

**MANUAL DE PRIORIZAÇÃO DE
AÇÕES E AVALIAÇÃO
SOCIOECONÔMICA PARA APOIO
AO PLANEJAMENTO DE SISTEMAS
E INFRAESTRUTURAS DE
TRANSPORTES**

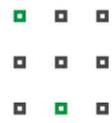
INFRA S.A.

MINISTÉRIO DA
ECONOMIA

MINISTÉRIO DA
INFRAESTRUTURA



<https://www.infrasa.gov.br/>



Ministério da Infraestrutura

Marcelo Sampaio

Ministro da Infraestrutura

Bruno Eustáquio Ferreira Castro de Carvalho

Secretário Executivo

Secretaria de Fomento, Planejamento e Parcerias

Rafael Magalhães Furtado

Secretário de Fomento, Planejamento e Parcerias

Departamento de Política e Planejamento Integrado

Tito Livio Pereira Queiroz e Silva

Diretor do Departamento de Política e Planejamento Integrado

Coordenação Geral de Política e Planejamento Integrado

Vicente Correia Lima Neto

Coordenador-Geral

Marcelo Leme Vilela

Coordenador

INFRA S.A.

Mateus Szwarcing

Diretor Presidente

Alessandro Reichert

Diretor de Planejamento

Marcelo Guerreiro Caldas

Diretor de Administração e Finanças

Alex Trevizan

Diretor de Empreendimentos

Superintendência de Planejamento e Estudos em Transportes

Leandro Rodrigues e Silva

Superintendente

Superintendência de Inteligência de Mercado

Antonio Fernandes Soares Netto

Superintendente

Equipe Técnica

George Lavor Teixeira

Coordenador de Planos

Elder Tiago da Costa de Souza,

Assessor Técnico

Lilian Campos Soares

Coordenadora do Observatório

Cicero Rodrigues de Melo Filho,

Assessor Técnico

Apoio Técnico: Ministério da Economia

Rodolfo Gomes Benevenuto

Subsecretário de Inteligência Econômica e de Monitoramento de Resultados

Raul Menezes dos Santos

Subsecretário de Planejamento de Infraestrutura Nacional Substituto

Renato Alves Morato

Coordenador-geral de Monitoramento de Resultados

Diego Camargo Botassio

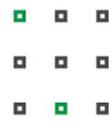
Coordenador-geral de Inteligência Econômica

Agradecimento

À *João Paulo Bittar Hamú Nogueira*, que passou pela equipe da INFRA S.A. e contribuiu com relevância para o desenvolvimento do presente manual.

Sumário

APRESENTAÇÃO	12
1. Introdução: Planejamento de transportes voltado a resultados.....	13
2. Avaliação de impacto no planejamento de sistemas de transporte em nível estratégico	21
2.1. Diagnóstico	24
2.1.1. Simulação.....	24
2.1.2. Avaliação.....	24
2.1.2.1. Extração de dados da simulação	24
2.1.2.2. Cálculo dos indicadores que representam os objetivos estabelecidos.....	25
2.1.2.3. Avaliação do cenário base	25
2.1.2.3.1. Estabelecimento de <i>benchmarks</i>	25
2.1.2.3.2. Comparação dos resultados dos indicadores com os <i>benchmarks</i>	25
2.1.2.3.3. Identificação de problemas	25
2.2. Prognóstico	25
2.2.1. Estabelecimento dos critérios para simulação dos cenários futuros prováveis	25
2.2.2. Simulação.....	26
2.2.3. Avaliação.....	26
2.2.3.1. Extração de dados da simulação	26
2.2.3.2. Cálculo dos indicadores que representam os objetivos estabelecidos.....	26
2.2.3.3. Avaliação dos cenários futuros.....	26
2.2.3.3.1. Estabelecimento de <i>benchmarks</i>	26
2.2.3.3.2. Comparação dos resultados dos indicadores com os <i>benchmarks</i>	27
2.2.3.3.3. Comparação dos resultados dos indicadores entre cenários.....	27
2.2.3.4. Desagregação dos impactos (por unidade territorial ou infraestrutura).....	27
2.2.3.4.1. Comparação dos resultados dos indicadores desagregados entre os cenários....	29
3. Avaliação de impacto no planejamento de sistemas de transporte em nível tático	31
3.1. IC - Índice de Classificação de ações.....	34
3.2. Estabelecendo a relação entre os elementos medidos – A rede semântica do sistema de transportes	35
3.3. Construção técnica do Índice de Classificação de ações	40
3.3.1. Componentes do IC.....	40
3.3.2. Componentes do IEF	40
3.3.3. Componentes do IBG	41
3.3.4. Componentes do IEST	42
3.4. Calibração dos Pesos	43



3.5.	Comparando ações	43
3.6.	Análise de alocação de carteira no plano cartesiano	44
4.	Avaliação de impacto no planejamento de infraestruturas de transporte em nível operacional –Análise Socioeconômica de Custo-Benefício	47
4.1.	Introdução à Análise Socioeconômica de Custo-Benefício	47
4.2.	Fundamentos para a intervenção.....	48
4.2.1.	Definição dos objetivos da intervenção	48
4.2.2.	Definição do cenários base	49
4.2.3.	Análise e definição de alternativas.....	49
4.2.4.	Definição e identificação da proposta.....	50
4.3.	Requisitos Informacionais	51
4.3.1.	Estudos de demanda	52
4.3.2.	Estudos de engenharia e ambientais.....	53
4.4.	Estimação dos Custos Econômicos	54
4.4.1.	Capex.....	54
4.4.2.	Opex.....	55
4.4.3.	Conversão em Custos Econômicos	55
4.4.4.	Valor residual dos investimentos	56
4.5.	Estimativa dos Benefícios Econômicos.....	56
4.5.1.	Tempo de viagem – passageiros e cargas.....	59
4.5.2.	Confiabilidade no tempo de viagem	61
4.5.3.	Redução de custos operacionais de transporte	63
4.5.4.	Benefícios do aumento da segurança operacional	65
4.6.	Precificação de Externalidades.....	67
4.6.1.	Precificação dos impactos ambientais	67
4.6.2.	Efeitos Indutivos, Indiretos e de Segunda Ordem.....	68
4.7.	Indicadores de Viabilidade Socioeconômica	70
4.7.1.	Montagem do Fluxo de Caixa Comparativo	70
4.7.2.	Escolha da melhor opção com base nos indicadores socioeconômicos	72
4.8.	Análise de Risco	73
4.8.1.	Testes Mínimos de Sensibilidade	73
4.8.2.	Riscos Típicos em Transportes.....	74
4.9.	Análise Distributiva.....	75
4.10.	Alternativas de implementação	76
4.11.	Apresentação dos resultados	77
5.	Bibliografia citada.....	77

APÊNDICE I – SISTEMA DE INDICADORES DO PLANO NACIONAL DE LOGÍSTICA 2035	81
APÊNDICE II – METODOLOGIAS E PARÂMETROS DE CÁLCULO DE CUSTOS PARA APOIO À REALIZAÇÃO DE ANÁLISES CUSTO-BENEFÍCIO	90
1. Metodologias sem variação por modo de transporte	90
1.1. Valor do tempo para cargas	90
1.1.1. Valor da Vida e Valor do Tempo para o transporte de pessoas.....	92
1.2. Valor da Segurança Operacional	93
1.3. Valor das emissões de gases de efeito estufa e poluentes locais	94
1.4. Método de preços-sombra	95
1.5. Custos de transbordo.....	96
1.5.1. Granéis sólidos agrícolas	96
1.5.1.1. Custos fixos	96
1.5.1.1.1. Salários.....	97
1.5.1.1.2. Número de empregados	97
1.5.1.1.3. Depreciação das instalações.....	97
1.5.1.1.4. Custo das instalações.....	97
1.5.1.1.5. Tempo de depreciação.....	98
1.5.1.1.6. Manutenção das instalações	98
1.5.1.1.7. Depreciação do maquinário.....	98
1.5.1.1.8. Seguros.....	98
1.5.1.1.9. Remuneração do capital	99
1.5.1.2. Custos Variáveis.....	99
1.5.1.2.1. Gastos com energia elétrica	99
1.5.1.2.2. Manutenção do maquinário	99
1.5.1.3. Premissas de desempenho	99
1.5.1.3.1. Movimentação diária de graneis sólidos agrícola	99
1.5.1.3.2. Capacidade estática de armazenamento	99
1.5.1.3.3. Capacidade de transbordo médio por hora	99
1.5.1.3.3.1. Rodoviário – ferroviário e rodoviário – hidroviário	100
1.5.1.3.3.2. Ferroviário – rodoviário, ferroviário – hidroviário e ferroviário – ferroviário	100
1.5.1.3.3.3. Hidroviário – rodoviário e Hidroviário – ferroviário	100
1.5.1.3.4. Disponibilidade dos equipamentos de transbordo	100
1.5.1.3.5. Disponibilidade de caminhões, vagões ou balsas	100
1.5.1.3.6. Influência da sazonalidade na utilização do terminal de transbordo	100
1.5.1.3.7. Horas de funcionamento diário do terminal	101
1.5.1.3.8. Paradas técnicas	101



1.5.1.3.9.	Meses de funcionamento	101
1.5.1.3.10.	Giro.....	101
1.5.1.3.11.	Tempo médio de armazenagem	101
1.5.1.3.12.	Movimentação total	101
1.5.2.	Granéis sólidos não agrícolas (GSNA).....	101
1.5.2.1.	Custos fixos	102
1.5.2.1.1.	Salários.....	102
1.5.2.1.2.	Número de empregados	103
1.5.2.1.3.	Custo das instalações.....	103
1.5.2.1.4.	Tempo de depreciação.....	103
1.5.2.1.5.	Manutenção das instalações	103
1.5.2.1.6.	Depreciação do maquinário.....	103
1.5.2.1.7.	Seguros.....	104
1.5.2.1.8.	Remuneração do Capital.....	104
1.5.2.2.	Custos variáveis	104
1.5.2.2.1.	Gastos com energia elétrica	104
1.5.2.2.2.	Manutenção do maquinário	104
1.5.2.2.3.	Gastos com equipamentos	104
1.5.2.3.	Premissas de desempenho	105
1.5.2.3.1.	Capacidade estática de armazenamento de Carga Geral.....	105
1.5.2.3.2.	Capacidade de transbordo médio por hora	105
1.5.2.3.3.	Disponibilidade dos equipamentos	105
1.5.2.3.4.	Disponibilidade de caminhões, vagões ou balsas	105
1.5.2.3.5.	Horas de funcionamento diário do terminal	106
1.5.2.3.6.	Paradas técnicas	106
1.5.2.3.7.	Meses de funcionamento	106
1.5.2.3.8.	Giro.....	106
1.5.2.3.9.	Tempo médio de armazenagem	106
1.5.2.3.10.	Movimentação total	106
1.5.3.	Carga geral (CG)	106
1.5.3.1.	Custos fixos	107
1.5.3.1.1.	Salários.....	107
1.5.3.1.2.	Depreciação das instalações.....	107
1.5.3.1.3.	Custo das instalações e acessos.....	107
1.5.3.1.4.	Tempo de depreciação.....	108
1.5.3.1.5.	Manutenção das instalações	108

1.5.3.1.6.	Depreciação do maquinário.....	108	
1.5.3.1.7.	Seguros.....	108	
1.5.3.1.8.	Remuneração do capital	108	
1.5.3.2.	Custos variáveis	109	
1.5.3.2.1.	Gastos com energia elétrica	109	
1.5.3.2.2.	Consumo dos equipamentos	109	
1.5.3.2.3.	Manutenção do maquinário	109	
1.5.3.3.	Premissas de desempenho	109	
1.5.3.3.1.	Capacidade estática de armazenamento	109	
1.5.3.3.2.	Capacidade de transbordo médio por hora	109	
1.5.3.3.3.	Disponibilidade dos equipamentos de transbordo	110	
1.5.3.3.4.	Disponibilidade de caminhões, vagões ou balsas	110	
1.5.3.3.5.	Horas de funcionamento diário do terminal	110	
1.5.3.3.6.	Paradas técnicas	110	
1.5.3.3.7.	Meses de funcionamento	110	
1.5.3.3.8.	Giro.....	110	
1.5.3.3.9.	Tempo médio de armazenagem	110	
1.5.3.3.10.	Movimentação total	110	
1.5.3.3.11.	Número de empregados	111	
1.5.4.	Carga geral containerizada (CGC)	111	
1.5.4.1.	Custos fixos	112	
1.5.4.1.1.	Salários.....	112	
1.5.4.1.2.	Depreciação das instalações.....	112	
1.5.4.1.3.	Custo das instalações.....	112	
1.5.4.1.4.	Tempo de depreciação.....	112	
1.5.4.1.5.	Manutenção das instalações	112	
1.5.4.1.6.	Depreciação do maquinário.....	112	
□ □ □	1.5.4.1.7.	Seguros.....	113
□ □ □	1.5.4.1.8.	Remuneração do capital	113
□ □ □	1.5.4.2.	Custos variáveis	113
□ □ □	1.5.4.2.1.	Gastos com energia elétrica	113
□ □ □	1.5.4.2.2.	Gastos com equipamentos	114
□ □ □	1.5.4.2.3.	Manutenção do maquinário	114
□ □ □	1.5.4.3.	Premissas de desempenho	114
1.5.4.3.1.	Capacidade estática de armazenamento	114	
1.5.4.3.2.	Capacidade de transbordo médio por hora	114	



1.5.4.3.3.	Disponibilidade dos equipamentos de transbordo	114
1.5.4.3.4.	Disponibilidade de caminhões, vagões ou balsas	114
1.5.4.3.5.	Horas de funcionamento diário do terminal	114
1.5.4.3.6.	Paradas técnicas	114
1.5.4.3.7.	Meses de funcionamento	114
1.5.4.3.8.	Giro.....	115
1.5.4.3.9.	Tempo médio de armazenagem	115
1.5.4.3.10.	Movimentação total	115
1.5.4.3.11.	Número de empregados	115
1.5.5.	Granéis líquidos (GL).....	115
1.5.5.1.	Custos fixos	116
1.5.5.1.1.	Salários.....	116
1.5.5.1.2.	Depreciação das instalações.....	116
1.5.5.1.3.	Custo das instalações.....	116
1.5.5.1.4.	Tempo de depreciação.....	116
1.5.5.1.5.	Manutenção das instalações	117
1.5.5.1.6.	Depreciação do maquinário.....	117
1.5.5.1.7.	Seguros.....	117
1.5.5.1.8.	Remuneração do capital	117
1.5.5.2.	Custos variáveis	117
1.5.5.2.1.	Gastos com energia elétrica	117
1.5.5.2.2.	Manutenção do maquinário	118
1.5.5.3.	Premissas de desempenho	118
1.5.5.3.1.	Capacidade estática de armazenamento	118
1.5.5.3.2.	Capacidade de transbordo médio por hora	118
1.5.5.3.3.	Disponibilidade dos equipamentos de transbordo	118
1.5.5.3.4.	Disponibilidade de caminhões, vagões ou balsas	118
1.5.5.3.5.	Horas de funcionamento diário do terminal	118
1.5.5.3.6.	Paradas técnicas	118
1.5.5.3.7.	Meses de funcionamento	118
1.5.5.3.7.1.	Giro.....	118
1.5.5.3.8.	Tempo médio de armazenagem	119
1.5.5.3.9.	Movimentação total	119
1.5.5.3.10.	Número de empregados	119
2.	Metodologias aplicadas para o modo rodoviário	119
2.1.	Custos de transporte rodoviário.....	119

2.1.1.	Custos fixos	119
2.1.1.1.	Remuneração do capital	119
2.1.1.2.	Gastos com Motorista.....	120
2.1.1.3.	Gastos com Mecânico	120
2.1.1.4.	Reposição do Cavallo Mecânico	120
2.1.1.5.	Reposição do Semirreboque.....	120
2.1.1.6.	Licenciamento	120
2.1.1.7.	Seguro	120
2.1.1.8.	Outras despesas Fixas.....	120
2.1.2.	Custos variáveis	121
2.1.2.1.	Manutenção.....	121
2.1.2.2.	Consumo de Combustível	121
2.1.2.3.	Lubrificantes	121
2.1.2.4.	Lavagem e Lubrificação.....	121
2.1.2.5.	Consumo de Pneus.....	121
2.1.3.	Premissas de desempenho	121
2.1.3.1.	Tonelagem Nominal.....	122
2.1.3.2.	Fator de Aproveitamento	122
2.1.3.3.	Tonelagem Efetiva	122
2.1.3.4.	Velocidade Comercial	122
2.1.3.5.	Horas Trabalhadas por Mês.....	122
2.1.3.6.	Tempo de Carga e de descarga.....	122
2.1.3.7.	Rodagem mensal efetiva	122
2.1.3.8.	Número de viagens por mês.....	122
2.2.	Evolução dos acidentes rodoviários	122
2.3.	Segurança operacional – Efeito de via duplicada.....	124
2.4.	Fatores de emissões de gases de efeito estufa	127
3.	Metodologias aplicadas para o modo ferroviário.....	128
3.1.	Custos de transporte ferroviário	128
3.1.1.	Base de dados	128
3.1.2.	Ferrovias	128
3.1.3.	Metodologia para apuração de Custos.....	128
3.1.3.1.	Construção das faixas de distância.....	128
3.1.3.2.	Eliminação de <i>outliers</i>	129
3.1.3.3.	Tarifa média ponderada pela distância	129
3.1.3.4.	Construção das funções	130



