interurbana para o Brasil: Uma nova abordagem de planejamento. [Distrito Federal] 2021. Tese de Doutorado – Universidade de Brasília. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo - Projeto e Planejamento, Arquitetura e Urbanismo, 2021). xvi, 284p.

THAKKAR, J.J. (2021). Simple Additive Weightage (SAW). In: Multi-Criteria Decision Making. Studies in Systems, Decision and Control, vol 336. Springer, Singapore.

TRADING ECONOMICS (2022) Brasil - PIB Transportes (<https://pt.tradingeconomics.com/brazil/gdp-from-transport>, consultado em 14/08/2022)

TRB (2010). Highway Capacity Manual. Transportation Research Board. National Research Council, Washington, D.C.

WEF (2016). White Paper Digital: Transformation of Industries: Logistics. World Economic Forum.

WEF (2018). White Paper: Delivering the Goods: e-commerce Logistics Transformation. World Economic Forum.



APÊNDICES

APÊNDICE I: REDE SEMÂNTICA DO SISTEMA DE TRANSPORTES

<https://valeccloud.valec.gov.br/s/Kd9PpaQeR7EE8SY>

APÊNDICE II: INDICADORES DE DESCRITIVOS

<https://valeccloud.valec.gov.br/s/Kd9PpaQeR7EE8SY>

APÊNDICE III: PLANILHA RESUMO DOS INDICADORES

<https://valeccloud.valec.gov.br/s/Kd9PpaQeR7EE8SY>

APÊNDICE IV: MODELO DE ENTIDADE-RELACIONAMENTOS (MER) DO BANCO DE DADOS DO PELT

<https://valeccloud.valec.gov.br/s/Kd9PpaQeR7EE8SY>

PLANO ESTADUAL DE LOGÍSTICA
E TRANSPORTES DE MINAS GERAIS

PELTMG

SAUS, Quadra 01, Bloco 'G', Lotes 3 e 5
Asa Sul - Brasília/DF - 70.070-010
institucional@infrasa.gov.br

© 2023

INFRA S.A.



www.infrasa.gov.br