3.2.	Evolução dos acidentes ferroviários.....	130
3.3.	Fatores de emissões de gases de efeito estufa	131
4.	Metodologias aplicadas para o modo aquaviário.....	131
4.1.	Custos de cabotagem.....	131
4.1.1.	Custos fixos	131
4.1.1.1.	Remuneração do capital	131
4.1.1.2.	Valor de compra da embarcação e características gerais	132
4.1.1.3.	Idade média da frota	132
4.1.1.4.	Gastos com salários da tripulação	132
4.1.1.5.	Remuneração média (R\$)	132
4.1.1.6.	Quantidade de Tripulantes (inclusive reserva)	132
4.1.1.7.	Gastos com encargos sociais.....	132
4.1.1.8.	Depreciação da embarcação.....	132
4.1.1.9.	Gastos com seguro.....	132
4.1.1.10.	Outros (Administrativo).....	132
4.1.2.	Custos variáveis	133
4.1.2.1.	Gastos com manutenção da embarcação.....	133
4.1.2.2.	Gastos com combustível	133
4.1.2.3.	Densidade do combustível	133
4.1.2.4.	Preço do combustível	133
4.1.2.5.	Potência	134
4.1.2.6.	Gastos com lubrificantes	134
4.1.3.	Premissas de desempenho	134
4.1.3.1.	Tonelagem Nominal.....	134
4.1.3.2.	Fator de Aproveitamento	134
4.1.3.3.	Tonelagem Efetiva (média).....	134
4.1.3.4.	Velocidade Comercial	134
4.1.3.5.	Horas em navegação (mês).....	134
4.1.3.6.	Tempo de Carga e de descarga	135
4.1.3.7.	Número de Viagens por mês	135
4.1.3.8.	Percurso	135
4.1.3.9.	Distância percorrida (mês).....	135
4.1.3.10.	Gastos com tributos (sobre a receita)	135
4.2.	Custos do transporte hidroviário	136
4.2.1.	Custos fixos	136
4.2.1.1.	Remuneração do capital	136

4.2.1.2.	Valor de compra da embarcação (R\$) e características gerais.....	136
4.2.1.3.	Idade Média da Frota.....	137
4.2.1.4.	Gastos com salários da tripulação.....	137
4.2.1.5.	Gastos com encargos sociais.....	137
4.2.1.6.	Depreciação da embarcação.....	137
4.2.1.7.	Gastos com seguro.....	137
4.2.1.8.	Outros (Administrativo).....	137
4.2.2.	Custos variáveis.....	137
4.2.2.1.	Gastos com manutenção das embarcações.....	138
4.2.2.2.	Gastos com combustível.....	138
4.2.2.2.1.	Consumo de combustível por Kg/BHP/hora.....	138
4.2.2.2.2.	Consumo de combustível kg/km.....	138
4.2.2.2.3.	Densidade do combustível.....	138
4.2.2.2.4.	Preço do combustível.....	138
4.2.2.2.5.	Potência.....	138
4.2.2.2.6.	Velocidade média.....	138
4.2.2.3.	Gastos com lubrificantes.....	138
4.2.2.3.1.	Consumo de lubrificante em Kg/BHP/hora.....	138
4.2.2.3.2.	Consumo de lubrificante por Kg/Km.....	138
4.2.2.3.3.	Densidade do lubrificante.....	138
4.2.2.3.4.	Preço do lubrificante.....	139
4.2.3.	Premissas de desempenho.....	139
4.2.3.1.	Tonelagem Nominal.....	139
4.2.3.2.	Fator de Aproveitamento.....	139
4.2.3.3.	Tonelagem Efetiva (média).....	139
4.2.3.4.	Velocidade Comercial.....	139
4.2.3.5.	Horas em navegação (mês).....	139
4.2.3.6.	Tempo de Carga e de Descarga.....	139
4.2.3.7.	Distância percorrida (mês).....	139
4.2.3.8.	Percurso.....	139
4.2.3.9.	Número de Viagens por mês.....	139
4.2.3.10.	Gastos com tributos (sobre a receita).....	140
4.2.3.11.	Fatores de emissões de gases poluentes.....	140
4.3.	Metodologia de evolução dos acidentes hidroviários.....	141

APRESENTAÇÃO

Dentre as competências regimentais da INFRA S.A., destaca-se a elaboração do planejamento do sistema de transportes nacional para a movimentação de pessoas e de bens, considerando os diversos modos de transportes, de forma a permitir a identificação de necessidades e as oportunidades de investimentos a médio e longo.

O processo de planejamento é uma ferramenta para os formuladores de políticas públicas e ações (nas esferas federal, estadual, distrital e municipal), mas, também, gera instrumentos para o balizamento das tomadas de decisões de investidores.

Planejar sistemas de transportes envolve diferentes campos do conhecimento. Ao materializarmos os conceitos e métodos na prática do planejamento de transportes na ótica de Estado, evidencia-se diferentes níveis de planejamento. Em uma análise macro, o planejamento de um sistema de transporte possui pelo menos três níveis: o estratégico, o tático e o operacional. No nível estratégico, as principais respostas que um plano de transporte deve dar estão relacionadas ao vislumbre de possíveis cenários futuros de desenvolvimento, e à avaliação do alcance de objetivos gerais alinhados à política de transportes estabelecida. No nível tático, avalia-se quais alternativas (ações) são necessárias para alcançar aqueles objetivos, e escolhem-se as ações prioritárias. No nível operacional, estudam-se alternativas de projetos, empreendimentos e planeja-se a implantação. Em todos esses níveis, há necessidade de se avaliar impactos sociais e econômicos gerados, considerando, também, os custos envolvidos, baseando-se na lógica de se planejar e direcionar as ações que agregam os maiores ganhos de benefícios para a sociedade. Desse modo, o planejamento torna-se voltado à resultados futuros, e não somente à resolução de gargalos passados. Porém, para cada nível de planejamento, há métodos adequados para essa avaliação, compatíveis com o nível de informação disponível e com a resposta que se pretende chegar no planejamento.

Esse Manual, subsidia tecnicamente a aplicação de métodos recomendados para a avaliações de resultados esperados (impactos socioeconômicos e de custo-benefício) para cada nível do planejamento de infraestruturas e sistemas de transportes, baseando-se em práticas e referências internacionais, bem como nas experiências adquiridas pela INFRA S.A. (Empresa que incorporou as atribuições da antiga EPL, bem como sua expertise) e pelo Ministério da Infraestrutura na aplicação dos diferentes métodos durante a elaboração dos planos de transporte, nos estudos e na estruturação de projetos de infraestruturas de transporte ao longo dos últimos anos.

1. Introdução: Planejamento de transportes voltado a resultados

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 (MT, 2007) e PNL-2025 (EPL, 2018).

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:

1. 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;
2. 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; e
3. 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 dependerá 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 à 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.



Uma *Análise de Impacto* (também chamada de avaliação de impacto) abrange vários métodos para determinar o valor de uma ação, iniciativa, política, programa ou projeto. Envolve tanto a quantificação de impactos econômicos incrementais (também chamados de marginais - benefícios e custos) como também recursos não econômicos, como tempo pessoal, saúde e qualidade ambiental (TRB, 2018).

Segundo a *Federal Highway Administration* (FHWA, 2022), gestora federal das rodovias dos Estados Unidos, quando de análises de impacto econômico para projetos de infraestrutura de transportes, os impactos podem ser, por exemplo, economia de tempo para empresas, economia de custos operacionais de veículos privados e comerciais, fortalecimento da conectividade de mercado local e regional, desenvolvimento induzido de terras ou aumento do turismo. Em todos os casos, os impactos econômicos surgem porque um investimento em transporte causa uma mudança nos preços, uma mudança no comportamento das famílias ou uma mudança no comportamento empresarial que melhora o investimento empresarial, atração, expansão, retenção ou competitividade na área estudada.

Já a Comissão Europeia, por meio do relatório “*Towards passenger intermodality on the EU*” (“Rumo à intermodalidade de passageiros na União Europeia”, em tradução livre) (*European Commission-EC*, 2004) recomenda duas questões a serem tratadas no âmbito do planejamento do transporte intermodal em qualquer escala: a *abordagem de rede para o planejamento*; e a *avaliação das necessidades dos usuários*.

A *abordagem de rede para o planejamento* é a base teórica que sustenta o planejamento integrado entre os modos de transporte e entre diferentes instâncias de jurisdição administrativa, levando em consideração que, do ponto de vista dos usuários, todo conjunto de infraestruturas e serviços que propiciam o deslocamento, independente do modo e jurisdição, trata-se de uma só rede de transportes. A partir dessa base, por exemplo, é que surgem as ações do *Planejamento Integrado de Transportes – PIT* brasileiro (MINFRA, 2020 e MINFRA, 2021), que visa trazer coerência e integrar em um só processo o planejamento de diferentes modos de transporte no nível federal.

No que tange à indicação da *avaliação voltada às necessidades dos usuários*, a Comissão Europeia recomenda que durante o planejamento deve-se considerar como base os anseios da sociedade que se desloca, e conseqüentemente, o atendimento de suas expectativas por meio do transporte. Com o atendimento das expectativas dos usuários, incrementam-se os movimentos. Segundo Magalhães et al. (2014), que estudou os conceitos de mobilidade e acessibilidade em uma visão sistêmica dos transportes, a *mobilidade* é a propriedade daquilo que pode ser movido. Ou seja, se o sistema de transporte tem a função de atender às expectativas e necessidades de movimento, um dos objetivos principais de um sistema de transporte é proporcionar/fazer acontecer essa propriedade do objeto movido: a *mobilidade*, em diferentes escalas, e tanto para pessoas como para bens. Os autores também estabelecem a diferenciação para com a *acessibilidade*, que é uma propriedade do sistema de transporte. Sendo a *acessibilidade* uma propriedade do sistema, a mobilidade ocorre somente se o sistema de transporte é acessível.

A *acessibilidade* é uma propriedade essencial para proporcionar a *mobilidade*, mas há outras referências que complementam aspectos qualitativos do movimento e da rede de transportes que o propicia, e que por sua vez, também podem ser compreendidos como resultados desejados, efeitos ou benefícios gerados por um sistema de transportes.

Existem diferentes formas de se relacionar elementos de representação característicos dos sistemas de transporte, mas é mais comum autores abordarem elementos da dimensão topológica de um sistema (que dizem respeito à forma de sua rede), elementos da dimensão geográfica (que dizem respeito ao território e sua relação com o sistema de transportes), elementos operacionais (que tratam de atributos da operação e execução real do sistema), ou institucionais (que dizem respeito às atribuições ou competências dos entes que atuam no sistema). Um exemplo é o exposto no relatório “*Transportation performance measures for outcome based system management and monitoring*” (“Medidas de desempenho de transporte para gerenciamento e monitoramento de sistemas baseados em resultados”. Tradução livre. Pickrell e Systematics, 2014). Nesse relatório, que orienta a construção de um modelo de acompanhamento de desempenho finalístico de um sistema de transporte, são listados 12 objetivos principais a serem considerados:

1. *Segurança*
2. *Vitalidade econômica*
3. *Sustentabilidade*
4. *Saúde Pública / Habitação*
5. *Mobilidade e redução de congestionamento*
6. *Acessibilidade*
7. *Preservação*
8. *Movimento de frete*
9. *Confiabilidade do sistema*
10. *Entrega do projeto*
11. *Transparência / coordenação*
12. *Financiamento*. Tradução livre (Pickrell e Systematics, 2014).

Pelos aspectos listados, evidencia-se várias possibilidades de objetivos para o qual poderiam se voltar os esforços do planejamento de um sistema de transporte, e que por consequência, podem ser considerados como parâmetros de medidas de efeitos ou benefícios. Porém, confundem-se nesse exemplo diferentes dimensões de análise, com diferentes possibilidades de se mensurar e estabelecer um diagnóstico. Observa-se que aspectos como a *mobilidade*, *acessibilidade*, *movimento de frete* e *confiabilidade*, são exemplos de atributos mensuráveis nas dimensões topológica ou geográfica, enquanto a *segurança* e *redução de congestionamento*, são questões operacionais, e *transparência*, *coordenação* e *financiamento*, atributos de uma dimensão de atuação institucional.

Da Política Nacional de Transportes – PNT (MTPA, 2018) também pode-se extrair elementos de representação e mensuração de impactos e benefícios de um sistema de transportes. A PNT é o instrumento de orientação estratégico para ações e planejamento dos transportes em âmbito federal. Nela, são estabelecidos objetivos que devem ser absorvidos nas ações de planejamento.

“São os objetivos da Política Nacional de Transportes:



1. Prover um sistema acessível, eficiente e confiável para a mobilidade de pessoas e bens.
2. Garantir a segurança operacional em todos os modos de transportes.
3. Prover uma matriz viária racional e eficiente.
4. Promover a participação intra e interinstitucional, considerando sociedade, governo e mercado, no desenvolvimento de uma política de transporte integrada.
5. Planejar os sistemas de logística e transportes a partir de uma visão territorial, integrada e dinâmica.
6. Disciplinar os papéis dos atores do Setor de Transportes do Governo Federal.
7. Dar transparência à sociedade, ao mercado e aos agentes públicos quanto às ações governamentais do Setor de Transportes.
8. Incorporar a inovação e o desenvolvimento tecnológico para o aperfeiçoamento contínuo das práticas setoriais.
9. Promover a cooperação e a integração física e operacional internacional.
10. Considerar as particularidades e potencialidades regionais nos planejamentos setoriais de transportes.
11. Atuar como vetor do desenvolvimento socioeconômico e sustentável do país.
12. Garantir a infraestrutura viária adequada para as operações de segurança e defesa nacional.” (grifo nosso) (MTPA, 2018).

Da mesma forma que o exemplo anterior, vemos questões de diversas dimensões de análise, e ainda, alguns objetivos “meio”, que são caminhos, ou mesmo princípios (*transparência, inovação* etc.) para alcance de objetivos finalísticos do sistema de transportes (grifados).

A Lei nº 8.987 (Brasil, 1995) também traz uma relação de elementos desejáveis para um serviço público adequado, que comumente são utilizados como base para estabelecimento de objetivos de sistemas de transporte, e por consequência, como elementos de monitoramento em uma lógica de planejamento e controle (Bernardes, 2006; Arruda et al., 2012; e Vasconcellos et al., 2007):

“Art. 6º. § 1º Serviço adequado é o que satisfaz as condições de regularidade, continuidade, eficiência, segurança, atualidade, generalidade, cortesia na sua prestação e modicidade das tarifas.” (grifo nosso) (Brasil, 1995)

Magalhães et al. (2015), também compilam diferentes elementos de representação que comumente são utilizados como resultados ou objetivos para o planejamento de transportes: *acessibilidade; eficácia; eficiência; disponibilidade; segurança patrimonial; segurança operacional; mobilidade; e confiabilidade*.

Planejar sistemas de transporte exige, inevitavelmente, a aplicação de técnicas de modelagem e avaliação espacial de redes. Nesse campo do conhecimento, observam-se diferentes técnicas que também expressam os atributos comuns em redes de transporte. A teoria de grafos, por exemplo, faz uso de indicadores de *conectividade, acessibilidade, centralidade e eficiência* para

representar uma rede de transporte, cuja concepção do desempenho do todo depende da análise de cada um desses atributos (TAAFFE et al., 1996).

Na maioria dos exemplos das referências técnicas apresentadas, a *eficiência* é um elemento ressaltado. A eficiência é um dos pilares da Gestão Pública (Ferlie, 1996; Lane, 2000; CLAD, 2000; e O'Flynn, 2007), e, portanto, deve ser observado na atividade de planejamento de sistemas e infraestruturas de transportes, principalmente no que tange à redução de custos operacionais e de investimentos, frente a ampliação dos benefícios atingidos.

Adentrando no nível mais operacional do planejamento, nas Análises de Custo-Benefício de projetos de transportes, segundo o *Transportation Research Board* (TRB, 2018), os benefícios são geralmente definidos como reduções de custos de transportes. Contudo, o próprio documento citado adota uma visão ampliada desses impactos, definindo como benefícios “*todos os efeitos do projeto sobre seus usuários ou a sociedade em geral, mesmo os negativos (às vezes chamados de desbenefícios)*”. Além dos tradicionais impactos que a bibliografia técnica já disponibiliza modelos e ferramentas para mensuração dos valores (*Tempo de viagem, custos veiculares, acidentes/valor da vida, emissões atmosféricas, custos de estacionamento*), citam-se também alguns efeitos de difícil valoração (transformação das medidas em valores monetários), tais como¹:

- *Equidade e Valor da Opção - Impactos resultantes de projetos que aumentam a acessibilidade e a diversidade do sistema de transporte.*
- *Viagens induzidas, incluindo novas viagens e mudanças no modo, rota e hora da viagem.*
- *Confiabilidade do tempo de viagem.*
- *Efeitos do ruído.*
- *Desvantagens da construção.*
- *Impactos no habitat e na qualidade da água.*
- *Efeitos econômicos.*
- *Impactos comunitários. Tradução livre (TRB, 2018).*

Considerando os exemplos citados, resta claro que o processo de planejamento de sistemas e infraestruturas de transportes aborda a necessidade de avaliação de benefícios e custos em uma ampla escala, e embora não haja consenso de uma relação de elementos única para embasar as análises e tomadas de decisão, há tendências de propriedades e resultados comuns à qualquer sistema de transporte, como a acessibilidade, a eficiência (que abrange o conceito de redução de custos, assim como a maximização de resultados), a segurança e a sustentabilidade.

A escolha de quais propriedades e resultados serão alvo da avaliação durante o planejamento é uma decisão técnica que deve ser embasada por um estudo e reflexão entre os atores com diferentes interesses no sistema planejado (gestores, operadores, usuários etc.), de modo a conciliar as expectativas de todos, e devem considerar, obrigatoriamente, o alcance de eventuais políticas públicas estabelecidas em Lei ou regulamento específico, que norteiam a

¹ Algumas das técnicas de mensuração ou referências externas de parâmetros para esses efeitos serão discutidas no capítulo sobre a ACB.



implantação e a operação daquele sistema. Mais importante, todos esses elementos de representação devem ser estabelecidos como objetivos do plano, para que assim, o esforço do planejamento busque o alcance destes.

Os objetivos de um plano são os resultados desejados (Magalhães e Yamashita, 2009). Logo, um plano de transportes deve orientar seus objetivos nos resultados diretos, indiretos, bem como nas propriedades do sistema. Esse é o conjunto de benefícios que deve ser o foco de aferição, mensuração e avaliação, juntamente com os custos envolvidos, para balizar as tomadas de decisão nos níveis estratégico, tático e operacional.

De forma simplificada, o fluxograma abaixo mostra as principais macro etapas constituintes da elaboração de um plano de um sistema de transportes, destacando onde se insere a necessidade de estabelecimento dos objetivos, definição dos indicadores, e a avaliação de impactos, como ponto crucial e determinante dos resultados do plano.

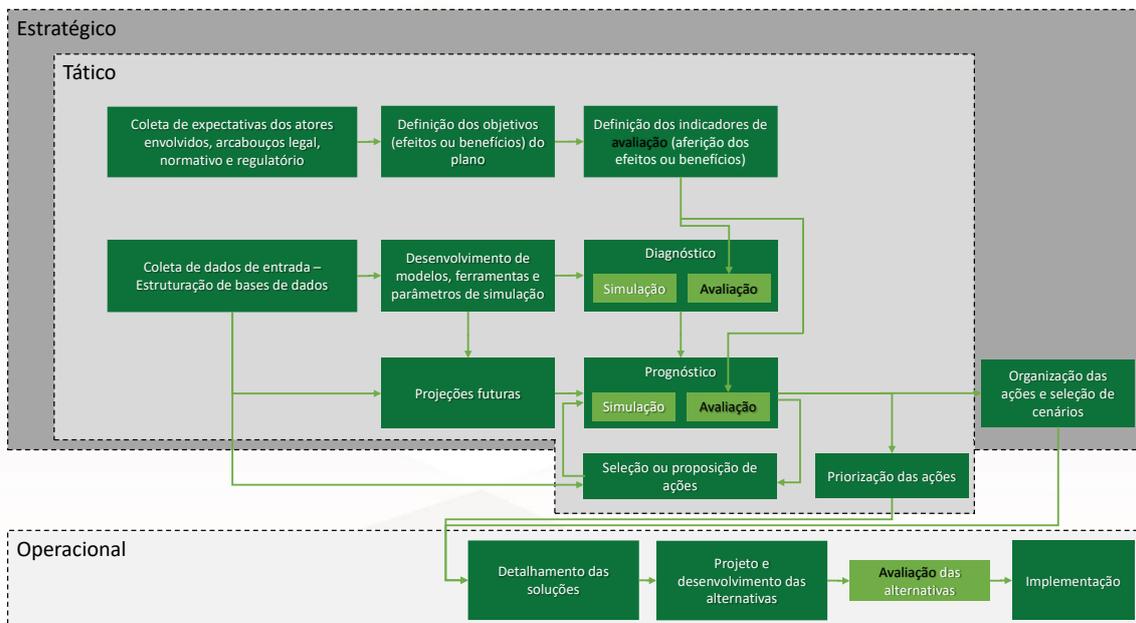


Figura 1: Macro etapas constituintes da elaboração de um plano de um sistema de transportes.

As avaliações de impactos e benefícios alcançam detalhamento e precisão diferentes conforme o nível do planejamento - *estratégico, tático ou operacional* (Magalhães e Yamashita, 2009). Isso se dá pela quantidade e qualidade das informações disponíveis em cada nível, pela abrangência dos sistemas e subsistemas objetos de planejamento, e pela função do plano (a resposta que o plano pretende oferecer). Conseqüentemente, a metodologia de avaliação do alcance dos objetivos perante os custos envolvidos de cada ação, deve se adequar à essas variáveis, para que sejam aplicáveis.

Uma referência técnica e prática dessa visão de diferentes métodos para cada nível do planejamento é a utilizada pelo Governo da Austrália (*Infrastructure Australia (a)*, 2021) que recomenda uma estrutura de avaliação (Figura 2) para projetos e iniciativas voltadas à infraestrutura de transportes em quatro estágios. O primeiro estágio da estrutura possui como objetivo estabelecer as necessidades e oportunidades, que podem ser obtidas no plano estratégico de infraestrutura (*Infrastructure Australia (b)*, 2021), ou por meio de uma avaliação

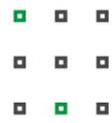
de critérios objetiva (*Infrastructure Australia (c)*, 2021). Já no segundo estágio, são avaliadas as opções de ação, onde busca-se priorizar uma “lista longa da avaliação estratégica, para uma lista filtrada”. Para esse estágio, que se assemelha ao conceito aqui adotado de planejamento em nível tático, uma das possíveis ferramentas a ser utilizada é a Análise Multicritério (MCA)² (*Infrastructure Australia (d)*, 2021). Já no estágio de detalhamento e desenvolvimento da solução, ou seja, o nível operacional de planejamento na ótica de Estado, o modelo australiano recomenda o uso da Análise Custo-Benefício (ACB) (*Infrastructure Australia (d)*, 2021).



Figura 2: Modelo Australiano de estrutura de avaliação para projetos e iniciativas voltadas à infraestrutura. (Tradução livre). Fonte: *Infrastructure Australia (a)*, 2021, adaptado.

Adotando-se conceitos similares ao modelo australiano, baseando-se também em recomendações e práticas de outros países, e adequando os estágios aos 3 níveis de planejamento pertencentes à um processo pleno de execução dessa atividade, a Figura 3 apresenta as funções de um plano em cada nível de planejamento para um sistema de transporte. Observa-se que o objeto principal de análise em cada nível é diferente, assim como as ferramentas recomendadas para a avaliação.

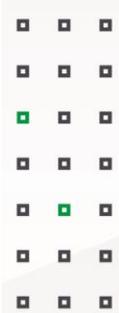
² O documento recomenda a Análise Multicritério como uma das ferramentas possíveis para a filtragem de uma lista longa.). Ainda no "estágio 2", para passagem da "lista filtrada" para a "lista curta", pode também ser utilizada uma ACB “rápida” (ou ACB preliminar). Já no "estágio 3", associado ao planejamento operacional, se recomenda a ACB completa.



Nível de planejamento	Funções do plano	Objeto de análise	Análise de impacto
Estratégico	<ul style="list-style-type: none"> Traçar cenários futuros. Avaliar alcance dos objetivos estratégicos no cenário atual e futuros. Identificar principais necessidades (carências) e oportunidades (Ações e estratégias simuladas que convergem com os objetivos). 	<ul style="list-style-type: none"> Sistema de transporte como um todo, e seus impactos no ambiente social e econômico. 	<ul style="list-style-type: none"> Análise de Impacto em cada objetivo estratégico definido. Análise por cenário. Não necessita agregação, garantindo a visão ampla e estratégica.
Tático	<ul style="list-style-type: none"> 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. 	<ul style="list-style-type: none"> Subsistemas de transporte (por modo de transporte, recorte geográfico ou funcional). Ações 	<ul style="list-style-type: none"> Análise de Impacto de cada Ação (obras, empreendimentos, programas, iniciativas) nos objetivos definidos. Necessária metodologia de agregação dos impactos (multicritério, combinação de indicadores, ou outra), ou Análise de Custo-Benefício Rápida ou Preliminar, para possibilitar a priorização das ações.
Operacional	<ul style="list-style-type: none"> Planejar a implantação. Compatibilizar a implantação com o tempo e recursos disponíveis. Escolher a melhor alternativa dentre opções conflitantes. 	<ul style="list-style-type: none"> Ações (obras, empreendimentos, programas, iniciativas). 	<ul style="list-style-type: none"> Análise de Custo-Benefício (ACB), <i>Five Case Model</i>, Análise de Impacto Econômico (EIA), Análise de Impacto Regulatório (AIR), ou outra metodologia para seleção da melhor alternativa de resolução de um determinado problema.

Figura 3: Níveis de planejamento, funções, objeto de análise e métodos de análise de impacto recomendados.

Nos capítulos a seguir orientam-se os aspectos mais relevantes para construção das avaliações de impacto nesses diferentes níveis, tomando-se como base a experiência aplicada no sistema de transportes nacional, justificando as recomendações com a bibliografia técnica respectiva. Importante destacar que o presente manual não pretende esgotar a discussão e nem limitar a evolução técnica dos métodos e aplicações voltadas ao planejamento. A vasta bibliografia e prática técnica observada sobre o assunto já demonstra diferenças entre países na escolha do método. As propostas que aqui constam são fruto tanto da pesquisa bibliográfica, como da evolução da aplicação no caso brasileiro, e refletem o que se entende como mais adequado para o atual arranjo institucional dos órgãos que tratam do planejamento, gestão e regulação dos transportes.



2. Avaliação de impacto no planejamento de sistemas de transporte em nível estratégico

No nível estratégico, um plano de transporte geralmente abrange um amplo sistema, e as principais respostas que ele deve dar estão relacionadas ao vislumbre de possíveis cenários futuros de desenvolvimento, e a avaliação do alcance de objetivos gerais alinhados à política de transportes estabelecida. Nesse nível de planejamento, são simuladas e analisadas a rede de transporte com um conjunto de infraestruturas e serviços que compõem o sistema e, para uma visão de futuro, consideram-se as alterações físicas, macroeconômicas, regulatórias, operacionais e funcionais, tanto em andamento, como propostas ainda não estruturadas. No caso de alterações de infraestruturas, por exemplo, podem ser considerados conceitos ou expectativas de novas ferrovias, rodovias, hidrovias, portos ou aeroportos, que ainda não possuem projeto estabelecido. Em função disso, no nível estratégico, não há informações detalhadas suficientes para analisar todas as alternativas de intervenção em uma rede de transporte com os mesmos parâmetros.

A quantidade de intervenções e variações de cenários possíveis também estabelece um limitante para que, no nível estratégico, sejam realizadas análises caso a caso (projeto a projeto).

O Plano Nacional de Logística 2035 – PNL 2035 (EPL, 2021), desenvolvido pela Empresa de Planejamento e Logística S.A. - EPL e pelo Ministério da Infraestrutura – MINFRA, por exemplo, abrange, no diagnóstico e no prognóstico, toda a rede de transportes nacional voltada ao deslocamento entre municípios, considerando os diferentes modos de transporte (rodoviário, ferroviário, hidroviário, marítimo, aéreo e dutoviário), tanto para pessoas como para bens, além de apresentar 9 (nove) diferentes cenários futuros prováveis de desenvolvimento, e mais de 2.000 (duas mil) ações (empreendimentos, obras e iniciativas) que impactam nesses cenários.

Estando o PNL inserido em um ciclo de planejamento integrado, denominado Planejamento Integrado de Transportes – PIT, que abrange os níveis estratégico e tático de planejamento, do ponto de vista da gestão federal dos sistemas de transporte, coube ao PNL a análise de impactos sociais e econômicos gerais (efeitos, benefícios ou custos), relacionado aos objetivos da Política Nacional de Transportes – PNT (MTPA, 2018), agregados para cada cenário simulado, possibilitando a avaliação de nível estratégico.

Considera-se que a análise de impactos sociais e econômicos gerais constitui ferramenta adequada para o planejamento nos níveis estratégico e tático, visto que o “planejador”, nesse caso, o Estado, necessita do olhar do sistema como um todo para selecionar as opções elegíveis para seguirem para estudos específicos de projeto. A autoridade planejadora, então, deve buscar as medidas aderentes às preocupações sociais a serem abordadas, o que na prática, se estabelece na seleção do *rol* de objetivos, durante o planejamento, que refletem os elementos (propriedades ou resultados) que se deseja representar no sistema de transportes.

A título de exemplo, esboça-se a metodologia de avaliação utilizada na elaboração do Plano Nacional de Logística – PNL 2035 (EPL, 2021), que segue o conceito acima exposto, e pode ser tomado como base em planos estratégicos de transporte.

Durante a elaboração do Plano Nacional de Logística – PNL 2035 foram definidos os objetivos estratégicos baseados na Política Nacional de Transportes – PNT (MTPA, 2018). Logo, as análises de impacto do diagnóstico e do prognóstico dos diferentes cenários possíveis de



desenvolvimento traçados no plano, buscaram medir os impactos por meio de indicadores, para possibilitar a análise dos benefícios gerados em contraponto aos custos agregados dos cenários.

Ao se filtrar dos objetivos da PNT aqueles que possuíam caráter finalístico (que podem ser medidos em termos de impacto gerado), foram definidos elementos de representação do sistema de transporte, e em seguida, desenvolvido um sistema de indicadores para medir tais elementos, com diferentes métricas de representação e agregação, como disposto na Figura 4 a seguir.

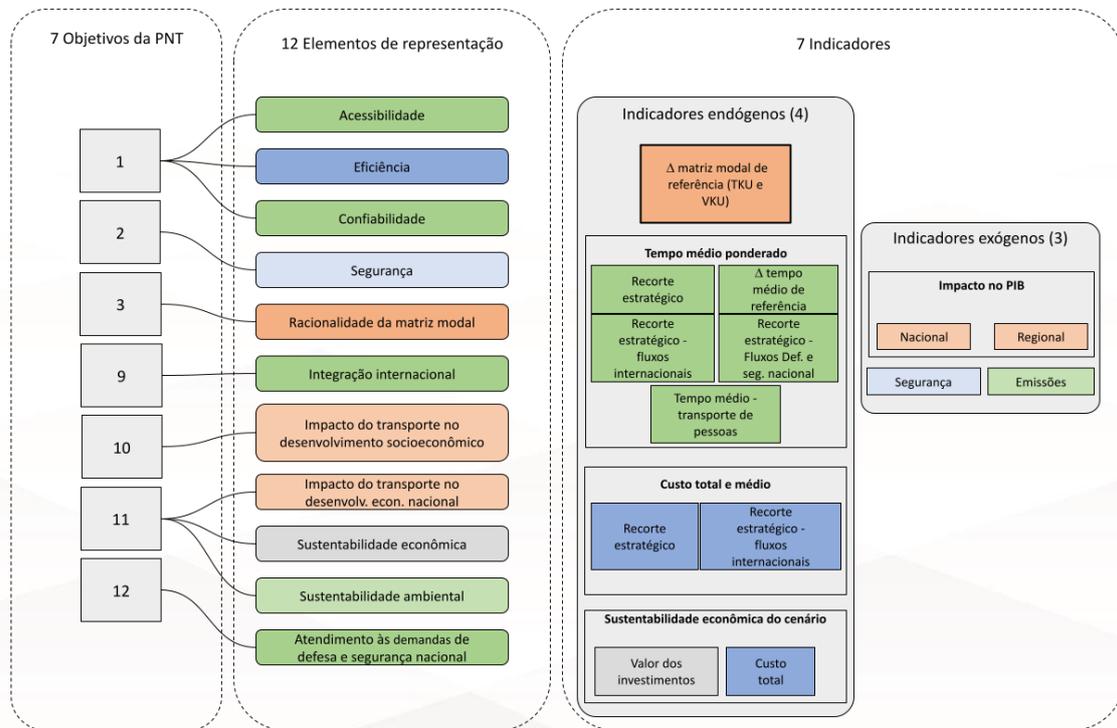
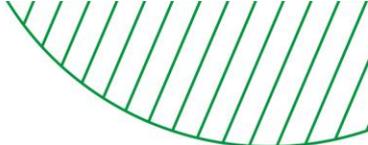


Figura 4: Sistema de indicadores para análise de impacto utilizado no Plano Nacional de Logística – PNL 2035. Fonte: EPL, 2021.

O detalhamento das equações utilizadas para cálculo de cada indicador consta no Apêndice I deste Manual, que reflete também o Apêndice I do PNL 2035 (EPL, 2021). Contudo, tais métricas são exemplificativas, e à cada esforço ou ciclo de planejamento deve-se desenvolver ou adequar as medidas para o estudo em questão, pois os indicadores a serem medidos dependem dos objetivos estabelecidos, dos dados disponíveis para cálculo, e das ferramentas utilizadas para a macro simulação e modelagem do sistema de transportes. É importante ressaltar, porém, que o planejador deve se esforçar para adquirir dados e desenvolver os métodos e ferramentas necessárias para a mensuração do impacto de todos os objetivos estabelecidos, e não o contrário (estabelecer os objetivos em função dos dados ou ferramentas disponíveis), para que não haja prejuízo em relação ao alcance do plano. Caso não seja possível a mensuração de algum efeito definido como objetivo do plano, mesmo que parcialmente, uma das ações resultantes do processo de planejamento deve ser, justamente, a coleta e estruturação da base de dados necessário para que isso ocorra em continuidade no processo de planejamento.



Por meio da análise de impactos em cada objetivo, e para cada cenário avaliado, obtêm-se uma visão generalizada e estratégica que auxilia a tomada de decisão de macroestratégias dos gestores, e permite:

1. a análise de sensibilidade em relação às ações em andamento;
2. a avaliação do custo agregado aplicado à um sistema de transporte, em função dos diferentes benefícios;
3. a identificação de carências generalizadas (objetivos cujos indicadores não sofrem alteração significativa nos cenários simulados) e;
4. a identificação de oportunidades que geram maiores impactos positivos nos indicadores.

Na avaliação de impactos durante o planejamento de nível estratégico não há necessidade de agregar todos os indicadores em um único índice geral, tão pouco monetizar os valores de cada indicador. O agrupamento de indicadores para composição de índices gerais, assim como o processo de monetização, traz de forma explícita ou implícita, respectivamente, a atribuição de “pesos” entre os elementos de representação, e a menos que a Política considerada já estabeleça previamente tais pesos, indicando quais aspectos são mais relevantes, o planejador deve considerar que todos os objetivos são igualmente relevantes para a análise.

Em linhas gerais, o procedimento de avaliação no nível de planejamento estratégico de um sistema de transportes é possibilitado pelos dados oriundos da macro simulação de cenários. Os *softwares* e modelos de transportes da atualidade, além de técnicas para efetivar as etapas de geração, distribuição, alocação e divisão modal das viagens, permitem obter, de forma bastante calibrada com a realidade, dados como a volumetria (em toneladas, valor, veículos ou pessoas transportadas), tempos de percurso, atrasos, custos e níveis de saturação para um detalhado nível de unidades de infraestrutura de transportes (segmentos de vias, terminais, acessos etc.). Esses dados, associados a modelos e parâmetros médios específicos, permitem calcular os indicadores estabelecidos como objetivos para o sistema de transportes como, por exemplo, os exemplificados na Figura 4 referentes ao Plano Nacional de Logística 2035, ou outros benefícios e efeitos listados nas referências do Capítulo 1 deste documento.

O procedimento de avaliação no planejamento de transportes em nível estratégico deve ser realizado tanto na macro etapa de diagnóstico, que busca representar o status atual do sistema, como no prognóstico, que representa as visões de futuro do sistema, e pode ser descrito conforme as etapas da Figura 5 a seguir.



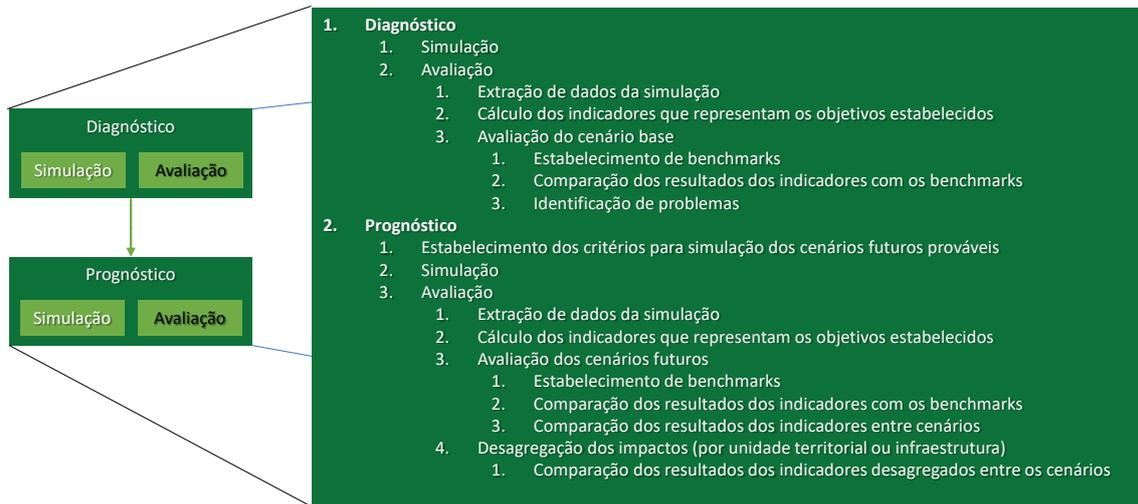


Figura 5: Procedimento de avaliação no planejamento de sistemas de transporte em nível estratégico.

2.1. Diagnóstico

O diagnóstico busca representar o status atual do sistema de transporte, mas não deve se limitar a apresentar o sistema de transporte de forma descritiva. O objetivo da etapa para o planejamento é verificar o quão distante, e em quais aspectos, o cenário base está, dos objetivos estabelecidos para o sistema de transporte. Por isso, é necessária a representação desse sistema e a avaliação de cada objetivo, por meio dos indicadores desenvolvidos para o processo.

2.1.1. Simulação

A modelagem e a simulação voltada à sistemas de transportes encontra bases conceituais e técnicas específicas que fogem do escopo do presente manual. Porém, para que o processo de planejamento seja pleno no nível estratégico, é importante destacar que a simulação deve ter por objetivo alimentar os dados necessários para o cálculo dos indicadores de avaliação de impacto. Logo, o método escolhido ou desenvolvido deve tomar como base os parâmetros de saída estabelecidos da simulação que servirão como parâmetros de entrada para o cálculo dos efeitos.

Os *softwares* mais atuais que realizam a alocação de tráfego e divisão modal já resultam dados como a volumetria (em toneladas, valor, veículos ou pessoas transportadas), tempos de percurso, atrasos, custos e níveis de saturação para as infraestruturas pertencentes à um sistema. Porém, dependendo dos indicadores e objetivos definidos, modelagens complementares são quase sempre necessárias, por exemplo, para a determinação dos níveis de emissões de gases de efeito estufa, nível ou probabilidade de ocorrência de acidentes, impacto na economia etc. Sempre que possível, esses modelos complementares devem ser desenvolvidos tomando como base dados históricos reais.

2.1.2. Avaliação

2.1.2.1. Extração de dados da simulação

A etapa trata da extração e tratamento dos dados necessários para cálculo dos indicadores, proveniente dos modelos de simulação. Essa etapa visa, por exemplo, adequar unidades de medida, formatos, e analisar a existência de *outliers*, para evitar incoerências ou erros nos

cálculos. No nível estratégico, como o objeto de análise é o sistema como um todo, os indicadores que refletem os objetivos a serem alcançados são representados como a soma (agregação) ou médias dos atributos e resultados para o sistema, justificando tais tratamentos.

2.1.2.2. Cálculo dos indicadores que representam os objetivos estabelecidos

O cálculo dos indicadores deve ser realizado conforme as métricas estabelecidas para medir cada um dos objetivos. A título de exemplo, recomenda-se observar o Apêndice I deste Manual, que traz as métricas propostas para as avaliações realizadas no Plano Nacional de Logística – PNL 2035.

2.1.2.3. Avaliação do cenário base

2.1.2.3.1. Estabelecimento de *benchmarks*

Um *benchmark* é uma referência que possibilita a avaliação do resultado calculado em cada indicador. Deve ser estabelecido por meio de pesquisa em casos aplicados similares, tomando-se o devido cuidado para que os valores de referência representem unidade similar ao do sistema planejado (em termos geográficos), que o sistema leve em conta os mesmos componentes, e que a unidade do indicador seja comparável.

Pode-se tomar como referência situações similares de outros países, ou então, avaliar o desempenho daquele indicador na série histórica para o sistema planejado.

No caso da não existência de valores de referência, o que é comum quando um plano é desenvolvido pela primeira vez, a avaliação do cenário base só pode ser concluída quando realizada em comparação aos resultados do prognóstico em etapa posterior, avaliando a sensibilidade de alteração dos valores dos indicadores perante a simulação das ações futuras.

2.1.2.3.2. Comparação dos resultados dos indicadores com os *benchmarks*

Para cada indicador, avalia-se o resultado calculado em relação ao valor de referência. Os indicadores que apresentam valores melhores que os de referência demonstram que aquele objetivo estabelecido para o sistema já estaria sendo alcançado no cenário base, não caracterizando-o como um problema a ser tratado no planejamento.

2.1.2.3.3. Identificação de problemas

Os indicadores que apresentam distância para com os benchmarks, indicam um problema que deve ser alvo do planejamento nas fases ou níveis posteriores.

2.2. Prognóstico

O prognóstico é a visão de futuro do plano, descrita por meio dos possíveis cenários elaborados e resultantes do processo de planejamento. O prognóstico de um plano de sistemas de transportes deve considerar o mesmo sistema de avaliação do diagnóstico, para que seja possível a comparação com o cenário base, a identificação de possíveis impactos das ações simuladas e as eventuais resoluções de problemas.

2.2.1. Estabelecimento dos critérios para simulação dos cenários futuros prováveis



A modelagem de cenários futuros é uma etapa que requer a definição de critérios objetivos, para que não seja agregados vieses de subjetividade nos resultados do plano. As possíveis alterações em qualquer parâmetro dos cenários futuros, em relação ao cenário base, são justamente os fatores cujos efeitos serão medidos pelo sistema de avaliação. No planejamento de sistemas de transporte, enquadram-se nessas possíveis alterações: conjuntos de obras; intervenções operacionais; empreendimentos; iniciativas, programas ou ações que não geram alterações físicas nos elementos do sistema, mas impactam nos atributos funcionais (tempos, custos, capacidades); alterações macroeconômicas que afetarão as demandas de transporte de pessoas e cargas; bem como, alterações regulatórias ou inovações tecnológicas, desde que possam ser traduzidas em atributos de alterações nos parâmetros originais do modelo.

Um dos cenários futuros obrigatórios para o processo de planejamento de um sistema de transportes é o “contrafactual”. Os critérios estabelecidos para esse cenário são: a projeção da demanda para horizonte futuro, e a não alteração de qualquer parâmetro de oferta, físico ou funcional, a partir do cenário atual. O cenário contrafactual é a base de comparação para a maioria dos indicadores do sistema de avaliação.

O planejamento é um processo contínuo, que deve sempre ser realizado em ciclos previstos. Ao mesmo tempo, a gestão do sistema de transportes também é contínua, o que implica que sempre há uma série de alterações e ações em andamento ou previstas à curto prazo para serem executadas no sistema. Nesse sentido, é recomendável que haja sempre um cenário que compatibiliza as ações correntes ou previstas à curto prazo, como empreendimentos com contratos assinados ou obras em andamento. Este seria o cenário “fazer o mínimo”, ou também denominado “*Business as Usual*” (BAU). Os demais critérios para modelagem dos cenários futuros possíveis, assim como a quantidade de cenários, dependerá da quantidade de ações alternativas a serem simuladas e das capacidades de análise e efetivação.

2.2.2. Simulação

A etapa de simulação de cenários futuros replica o mesmo procedimento do estabelecido para o diagnóstico, alterando-se as ações a serem simuladas em cada cenário, e considerando sempre as demandas projetadas para o horizonte do plano.

2.2.3. Avaliação

2.2.3.1. Extração de dados da simulação

A etapa replica o passo similar realizado durante o diagnóstico.

2.2.3.2. Cálculo dos indicadores que representam os objetivos estabelecidos

A etapa replica o passo similar realizado durante o diagnóstico.

2.2.3.3. Avaliação dos cenários futuros

2.2.3.3.1. Estabelecimento de *benchmarks*

Da mesma forma que no diagnóstico, devem ser estabelecidos os valores de referência para comparação dos resultados obtidos. Para os objetivos e indicadores que não estão disponíveis fontes de consulta para estabelecimento de benchmarks, a avaliação dos resultados de um determinado indicador nos demais cenários simulados, em especial o cenário do diagnóstico ou o contrafactual, serve como parâmetro inicial de análise, avaliando os valores mínimos,

máximos, médias e medianas, buscando identificar, em função das ações simuladas, um valor viável de comparação.

2.2.3.3.2. Comparação dos resultados dos indicadores com os benchmarks

A comparação é similar à desenvolvida durante o diagnóstico. Porém, se algum indicador que resultou valor abaixo do *benchmark* no cenário base, obteve valor superior em algum(uns) cenário(s) futuro(s), indicam que as ações simuladas geraram efeitos positivos, corroborando com o alcance do objetivo do plano que o indicador representa.

2.2.3.3.3. Comparação dos resultados dos indicadores entre cenários

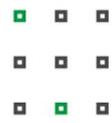
A comparação dos resultados dos indicadores entre os cenários futuros simulados permite a identificação de:

- Problemas que foram resolvidos pelas ações simuladas, quando a comparação é realizada em relação ao cenário base;
- Problemas que viriam a ocorrer, ou indicadores que possuem tendência de degradação, quando a comparação é realizada em relação ao cenário contrafactual;
- Necessidades gerais, quando não há alteração positiva de determinado indicador, ou há degradação em relação ao benchmark estabelecido, em qualquer cenário simulado, indicando que nenhuma das ações simuladas corrobora com o objetivo que ele representa.
- Tendências positivas de melhoria em algum indicador, quando é observada evolução em todos ou na maior parte dos cenários;
- Alterações positivas pontuais, quando há variação relevante dos resultados de algum indicador em cenários específicos, no qual a variação pode ser atribuída às alterações simuladas nele.

2.2.3.4. Desagregação dos impactos (por unidade territorial ou infraestrutura)

Em um plano de nível estratégico é comum a avaliação de um amplo sistema de transporte, com diferentes cenários futuros possíveis e um número extenso de ações que podem afetar o sistema. As etapas anteriores já permitem a identificação de **problemas/necessidades gerais** e **principais alterações e tendências positivas**, o que já se configuram como resultados de um plano estratégico. Porém, mesmo nesse nível de planejamento, é recomendado que sejam identificadas as principais necessidades e oportunidades específicas, para que, no mínimo, elas sejam alvo de análises nos níveis de planejamento tático e operacional. Esse processo pode ser efetuado buscando o isolamento de efeitos (positivos ou negativos) nos indicadores dos cenários simulados.

O procedimento consiste na desagregação dos indicadores em unidades menores que a rede completa. A depender da amplitude do sistema de transportes, do nível de detalhamento da



simulação e da quantidade de infraestruturas a serem avaliadas, pode-se realizar essa desagregação, no mínimo, para uma unidade territorial de menor tamanho que o do sistema, e no máximo, para cada infraestrutura de transporte pertencente ao sistema.

Se há a possibilidade de realizar simulações de cenários isoladas para cada ação possível na rede de transportes, e comparar os indicadores de cada um desses cenários com os do cenário base e contrafactual, essa, sem dúvida, é a forma mais precisa de se isolar impactos e atribuí-los à cada ação. Porém, os sistemas de transporte geralmente agregam complexidade maior, que dificultam essa alternativa em planos estratégicos. A título de exemplo, o Plano Nacional de Logística – PNL 2035 (EPL, 2021) considerou mais de 2.000 (duas mil) ações e empreendimentos dentre os 9 cenários publicados. Para captar os efeitos isolados de cada ação ou empreendimento nos indicadores gerais para o cenário, seria necessário simular e avaliar essa mesma quantidade (2.000) de cenários.

Uma alternativa que se mostra mais viável é a regionalização dos impactos dos indicadores em unidades territoriais menores. Essa ação, embora operacionalmente viável na maioria dos casos, agrega uma limitação à análise, pois nem sempre alterações locais em uma infraestrutura de transportes causa efeitos na área imediata onde ela está alocada, podendo em alguns casos, gerar os maiores efeitos em locais consideravelmente distantes. É o caso de ferrovias *greenfield*, por exemplo, que causam efeitos positivos em custos, saturações e outros aspectos, mais nas regiões de origem ou destino da carga do que nas regiões ao longo de onde a infraestrutura é implantada. Por essa particularidade, não se deve desagregar territorialmente os impactos do indicador em unidades muito pequenas (onde essa limitação seria ainda maior), e sempre que possível, associar essa unidade territorial à um corredor de demanda ou logístico.

Para o cálculo dos indicadores de avaliação em unidades territoriais menores que a do sistema, utilizam-se as mesmas métricas estabelecidas, porém, para o recorte geográfico reduzido. Um exemplo prático dessa aplicação pode ser observada no Plano Nacional de Logística – PNL 2035 (EPL, 2021) durante a construção do Cenário 9 (Seção 6.10). A Figura 6 apresenta um mapa dos valores de um dos indicadores de avaliação do PNL 2035, o custo médio do transporte de cargas, calculado para cada região intermediária, sendo essa a unidade territorial escolhida para a análise desagregada. A espacialização e análise geográfica permite melhor avaliação dos resultados.



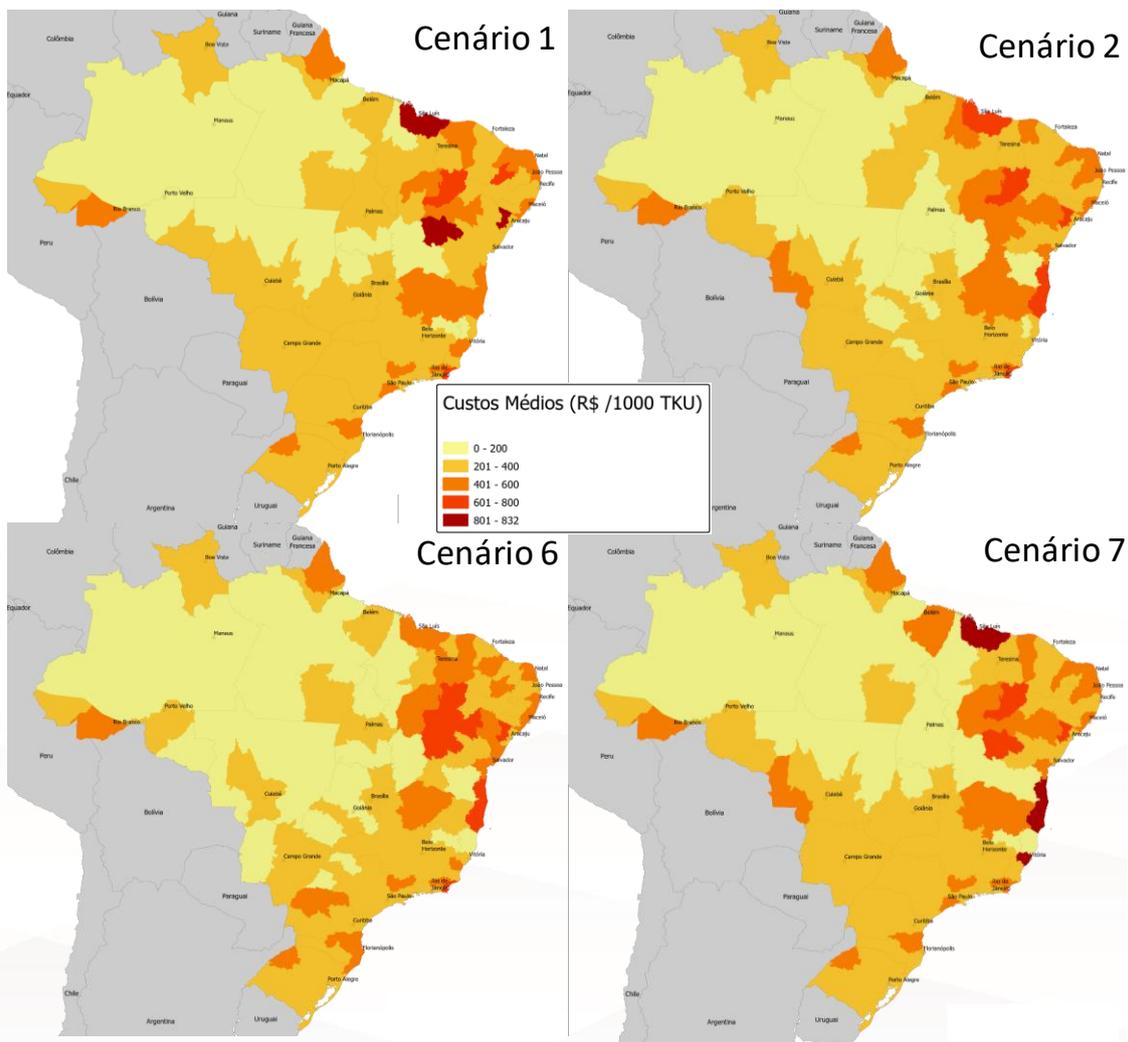


Figura 6: Custo médio de transporte de cargas para os Cenários 1, 2, 6 e 7, em R\$/1000TKU, por Região Geográfica Intermediária. Fonte: EPL, 2021.

2.2.3.4.1. Comparação dos resultados dos indicadores desagregados entre os cenários

A comparação dos resultados desagregados por unidade territorial ou infraestrutura entre os cenários simulados no plano permite identificar:

- Ações que são as prováveis responsáveis por efeitos positivos em um indicador desagregado, quando observada evolução desse indicador nos cenários e na região onde a ação foi simulada. Essas, se configuram como oportunidades específicas que devem compor o rol de recomendações do plano.
- **Necessidades específicas, quando observada uma região ou infraestrutura que não apresentou efeitos positivos ao longo dos cenários, ou quando o valor dessa unidade está abaixo do benchmark estabelecido (que nesse caso, pode-se tomar como referência os valores das demais regiões do sistema planejado dentre os cenários simulados).**

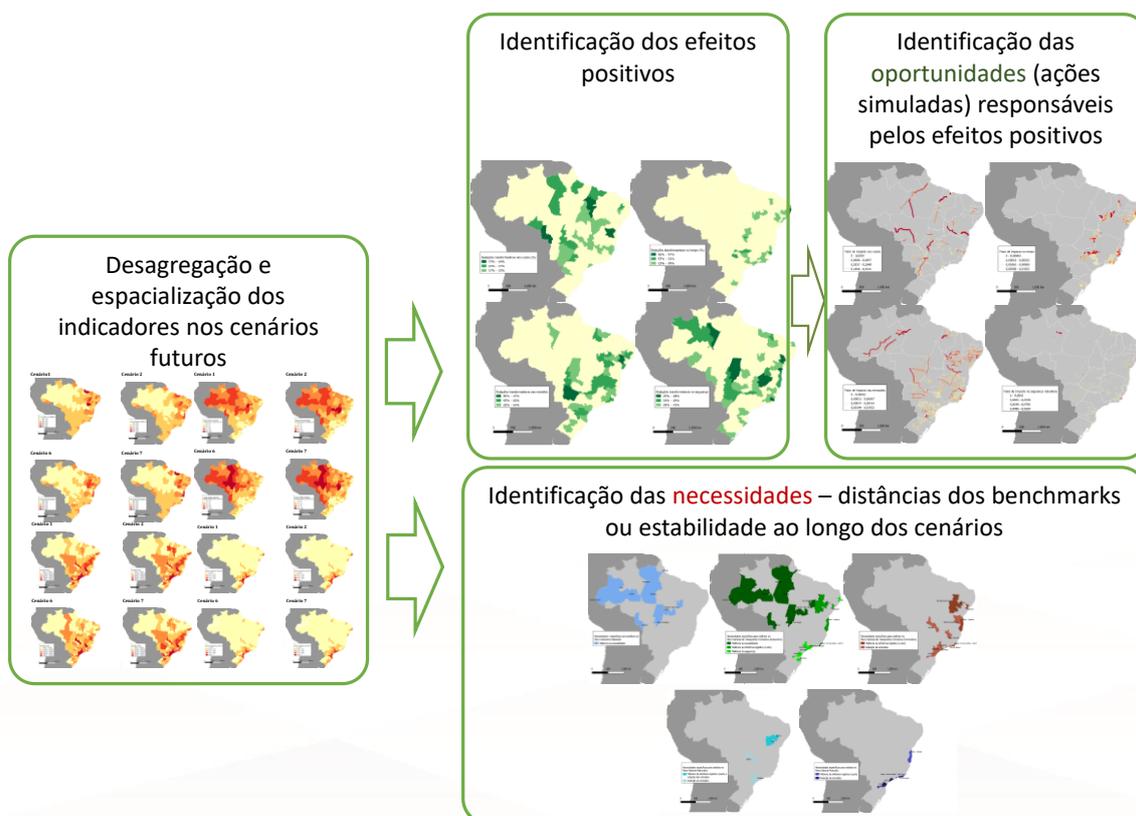
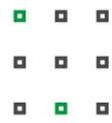
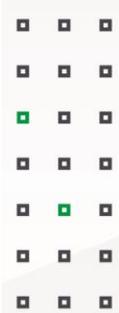


Figura 7: Exemplo de etapas para identificação de oportunidades e necessidades específicas.

Fonte: EPL, 2021, adaptado.

A função do planejamento de um sistema de transportes em nível estratégico não é estabelecer um único cenário de desenvolvimento, pois geralmente, um sistema possui diferentes atores, expectativas e estímulos, que não dependem exclusivamente do planejador. O planejador deve ser compreendido como mais um ator que faz parte do sistema planejado, e por mais que busque agregar as expectativas dos demais atores, ainda assim, sempre possui uma visão limitada de todos os fatos e mecanismos intervenientes (Magalhães e Yamashita, 2009). Logo, como não é necessário selecionar um cenário único para atuação e implementação, não se recomenda a agregação de indicadores e a análise “*rankeada*” de cenários nesse nível de planejamento. Todos os cenários devem ser analisados dentro de um espectro de probabilidade de ocorrência, riscos envolvidos, custos e benefícios.

Por fim, deve-se ter em mente que o planejamento, como processo contínuo de apoio à tomada de decisão, se materializa quando desenvolvido nos diferentes níveis. Nesse sentido, as análises de impacto do plano estratégico de um sistema de transportes devem subsidiar a continuidade do planejamento em nível tático, que por sua vez, possui funções específicas.



3. Avaliação de impacto no planejamento de sistemas de transporte em nível tático

No nível tático, avalia-se quais ações (obras, empreendimentos, programas, iniciativas regulatórias, de fomento, incentivo etc.) são necessárias para alcançar aqueles objetivos e são indicadas as ações prioritárias. O objeto de análise do plano em nível tático pode ser o mesmo do estratégico, ou pode-se desenvolver planos por subsistema (partes do sistema de transporte maior, por exemplo, por modo de transporte, por recorte geográfico, por corredor econômico, por corredor logístico, por recorte funcional etc). Nesse nível de planejamento, são escolhidas, classificadas e/ou priorizadas as ações³, considerando tanto as correntes e contínuas, como as novas ações necessárias para o alcance dos objetivos estabelecidos.

Assim como no planejamento em nível estratégico, a definição dos objetivos deve ser aderente aos elementos de representação de um sistema ou subsistema de transporte. Porém, como há a necessidade de se classificar ações de acordo com seus impactos, a análise de impacto deixa de ser realizada para os cenários, e passa a ser realizada de forma a permitir a mensuração de efeitos causados por cada ação (empreendimento ou iniciativa) no sistema e no ambiente socioeconômico inserido. Além disso, a classificação exige a agregação dos indicadores em uma medida única que permita a comparação entre ações de diferentes finalidades.

No nível tático de planejamento de um sistema de transportes ainda é necessário adotar uma metodologia de análise de impacto que seja abrangente. Isso ocorre, por 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. Por outro lado, a ACB é uma ferramenta recomendada para a seleção de alternativas para atendimento de um mesmo problema – uma mesma finalidade:

“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”. Assim, para análise de um grande número de projetos de pequeno porte, tende a ser mais útil a utilização de um método de análise simplificada.

³ As ações devem ser priorizadas quando couber, levando em consideração a alocação de ações à um responsável. O plano tende a resultar em ações cujas responsabilidades de execução são de diferentes atores. Para cada ator, cabe internamente uma priorização.



- 3) O planejamento de transportes em nível tático também 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, 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 (compilado de: Pickrell e Systematics, 2014; MTPA, 2018; Brasil, 1995; TAAFFE et al., 1996; TRB, 2018; Jones, H. et al., 2014).⁴

Não há necessidade de se estabelecer um método de análise de impactos específico 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 à investimentos de infraestruturas de transporte, atualmente disponibilizam também metodologias complementares para que o avaliador ofereça ainda mais subsídios para fundamentar a tomada de decisão relacionada aos novos projetos de investimentos. A *Federal Highway Administration* (FHWA, 2022), gestora federal das rodovias dos Estados Unidos, é um exemplo, que atualmente dispõe parâmetros e ferramentas para as agências estaduais 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.

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 ressalta que muitos 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 conseguem abordar uma variedade de preocupações de instituições e gestores, principalmente as menos tangíveis e que são de difícil 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)

Outro exemplo aplicado de AMC no planejamento de nível tático ocorreu no Plano Aeroviário Nacional 2018-2038 (MTPA, 2018). Apesar daquele instrumento de planejamento ter sido desenvolvido antes da instituição do Planejamento Integrado de Transportes – PIT (MINFRA, 2020), ele adotou a mesma metodologia que os planos setoriais do PIT, bases teóricas e nível de

⁴ Algumas técnicas de mensuração ou referências externas desses efeitos serão discutidos no capítulo sobre a ACB.

integração com os demais modos de transporte. No documento, foram estabelecidos objetivos conforme a política vigente, e para cada objetivo foram desenvolvidos indicadores para aferição dos impactos sociais e econômicos. A agregação dos indicadores em uma medida única para propiciar a priorização de ações nos aeroportos brasileiros ocorreu por meio da aplicação de uma AMC. A versão mais recente da metodologia de avaliação do Plano Aeroviário Nacional (MINFRA, 2022), no entanto, avança também na aplicação de uma ACB para se avaliar o resultado líquido de diversos impactos dos cenários avaliados. Dentre esses impactos são avaliadas as variações no valor CAPEX, OPEX, custo do ruído aeroportuário, custo do transporte, custo do tempo de deslocamento, custo das emissões de gases de efeito estufa, custo da segurança, dentre outros possíveis efeitos.

Em linhas gerais, as análises multicritério combinam medidas, que podem ser de diferentes dimensões, em um único indicador agregado (Figura 8). Durante o processo de desenho da AMC, deve-se conhecer de forma conceitual a relação entre os elementos de representação e medidas, e isso exige a definição dos conceitos de cada elemento, preferencialmente em uma rede semântica de representação.

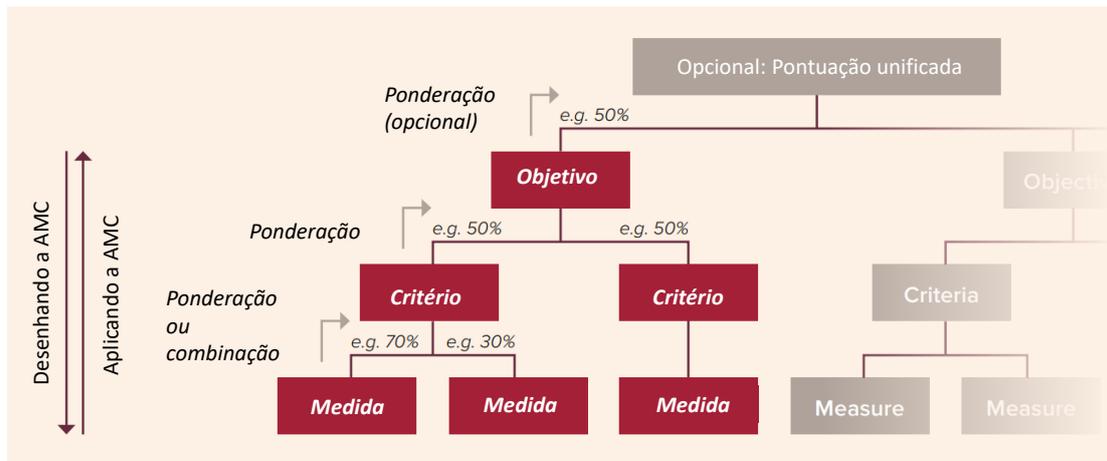


Figura 8: Estrutura de desenho e aplicação de uma Análise Multicritério - AMC. Fonte: *Infrastructure Australia* (d), 2021, tradução livre.

Existem, ainda, diferentes técnicas que podem ser combinadas na aplicação da AMC para proporcionar a agregação de resultados das medidas, como a Análise Envoltória 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:

$$V_i = \sum_{j=1}^{j=n} w_j r_{ij}$$

Equação 1. Fonte: Kockelman et al., 2013

Onde:

w_j – 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.

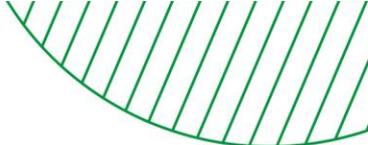
As principais características do IPF são:

- Incorpora os objetivos políticos e considerações sobre sustentabilidade social e ambiental;
- Forma intuitiva de analisar os resultados finais no plano cartesiano;
- Permite ampla interação dos agentes no processo de definição de critérios e avaliação do resultado final;
- 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 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 Ministério da Infraestrutura e a Empresa de Planejamento e Logística S.A. também desenvolveram e aplicaram uma proposta de classificação de ações baseadas no conceito do IPF (*Infrastructure Prioritization Framework*), e utilizando-se da AMC para avaliar e organizar empreendimentos, obras e iniciativas no âmbito dos Planos Setoriais de Transporte.

Os Planos Setoriais de Transporte são instrumentos de planejamento previstos no Planejamento Integrado de Transportes – PIT (MINFRA, 2020), de níveis tático, e divididos por setores de transporte (Terrestre, Portuário, Hidroviário e Aéreo). O procedimento de aplicação é esboçado como referência nas seções abaixo, que servem como guia para planejamentos similares.

3.1. 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 do Planejamento Integrado de Transportes atual, adiciona-se uma vertente *estratégica* que avalia a aderência do empreendimento às políticas públicas vigentes, ao Plano Nacional de Logística – PNL 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 de benefícios generalizados (IBG)*.

Desta forma, o IC é composto por três índices: *Índice Econômico-Financeiro (IEF)*, *Índice de Benefícios Generalizados (IBG)* e o *Índice Estratégico (IEST)*.

Assim como na abordagem IPF, nesta abordagem o IEF reflete a pré-viabilidade financeira⁵ e o valor econômico da Ação (empreendimento/iniciativa), podendo considerar as externalidades, efeitos econômicos indiretos e de rede do sistema de transportes nacional.

O IBG, 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.

Por fim, o IEST 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 (oportunidades e necessidades) estabelecidas no ciclo corrente de planejamento, além do risco de não-execução.

Vale ressaltar que a seleção de variáveis que irão compor os três índices pode variar de um ciclo de planejamento para outro, a depender dos objetivos definidos no plano (vide Figura 1).

3.2. Estabelecendo a relação entre os elementos medidos – A rede semântica do sistema de transportes

Conforme supramencionado, o IBG é 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 manual, 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, recomenda-se a construção de uma rede semântica que pode auxiliar a visualização dos resultados, propriedades, mas também auxiliam delimitar os componentes, o ambiente em que o sistema de transporte se insere, e os mecanismos que afetam o sistema.

⁵ Destaca-se que o objetivo do IEF não é fazer uma indicação definitiva da viabilidade econômico-financeira do projeto, pois se trata de uma análise ainda em nível tático, onde nem todas as informações a respeito do projeto estarão disponíveis para que a conclusão sobre essa viabilidade seja mais precisa.



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.

A vantagem de se trabalhar com esse tipo de representação é que ela permite, por meio de uma representação natural, ilustrar as relações entre os objetos de modo mais claro, além de oferecer uma visão global do problema a ser representado. Contudo, sua principal desvantagem é que o número de nós pode ser muito grande.

A notação adotada para a modelagem conceitual do Sistema de Transporte busca agrupar todos os elementos componentes e descritivos do sistema analisado em cinco grandes grupos: Componentes; Ambiente; Propriedades; Resultados e Mecanismos.

Enquanto os resultados e propriedades auxiliam o planejamento na estruturação dos indicadores e na aplicação da priorização de ações; os componentes e o ambiente podem ser úteis para estruturação, organização e tratamento de bases de dados; e os mecanismos, para organizar as ações que afetam os componentes ou ambiente do sistema.

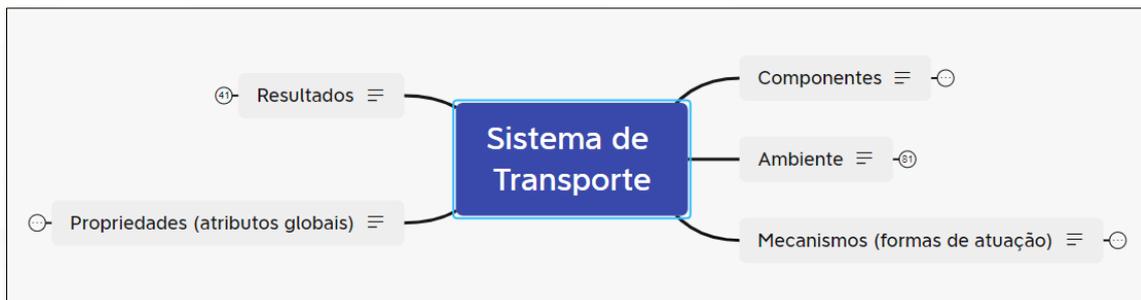
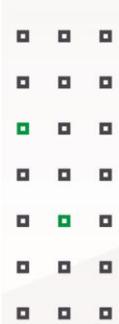


Figura 9: Rede Semântica de um Sistema de Transportes - resumida.

As definições dos cinco grupos são dadas abaixo.

- **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.

Para os propósitos dessa metodologia, focada na análise de impactos e benefícios, cabe demonstrar apenas elementos que estão dispostos nos resultados e nas propriedades da rede, conforme destacam a Figura 10 e a Figura 11, pois são os efeitos que se buscam medir por meio do Índice de Benefícios Generalizados - IBG. O detalhamento de Componentes e ambiente auxiliam a identificação e modelagem das bases de dados cadastrais, enquanto os mecanismos, auxiliam a consolidação de planos de ações, de acordo com as formas de atuação existentes e potenciais no sistema.

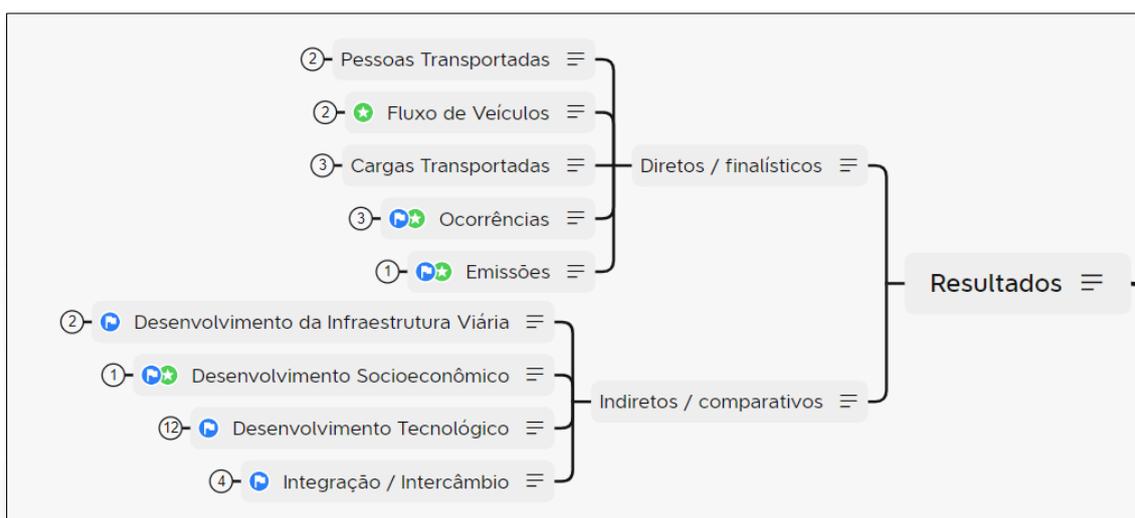


Figura 10: Resultados da Rede Semântica do Sistema de Transportes.

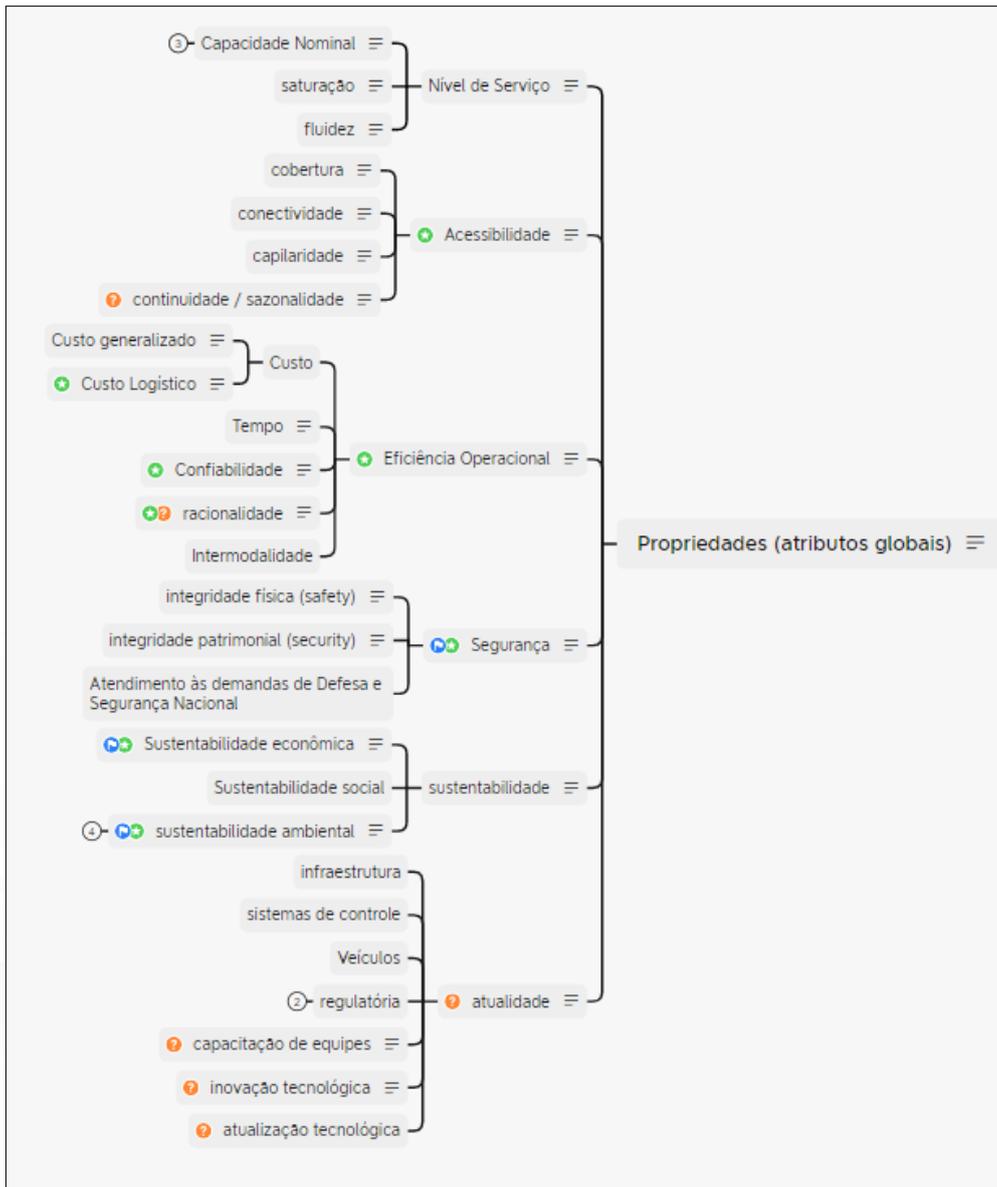
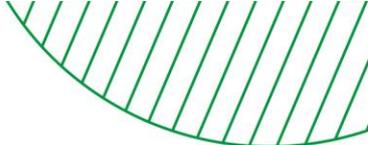


Figura 11: Propriedades da Rede Semântica do Sistema de Transportes.

Destaque-se que não existe uma estrutura semântica correta ou definitiva, pois depende muito do problema a ser tratado e da perspectiva do analista sobre o sistema em análise. Contudo, no caso exemplificativo, os termos e relações estabelecidas se baseiam em manuais técnicos e literatura especializada, sendo ajustadas para ganhar um contexto que pode ser utilizado em qualquer setor, subsistema ou modo de transporte específico.

As métricas de cada indicador, naturalmente, dependem dos dados disponíveis e da disponibilidade de ferramentas de cálculo, tanto para um diagnóstico como para prognóstico (lembrando que, o processo de planejamento deve estar aderente às etapas de simulação de cenários atual e futuros realizadas no nível estratégico, como exposto no capítulo 2 deste manual). 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. 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).

Para o caso exemplificativo em tela, pesquisas bibliográficas e o devido tratamento de compatibilização na rede semântica resultou nas seguintes definições para as propriedades e resultados indiretos, que são os elementos componentes do IBG. Os resultados diretos, apesar de serem compreendidos como efeitos naturais resultantes do ato de transporte, não são considerados no cálculo pelo fato de todos eles serem a base para estimar os impactos indiretos, e aferir os efeitos nas propriedades. Assim sendo, a não consideração dessa parcela no IBG evita a multicolinearidade na equação e redundância nas avaliações.

Componentes do IBG (Índice de Benefício Generalizado):

- Indicadores de PROPRIEDADES (buscam avaliar e mensurar o estado de um determinado aspecto técnico do sistema como um todo)
 - **Nível de Serviço:** 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.
 - **Segurança:** Capacidade de produção dos resultados isenta de ocorrências para usuários e terceiros.
 - **Sustentabilidade:** Busca pelo equilíbrio entre a disponibilidade dos recursos e a necessidade de utilização ou exploração deles.
 - **Atualidade:** Nível de avanço tecnológico do sistema de transporte, nos seus diferentes componentes (infraestrutura, veículos e serviços), considerando uma referência desejada (benchmark).
- Indicadores de 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
- **Integração / Intercâmbio:** Existência de canais (infraestrutura e serviços) para intercâmbio facilitado de pessoas e mercadorias entre duas regiões.

3.3. Construção técnica do Índice de Classificação de ações

3.3.1. Componentes do IC

Conforme mencionado, o IC é composto pelos índices: Índice Econômico-Financeiro (IEF), Índice de Benefícios Generalizados (IBG) e o Índice Estratégico (IEST).

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 (2) define o IC como um modelo de adição ponderada simples (SAW) das três vertentes de indicadores ponderados pelos pesos λ_1 , λ_2 e λ_3 .

$$IC = \lambda_1 IEF + \lambda_2 IBG + \lambda_3 IEST$$

Equação 2

A próxima seção define os componentes de cada índice do IC de forma mais detalhada. O mesmo procedimento de transformação e padronização dos dados é realizado para cada componente.

3.3.2. Componentes do IEF

O IEF (Indicador Econômico-Financeiro) reflete a pré-viabilidade financeira direta da Ação (empreendimento/iniciativa). Indica principalmente a possibilidade de interesse de parceria privada na execução da Ação.

A Equação (3) define o IEF como um modelo aditivo das três vertentes de indicadores ponderados pelos pesos $\delta_1, \dots, \delta_k$

$$IEF = \delta_1 TIR + \dots + \delta_k X_k$$

Equação 3

Para o ciclo de planejamento exemplificado, apenas a variável *Taxa Interna de Retorno (TIR)* foi considerada na vertente IEF. Portanto, os pesos $\delta_2, \dots, \delta_k$ 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)*, uma abordagem de transformação amplamente aceita. 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 (4) 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 4

Em que x é o valor a ser padronizado, μ é a média amostral e σ é o desvio padrão da variável j para a ação i .

O IEF é reescalonado para gerar pontuações entre 0 e 100 para cada ação, por meio do seguinte procedimento:

$$Z_i(\text{escalonado}) = \frac{Z_i - Z_{min}}{Z_{max} - Z_{min}} \times 100$$

Equação 5

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 deverá ser realizado para os demais indicadores abaixo.

3.3.3. Componentes do IBG

Conforme supracitado, o IBG é formado tanto pelos resultados indiretos quanto pelas propriedades (atributos globais) da rede semântica dos planos setoriais.

Dessa forma, a Equação (5) descreve a métrica do componente IBG, com seus indicadores e respectivos pesos, $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_{10}$

$$\begin{aligned} \text{IBG} = & \beta_1 \text{Desenvolvimento Socioeconômico} + \beta_2 \text{Integração} \\ & + \beta_3 \text{Desenvolvimento tecnológico} \\ & + \beta_4 \text{Desenvolvimento da Infraestrutura viária} \\ & + \beta_5 \text{Capacidade} + \beta_6 \text{Acessibilidade} \\ & + \beta_7 \text{Eficiência Operacional} + \beta_8 \text{Segurança} \\ & + \beta_9 \text{Sustentabilidade} + \beta_{10} \text{Atualidade} \end{aligned}$$

Equação 6

A métrica de cada indicador que compõe o IBG deve ser desenvolvida buscando a captação do impacto de ações (empreendimentos, obras ou iniciativas) nos resultados e propriedades, que por sua vez, devem possuir relação com os objetivos do plano. Os resultados ou propriedades que não fazem parte dos objetivos do plano devem ter seus pesos estabelecidos em zero.

A vinculação do impacto de um empreendimento, obra ou iniciativa específicas aos resultados dos indicadores pode ser feita de três alternativas diferentes:



1. Simulação de cada empreendimento, obra ou iniciativa em cenários separados – Essa alternativa objetiva captar os efeitos funcionais e operacionais exclusivos de cada ação analisada na rede de transportes, por meio da avaliação dos indicadores gerais do cenário em relação ao cenário base de referência. A alternativa permite maior precisão na prospecção dos efeitos, mas pode representar um desafio ao planejador quando o plano dispuser de elevado número de ações a serem avaliadas. Para essa alternativa, pode-se utilizar as métricas de cálculo gerais para todo o sistema de transporte, similares às utilizadas em uma avaliação de nível estratégico e dispostas no Apêndice I deste manual.
2. Simulação de cenários com várias ações simuladas ao mesmo tempo e identificação de rotas e corredores de transporte – Por meio da identificação de rotas e corredores de transporte, e do cálculo de indicadores para essa agregação, é possível avaliar e isolar os prováveis impactos causados pelas ações. Essa alternativa ainda permite uma acurácia razoável na aferição de impactos de uma ação, mas demanda elevado custo computacional em redes de transporte muito complexas, pela necessidade de, para cada ação testada (um empreendimento ou obra, por exemplo), ser necessário identificar as principais rotas que utilizam a infraestrutura, e buscar os valores dos indicadores dessas rotas no cenário base de referência para comparação.
3. Simulação de cenários com várias ações simuladas ao mesmo tempo e agregação de impactos em uma sub-região. Essa alternativa parte do princípio de que os impactos de um empreendimento ou obra em infraestruturas de transporte são mais intensos nas áreas próximas a elas. Logo, agregando os indicadores em unidades geográficas menores, é possível associar os impactos observados às infraestruturas instaladas nessas sub-regiões. Essa alternativa pode representar um risco para redes amplas, visto que nem sempre os benefícios gerados são mais intensos nas regiões próximas (para uma ferrovia de grande extensão, por exemplo, a maior parte dos benefícios esperados pode estar nas origens ou destinos das cargas, distante de onde a ferrovia passa). Apesar da redução da acurácia dos resultados, a alternativa é válida para redes com elevado número de ações simuladas, à exemplo da metodologia comentada na Seção 2.2.3.4 deste Manual.

3.3.4. Componentes do IEST

O IEST incorpora a aderência das ações às prioridades estabelecidas naquele ciclo de planejamento, bem como pode ser incorporado riscos de não-execução (reduzindo o valor do indicador). O indicador busca representar a alocação em carteiras estratégicas e a aderência das ações às políticas governamentais e o status das ações, que tem por objetivo inserir o grau de maturidade das ações na análise de priorização.

São exemplos da inserção estratégica, as ações que foram identificadas como principais oportunidades específicas no âmbito do planejamento em nível estratégico, conforme descrito no exemplo da seção 2.2.3.4.1 deste manual, assim como carteiras de projetos formais publicadas pelas instâncias superiores de gestão. São exemplos de ações que merecem a pontuação de status as obras que constam no rol de ações em execução durante a elaboração do plano.

Os indicadores do IEST também podem ser adotados como variáveis *dummy* na equação geral do IC, de modo que as ações avaliadas que receberão pontuação por constarem nas relações de inserção estratégica ou com status “em andamento”, por exemplo, recebem integralmente o valor do peso para a composição geral.

Dessa forma, a fórmula abaixo descreve a equação do componente IBG, com seus indicadores e respectivos pesos, θ_1 e θ_2 .

$$IEST = \theta_1 \text{Inserção Estratégica} + \theta_2 \text{Status} - \theta_3 \text{Risco}$$

Equação 7

3.4. Calibração dos Pesos

A calibração dos pesos é crucial para que a priorização seja feita de forma adequada e não viesada. Portanto, a escolha do método deve ser feita de forma transparente e que envolva os *stakeholders* mais relevantes ao 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).

Pode-se citar como exemplo para o estabelecimento dos pesos os métodos de auxílio a tomadas de decisões, como o processo hierárquico analítico, também conhecido como AHP (*Analytic Hierarchy Process*); ou os métodos baseados na teoria da demanda do consumidor, como os de preferência declarada. As técnicas de preferência declarada apresentam características especiais como a minimização de multicolinearidade entre os atributos e a possibilidade de incorporar na análise os atributos que não são facilmente quantificados (Jones, 1991).

3.5. Comparando ações

A construção dos indicadores compostos IEF, IBG e IEST permite a classificação ações dentro de um setor, de acordo com o desempenho relativo projetado em cada dimensão. Para ilustrar a classificação das ações, foram selecionadas 5 ações (A_1, ..., A_5) referentes a empreendimentos de infraestrutura do Brasil. Ao aplicar a metodologia explicitada acima, chega-se ao ranking de classificação disponibilizado na Tabela 1.

Tabela 1: Ranking de Classificação das Ações

AÇÕES	IEF	IBG	IEST	IPA Reescalonado	Priorização
A_1	100	44	100	81	1º
A_3	71	85	42	65	2º
A_5	8	100	77	61	3º
A_4	74	22	53	49	4º
A_2	93	2	37	44	5º
λ	33%	33%	33%	-	-

Verifica-se que a ação A_1 possui uma pontuação alta no índice IEF e IEST, o que faz com que ela seja uma ação de alto impacto, frente as demais ações que se apresentam. A ação A_2, não obstante apresentar uma alta pontuação no IEF, ela pouco impacta nos resultados e propriedades da rede de transportes, representada pelo indicador IBG, o que faz com ela seja



considerada como de baixo impacto. Contudo, a ação A_5 apesar de impactar positivamente a rede de transportes e ser considerada uma ação estratégica, possui pouco apelo financeiro, o que sugere que seja uma ação puramente pública.

3.6. Análise de alocação de carteira no plano cartesiano

A análise das ações no plano cartesiano permite uma visão mais intuitiva da classificação de impactos e das alocações das ações no que seria sugerido para concessões, para parcerias público-privadas (ou outro tipo de parceria com o setor privado) e o que serão ações puramente públicas. Cabe ressaltar que ações que geram investimentos e infraestruturas puramente privadas, como terminais de uso privado, por exemplo, também devem ser consideradas no plano para que haja a compreensão sistêmica, e devem ter seus impactos e efeitos mensurados. Essas ações podem ser também classificadas em termos do impacto gerado, mas podem ser subtraídas da etapa de priorização, conforme a finalidade do plano, pois a priorização deve ser feita dentro do escopo de ações de cada ator responsável.

Por se tratar de um modelo com três indicadores, as ações são plotadas em um gráfico de dispersão tridimensional, em que a terceira dimensão é visualizada por intermédio da escala de bolhas, na qual, quanto maior o raio da bolha, maior será o valor associado à dimensão. Desta maneira, a primeira dimensão (horizontal) é definida pela pontuação do IBG, a segunda dimensão (vertical) pela pontuação do IEF e a terceira dimensão, designada pelo tamanho da bolha, é definida pela pontuação do IEST.

Nas Figura 12 e Figura 13, cada bolha representa uma proposta de ações de infraestrutura, dentro de apenas um setor.



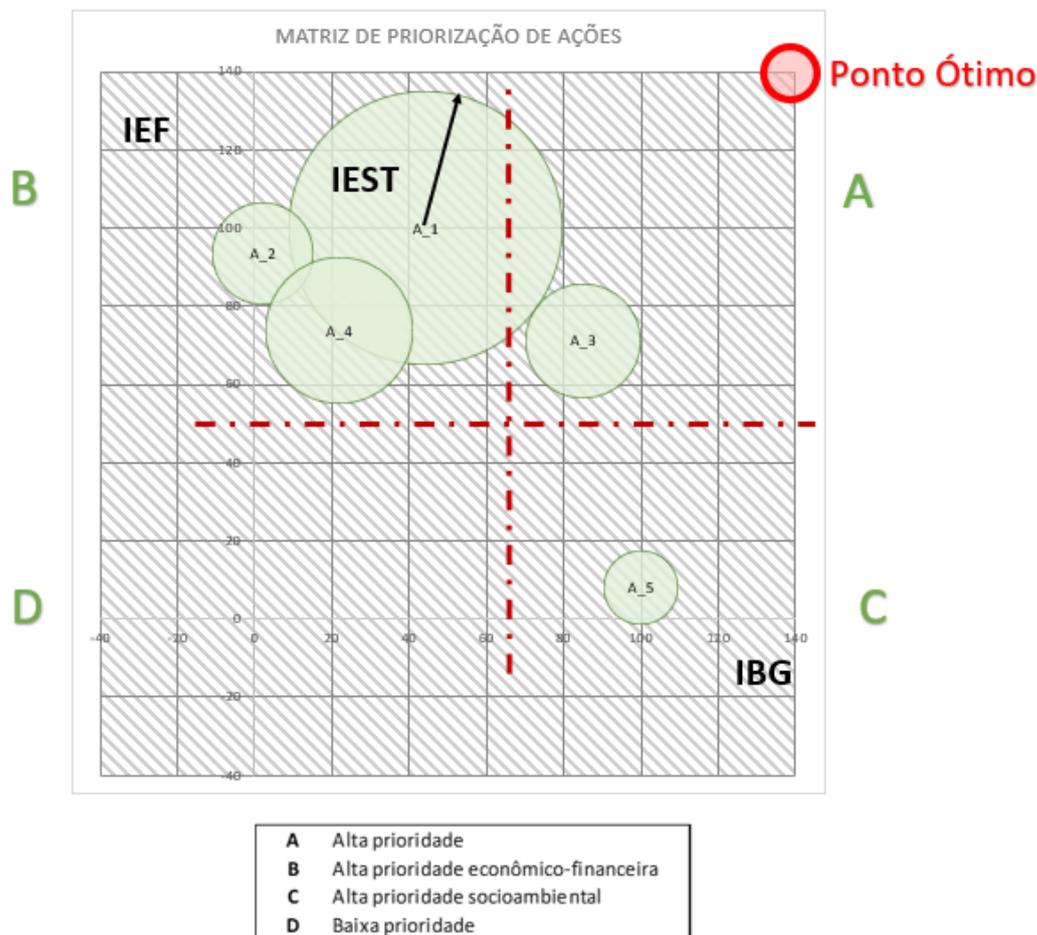


Figura 12: Análise gráfica da priorização das ações.

As linhas diagonais em cinza remetem a ideia de curvas de indiferença. A bolha que tocar na linha diagonal mais próxima do ponto de ótimo é a ação de maior prioridade (mais desejável). Sendo assim, o quadrante A contém ações de infraestrutura de alta prioridade que simultaneamente pontuam alto no IEF e no IBG ou que o IEF seja alto e o IBG não tão alto, mas que seja auxiliado pelo tamanho do raio da bolha (IEST), como é o caso da ação A_1. Esses projetos seriam recomendados para implementação por meio de Concessão pura ou Parcerias junto à iniciativa privada, mas com coparticipação pública, a depender da sua distância para o limiar entre os planos AB / CD (Figura 13).

Por outro lado, os projetos que se enquadram no quadrante D podem ser classificados como de baixa prioridade, uma vez que obtêm pontuação relativamente baixa no IEF e IBG.

As ações nos quadrantes B e C pontuam relativamente alto no IEF ou no IBG, mas não em ambos. O quadrante B representa as ações de alta prioridade econômico-financeira e podem ser viabilizadas tanto por concessões puras quanto por parcerias com participação pública e privada. Por outro lado, o quadrante C representa as ações de alta prioridade no que diz respeito aos benefícios da rede de transportes como um todo, mas por não ter um apelo econômico muito forte, devendo ser viabilizadas por intermédio de financiamento eminentemente público, a depender das diretrizes políticas.



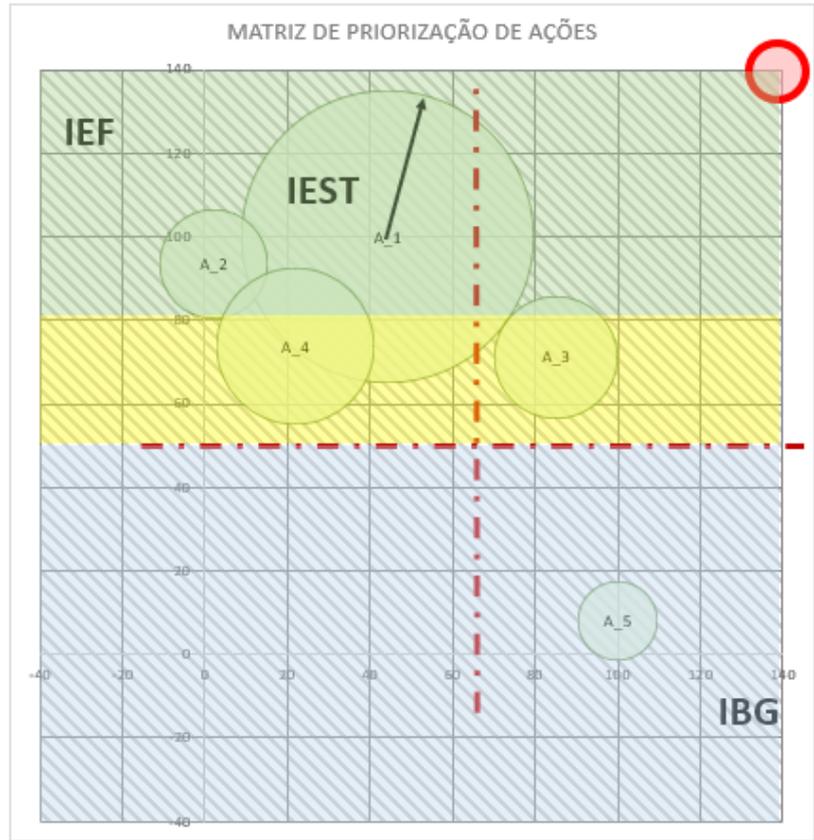
Concessões

B

Parcerias

Ações públicas

D



Ponto Ótimo

A

C

- A Alta prioridade
- B Alta prioridade econômico-financeira
- C Alta prioridade socioambiental
- D Baixa prioridade

Figura 13: Análise gráfica da priorização das ações.

Os limites que definem as zonas das ações que são destinadas para concessão, parcerias ou ações públicas (Figura 13) podem ser revistos a cada ciclo de planejamento, conforme contexto econômico e disponibilidade orçamentária. A média da disponibilidade orçamentária anual de cada carteira, assim como as perspectivas e tendências de crescimento, podem ser utilizadas como bases para a definição desses limites.



4. Avaliação de impacto no planejamento de infraestruturas de transporte em nível operacional –Análise Socioeconômica de Custo-Benefício

Em um processo contínuo de gestão de um sistema de transportes, o processo de planejamento auxilia a tomada de decisão em diferentes níveis. Como já exposto, para planos de caráter estratégico ou táticos, onde o foco de análise são amplos sistemas e os níveis de detalhe das informações sobre as ações são consideravelmente diferentes, as avaliações de impacto devem ser realizadas com as ferramentas adequadas recomendadas nos capítulos anteriores, como aponta a prática de planejamento também de outros países. A partir do momento em que a decisão de execução de uma determinada ação é tomada naqueles níveis, ou que se identifica um problema específico que carece de proposição de uma solução, inicia-se um novo nível de planejamento, operacional, com o objetivo de se estudar a melhor alternativa de projeto e programar sua implementação.

Para a avaliação de impactos nesse nível de planejamento, é necessário que as soluções estejam bem desenvolvidas em termos de projeto, como os traçados de vias, componentes, OAEs, materiais e recursos econômicos. Em outras palavras, o projeto deve ser “estruturado” em detalhe suficiente para que seja comparado às alternativas de projeto, incluindo a alternativa nula (não fazer nada).

Como a decisão de efetivar uma solução já foi tomada em nível anterior, o objeto de avaliação deixa de ser o sistema ou um subsistema de transporte, e passa a ser uma infraestrutura específica. Logo, o processo de planejamento em nível operacional deve, no mínimo, contemplar as etapas da Figura 14 a seguir.

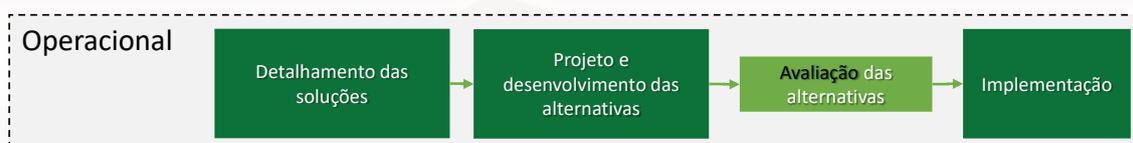


Figura 14: Etapas mínimas de planejamento de infraestruturas ou corredores de transporte em nível operacional.

O método amplamente utilizado para a avaliação, e conseqüente escolha da melhor alternativa para a resolução de um problema de transportes é a Análise de Custo-Benefício, detalhada nas seções seguintes.

4.1. Introdução à Análise Socioeconômica de Custo-Benefício

As decisões de investimento do setor público em grandes projetos de infraestrutura tendem a ser mais racionais a partir de uma análise formal de viabilidade socioeconômica. A Análise Socioeconômica de Custo-Benefício consiste em avaliar, de uma perspectiva *ex ante*, a contribuição líquida de um projeto de investimento para o bem-estar da sociedade, permitindo computar o seu retorno socioeconômico. O método se baseia na projeção de custos e benefícios da intervenção proposta ao longo do seu ciclo de vida, comparativamente ao cenário sem o



investimento, por meio da conversão de seus efeitos para uma métrica comum, o valor monetário, possibilitando o cálculo do benefício líquido para a sociedade em valor presente.

A Análise de Custo-Benefício – ACB, conforme aqui apresentada, baseia-se no Guia Geral de Análise Socioeconômica de Custo-Benefício de Projetos de Investimento em Infraestrutura (Guia ACB), instrumento oficial destinado à avaliação de projetos de infraestrutura de grande porte, sendo recomendada sua leitura ([link](#)), de forma a facilitar a compreensão deste capítulo.⁶

A abordagem da ACB aqui aplicada ao setor de transportes, de forma consistente com a prática internacional, consiste em transitar de informações tipicamente encontradas em estudos de viabilidade ou de pré-viabilidade, inclusive estudos de viabilidade técnica, econômica, financeira e ambiental (EVTEA), tais como projeções de custos e de demanda, para valores sociais, permitindo a realização da análise socioeconômica no sentido do saldo líquido de bem-estar proporcionado pelo projeto.

4.2. Fundamentos para a intervenção

Os fundamentos para a intervenção se relacionam com o próprio processo de planejamento dos transportes e com as funções e objetivos gerais e específicos que a infraestrutura deve desempenhar. Nesta etapa, devem ser identificados o contexto e o diagnóstico dos problemas que justificam a intervenção, os objetivos da intervenção, a definição e identificação dos cenários base e alternativos e finalmente a identificação da proposta

4.2.1. Definição dos objetivos da intervenção

Os objetivos do projeto devem ser claramente definidos e apresentados, seguindo a lógica *SMART*: específicos, mensuráveis, atingíveis, relevantes e definidos no tempo. Tais objetivos devem estar alinhados ao próprio planejamento de transporte e geralmente estão relacionados a melhorias nas condições de viagem de mercadorias e passageiros, podendo incluir medidas como:

- Reduções de congestionamentos ligados a limitações de capacidade;
- Melhora da performance da rede através do aumento da velocidade de viagens e da redução de custos operacionais e com acidentes;
- Aumento da confiança e segurança da rede;
- Adequações para atendimento a novos padrões e normas de infraestruturas de transportes; e
- Melhorias de acessibilidade.

⁶ A análise socioeconômica é prevista no Art. 4º, II do Decreto 10.526/2020, que instituiu o Comitê Interministerial de Planejamento da Infraestrutura (Cipi-Infra) e o Plano Integrado de Longo Prazo da Infraestrutura (Pilpi) no âmbito do Governo federal. O Guia ACB, instituído pela Portaria SEPEC/ME/IPEA nº 188, de 13 de janeiro de 2022, corresponde à metodologia prevista no art. 4º, I-b do regimento interno do Cipi-Infra (Resolução nº 1, de 3 de dezembro de 2020 do Cipi-Infra - [link](#)). O Guia ACB, assim como o do Modelo de Cinco Dimensões (M5D), foi ainda aprovado e recomendado como boa prática pelo Comitê Interministerial de Governança (ata da 18ª reunião ordinária - [link](#)) e também referenciado e recomendado pelo Tribunal de Contas da União(TCU) em diversas ocasiões (a exemplo do Relatório Fiscobras 2021 - [link](#) - e Acórdão 1472/2022 TCU-Plenário - [link](#)).

A definição dos objetivos deve priorizar a solução dos problemas identificados, sem se vincular a um tipo de solução ou a um projeto específico, de modo a permitir a comparação entre alternativas. Devem ser evitados erros comuns como:

- Estabelecimento de objetivos que não atendem às prioridades do planejamento setorial;
- Definição de objetivos genéricos e qualitativos;
- Definição de objetivos atrelados a um tipo de solução ou projeto específico, prejudicando a análise de alternativas.

4.2.2. Definição do cenários base

O cenário base (ou contrafactual), é definido como aquele **mais provável na ausência da intervenção**. Para esse cenário, são feitas as projeções dos fluxos de caixa relacionados a operações na área do projeto durante sua vida útil. Nos casos em que o projeto consiste em um ativo completamente novo (*greenfield*), o cenário sem o projeto caracteriza-se pela ausência da operação. Para investimentos em melhoria e ampliação de infraestruturas preexistentes, o cenário base deve incluir custos e benefícios para operar e manter o serviço em seu nível habitual (BAU)⁷, ou considerando pequenos investimentos necessárias à manutenção do nível de serviço ou em melhorias que já estavam programadas para ocorrer (fazer o mínimo). O cenário “nada a fazer” não é recomendável como cenário base por ser pouco realista, uma vez que sem investimentos ou manutenção a infraestrutura tende a se deteriorar, levando ao colapso e interrupção dos serviços. A escolha entre as opções de cenário base deve ser feita caso-a-caso, respeitando as evidências sobre a situação mais plausível. Se existir incerteza, o cenário BAU (i.e. apenas OPEX)⁸ deve ser escolhido como padrão. Se “fazer o mínimo” (i.e. OPEX mais CAPEX mínimo) for escolhido como contrafactual, este cenário deve ser tanto factível quanto crível.

4.2.3. Análise e definição de alternativas

Na análise de alternativas, devem ser comparados diferentes modos, rotas, tecnologias, modelos de operação etc., que atacam os problemas identificados e permitem alcançar os objetivos traçados. Deve-se conduzir adequadamente a análise de opções, tanto na elaboração e filtragem de uma lista longa de alternativas como na passagem para a lista curta, para demonstrar que as opções disponíveis foram submetidas a uma avaliação robusta e que os cenários selecionados para desenvolvimento da ACB são os melhores sob a perspectiva econômica. Os cenários alternativos (alternativas de projetos) só devem ser definidos após a avaliação de todas as alternativas estratégicas e etapas de filtragem e seleção, mediante as ferramentas e insumos disponíveis. Constituem exemplos de alternativas estratégicas:

- Rotas diferentes
- Modos alternativos

⁷Corresponde a um cenário que garanta: (i) funcionalidade básica dos ativos; (ii) provisão de serviços em nível similar de qualidade; (iii) reposições limitadas dos ativos, com risco de deterioração do nível de serviço se houver aumento de demanda; e (iv) recuperação mínima de custos para assegurar a sustentabilidade financeira das operações.

⁸ Embora o BAU desconsidere novos investimentos e aplicações de capacidade (Capex), é admissível o dispêndio em Capex de reposição de ativos deteriorados (Repex).



- Inclusão/supressão de transbordos
- Distribuição das obras ao longo do horizonte temporal do projeto
- Decisão se haverá cobrança de tarifa do usuário
- Tecnologias diferentes
- Métodos de contratação (concessão tradicional, PPP, obra pública)

O principal risco na análise de alternativas é negligenciar opções relevantes, que porventura tenham menores custos, maiores benefícios ou menores riscos do que outras soluções mais óbvias. Um exemplo seria considerar o cenário de duplicação total de uma via para resolução de congestionamentos sazonais e não se avaliar a alternativa de realizar, por exemplo, uma operação diferenciada, como a utilização de uma faixa reversa nos períodos críticos (ex.: operação verão na *freeway*, BR-290/RS).

4.2.4. Definição e identificação da proposta

Deve ser feita a identificação clara e objetiva da proposta de investimento a ser analisada em uma **unidade autossuficiente de análise**. O conceito de unidade autossuficiente de análise refere-se ao projeto (ou cenário) que consegue funcionar de forma autônoma e autossuficiente, sem depender de outras intervenções complementares, de modo que seu escopo já contempla todas os componentes essenciais ao pleno funcionamento da infraestrutura. Por exemplo, se um novo porto necessita de uma via de acesso, a unidade autossuficiente de análise é o porto mais sua nova ligação, e não somente o porto.

Além disso, deve ser identificada a tipologia do investimento e a forma como se relaciona com o restante da rede. Dentre as tipologias mais comuns de investimentos destacam-se:

- Novas infraestruturas para atender ao crescimento da demanda;
- Ampliação de capacidade de infraestruturas existentes;
- Conclusão de eixos existentes;
- Intervenções para aumento da segurança de infraestruturas existentes;
- Intermodalidade;
- Melhoria na eficiência operacional; etc.

O principal objetivo da ACB Preliminar é reduzir as alternativas a uma lista curta para seu posterior aprofundamento por meio da ACB Completa.⁹ Caso o projeto não esteja mais em concepção, mas já esteja identificado e pré-definido por qualquer motivo, basta considerá-lo como uma das alternativas a serem confrontadas. Nesse caso, continua imprescindível sua comparação com outras alternativas para se atingirem os objetivos da análise.

Exemplo prático – definição do cenários base*

Um projeto (cenário alternativo) foi definido como a reabilitação e expansão da capacidade preexistente de uma rodovia. Envolve investimentos de R\$ 450 milhões, resultando benefícios crescentes a uma taxa de 5% ao ano. O cenário base deve ser escolhido entre o

⁹ A lista curta normalmente contempla de dois a três cenários alternativos, além do cenário base

“fazer o mínimo” e o “BAU”. O cenário “fazer o mínimo” consiste apenas na reabilitação da capacidade instalada da rodovia e envolve o investimento de R\$ 30 milhões, seguido de benefícios constantes no tempo. O cenário BAU, sem investimentos, restringe a capacidade que a infraestrutura consegue ofertar, ocasionando **queda** dos benefícios em 5% ao ano.

Conforme abaixo, os resultados da ACB mudam significativamente caso se adote um ou outro cenário como base. Pelo cenário comparativo em relação ao cenário “Fazer o Mínimo”, a TRE resulta em 3%. Contra o cenário BAU, a TRE aumenta para 6%. Portanto, qualquer escolha deve ser devidamente justificada pelo proponente do projeto com base em evidência clara sobre a situação mais factível que ocorreria na ausência do projeto.

	Cenários	R\$ milhões	VSPL (Ano 0)	Ano 1	Ano 2	Ano 10	Ano 21
1	Expansão da rodovia	Benefícios	1.058	45	47	70	119
		Investimento	-435	-450			
2	Fazer o mínimo	Benefícios	661	45	45	45	45
		Investimento	-29	-30			
3	BAU	Benefícios	442	45	43	28	16
		Investimento	0				
Comparativo							
(1-2)	Projeto menos o “Fazer o mínimo”	Fluxos líq.	-9	-420	2	25	74
		TRE	3%				
1-3	Projeto menos o “BAU”	Fluxos líq.	182	-450	4	42	103
		TRE	6%				

*Exemplo hipotético, apenas para ilustração da importância da escolha de cenários. A mecânica de montagem do cenário comparativo será apresentada mais adiante.

Fonte: adaptado do Guia Geral de Análise Socioeconômica de Custo-Benefício de Projetos de Investimento em Infraestrutura (Brasil, 2021).

4.3. Requisitos Informativos

Os dados para a realização de uma ACB preliminar podem resultar de macro ou mesossimulações, próprias das etapas estratégica e tática do planejamento, em conjunto com informações paramétricas sobre custos, benefícios e externalidades típicos e esperados para a intervenção proposta. Nessa fase, torna-se crucial a utilização do catálogo de parâmetros do setor de transportes, bem como de sistemas de registro de preços para fins de orçamento de obras de infraestrutura, como o Sistema de Custos Referenciais (SICRO), ou o Custo Médios Gerencial do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) ([link](#)), além de outras fontes.

Para a ACB completa (fase do planejamento operacional), as informações requeridas devem ser oriundas da estruturação do projeto e suas alternativas. Nessa fase, devem ser conduzidos estudos projeto-específicos, tais como os estudos ambientais (ex.: EIA-RIMA), estudos de demanda, estudos de engenharia e outros, podendo ser utilizados EVTEA, quando disponíveis. Para a avaliação do impacto de infraestruturas, a estruturação e detalhamento das alternativas pode demandar simulações e modelagens específicas de redes de transporte, em nível de microssimulação, diferenciando-se de simulações mais amplas, típicas do planejamento de transporte nos níveis estratégico ou tático. Em resumo, as principais fontes de dados utilizadas para a ACB podem ser divididas em 3 tipos:



- *Outputs* da modelagem de transporte (utilizadas para estimativa demanda, custos de transporte, custo do tempo, etc);
- Cálculos feitos fora da modelagem de transporte, mas que utilizam, como insumos, dados dessa atividade (ex. emissões de CO2, dados relacionados a ruídos, acidentes e demais externalidades)
- Dados referentes aos custos de construção e operação, que podem advir tanto de fontes externas de custos de engenharia (tais como estudos já realizados) como de parâmetros médios (valores fixos por quilômetro) estimados para a infraestrutura estudada.

4.3.1. Estudos de demanda

Os estudos de demanda a serem considerados variam conforme a abrangência da ACB que se pretende realizar. Para uma ACB preliminar, seja na avaliação de cenários ou para filtragem de uma lista longa de alternativas, a demanda pode ser a proveniente de macro ou mesossimulações. Para uma ACB completa, entretanto, requer-se a realização de estudos de demanda detalhados e específicos, ou pelo menos, a realização de uma microsimulação criteriosa.

No caso de simulações de rede, os dados de demanda são gerados na etapa de alocação, que por sua vez, utiliza dados das matrizes origem-destino. A etapa de alocação consiste na interação entre a oferta e a demanda de transporte. As matrizes são alocadas às redes e as simulações trazem como resultado o carregamento da infraestrutura.

Nos estudos de demanda para fins da ACB, deve-se conferir especial atenção e cuidado às premissas e variáveis críticas que afetem a curva de demanda, como exemplo:

- Projeções e dados demográficos, inclusive perfil e crescimento populacional;
- Fatores socioeconômicos, inclusive projeções de PIB nacional e da região analisada, renda, desemprego e informações sobre a dinâmica econômica das regiões atendidas pela infraestrutura atualmente e no futuro;
- Desenvolvimento econômico: identificação e localização de atividades comerciais, industriais, agrícolas e de recursos naturais, demandantes de transporte e tendências futuras;
- Estrutura Logística: localização da infraestrutura logística atual e esperada (portos, aeroportos, terminais de transbordo etc.) que possa ter sinergias ou concorrer com os investimentos propostos;
- Elasticidades: é importante conhecer a elasticidade de demanda por viagens, especialmente em projetos com previsão de cobrança de tarifas, uma vez que o tráfego esperado é determinado pelos níveis tarifários, pelas condições de transporte (qualidade, segurança, tempo etc.) e pela oferta de alternativas.

Tendo em vista os requisitos para a análise socioeconômica, os resultados de estudos de tráfego deverão ser apresentados para passageiros e cargas. Os produtos devem conter todas as informações necessárias que possibilitem análises adicionais. Os seguintes parâmetros de demanda são particularmente importantes para alimentar a ACB:

- Número de veículos (carros, trens, ônibus, aviões, navios etc.) em valor absoluto, por unidade de tempo (média anual, trens por dia etc.);
- Número de veículos discriminado por categoria (leves, pesados, número de eixos etc.), classe de velocidade, categoria de transporte e tipo de carga transportada;
- Número de passageiros (total de passageiros, passageiros/hora, passageiros.km, passageiros/veículo);
- Volume de cargas em toneladas úteis, toneladas/hora, toneladas.km e toneladas/veículo;
- Tempos médios de viagem e outros indicadores de desempenho da rede.

Os tipos de tráfego podem ser divididos dependendo de seu comportamento frente a uma dada intervenção ou projeto. Essa qualificação é relevante para a avaliação dos impactos socioeconômicos do investimento. Basicamente devem ser considerados três tipos de tráfego:

- **Tráfego existente:** tráfego atual na rede de referência ou na infraestrutura do projeto;
- **Tráfego desviado:** tráfego que é atraído ou divergido do projeto de/para outras rotas ou modos de transporte;
- **Tráfego gerado ou induzido:** fluxos de tráfego adicionais que resultam da entrada de novos usuários devido a melhorias na infraestrutura e nas condições de transporte.

A apuração dos efeitos socioeconômicos tende a ser realizada de formas distintas para cada categoria acima, como se detalhará mais adiante. Além disso, para avaliações mais precisas, é desejável que as pesquisas de tráfego também discriminem as viagens por finalidade, por exemplo, viagens a trabalho, pendulares e a lazer. Uma distinção adicional entre viagens de curta e longa distância também pode ser relevante para viagens rodoviárias e ferroviárias.

4.3.2. Estudos de engenharia e ambientais

Para o desenvolvimento da análise socioeconômica, é importante que todos os custos do projeto sejam corretamente identificados e detalhados. Assim, devem estar identificados os custos com operação e manutenção (Opex), eventuais recuperações de infraestruturas existentes e as melhorias e ampliações de capacidade (Capex), de maneira desagregada, ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento. Ainda, deve haver o detalhamento das despesas de modo que se possa discriminar exatamente a categoria de dispêndio (ex.: mão de obra, materiais, equipamentos, maquinário, serviços etc.) para aplicação dos fatores de conversão setoriais – FCS (preços sombra) adequados. Essas informações serão importantes para a construção do cenário base e dos cenários alternativos a serem avaliados.

Nos estudos ambientais, é importante considerar também tanto a componente de adaptação, quanto de mitigação de mudanças climáticas. As projeções de mudanças climáticas podem auxiliar o proponente em questões de adaptação e resiliência de seus cenários às mudanças no clima. Como resultados, as contas do fluxo de caixa socioeconômico podem demandar ajustes, tanto nos cenários base como nos alternativos.

Os impactos decorrentes das mudanças climáticas devem ser considerados o mais cedo possível, desde a etapa de planejamento dos transportes, influenciando a elaboração das alternativas de intervenção e a definição de cenários. Isso pode ser considerado, por exemplo, pela inclusão de medidas adicionais de manutenção de uma via para um cenário com índices pluviométricos



crecentes, ou pela inclusão da intermitência da produção agrícola a ser transportada, devido a eventuais mudanças climáticas. Essas informações devem retroalimentar os estudos de demanda e de engenharia, ou os resultados da modelagem de redes, podendo impactar tanto nos volumes de tráfego como nos valores de Capex e Opex estimados e devem ser considerados tanto no cenário base como nos alternativos.¹⁰

4.4. Estimação dos Custos Econômicos

4.4.1. Capex

Para a ACB de projetos de investimentos no setor de transportes deve-se observar os seguintes princípios:

- Os quantitativos, se não forem provenientes de estudos específicos (EVTEA, projeto básico ou executivo), devem se basear em *benchmarks* apropriados de outros projetos com características compatíveis ou em sistemas de registros de preços e custos paramétricos e gerenciais;
- Devem ser apresentados custos totais e unitários, assim como representações relevantes, a depender do item de dispêndio, como R\$/km, por exemplo. A curva ABC deve fazer parte do orçamento apresentado;
- Estruturas de engenharia com grande impacto no orçamento (túneis, pontes etc.) devem ter seu orçamento apresentado preferencialmente separadamente, e oferecer mais de uma opção de solução para fins de comparação, sempre que possível;
- É importante que todos os itens de custos sejam devidamente quantificados e orçados de maneira desagregada (i.e. mão de obra, materiais, equipamentos, serviços, maquinário etc.), para permitir a aplicação dos fatores de conversão correspondentes;

A depender do subsetor específico, as despesas de investimentos (Capex) podem incluir, mas não se limitando a itens tais como:

- Recuperação de ativos
- Manutenção preventiva e corretiva
- Ampliação de capacidade: duplicação de vias, obras-de-arte especiais, túneis, vias marginais etc.
- Melhorias e segurança: passarelas, iRAP, sinalização, correções de traçado etc.
- Edificações em geral
- Ambiental: correção de passivos, terraplenos, projetos, certificações
- Instalações, veículos, maquinário, mobiliário e outros bens duráveis
- Equipamentos, sistemas informatizados etc.

Os custos com desapropriações, desocupações e reassentamentos, embora relevantes, tendem a não influenciar os indicadores de viabilidade socioeconômica da ACB, uma vez que, do ponto

¹⁰ Para maiores informações a respeito, consultar o anexo sobre mudanças climáticas do Guia ACB, disponível a partir de dezembro/2022 ([link](#)).

de vista do bem-estar, representam apenas uma compensação entre agentes, sem alterar o bem-estar líquido da sociedade. Entretanto, é importante o registro das informações disponíveis a respeito, que podem influenciar na elaboração da análise distributiva da ACB.

4.4.2. Opex

No setor de transportes, os custos de operação e conservação geralmente envolvem despesas com: manutenção de rotina, reparos, materiais de consumo, energia, seguros, gerenciamento de tráfego, operação do centro de comando e controle (CCO), monitoramento do tráfego, gestão de serviços, serviços de atendimento a veículos ou usuários, serviço de cobrança de tarifas, despesas gerais, serviços terceirizados, administração central etc., inclusive a mão de obra empregada nessas atividades. Em todos esses casos, são consideradas despesas operacionais (Opex).

Por outro lado, a manutenção programada (preventiva) e a corretiva, tende a envolver a substituição, recuperação ou aprimoramento de características técnicas e operacionais da infraestrutura, ou visa prevenir sua deterioração, podendo incluir a reabilitação, restauração ou substituição de ativos ou suas partes. Nesses casos, são consideradas despesas de Capex (ou Repex).

4.4.3. Conversão em Custos Econômicos

Consolidadas a planilhas de custos (Capex e Opex), os custos financeiros devem ser convertidos em custos econômicos, eliminando-se as distorções causadas por tributos, subsídios e outras distorções de mercado. Para isso, devem ser aplicados os fatores de conversão (FC) apropriados, dentre os quais, o fator de conversão da mão de obra, os fatores de conversão setoriais, o valor estatístico da vida, o fator de conversão do gasto público, dentre outros.¹¹

Exemplo de conversão para custos econômicos

Ano	Custo financeiro			FC*	Custo econômico		
	1	2	3		1	2	3
Investimentos / Restaurações	6.980	0	1.816	0,954	6.659	0	1.732
Terrenos	1.485	757	0	0,768	1.140	581	0
Edificações							
<i>pessoal: 43%</i>	0	37.342	17.801	0,699	0	29.848	14.229
<i>materiais: 57%</i>				0,875			
Equipamentos	0	11.355	23.273	1,027	0	11.662	23.901
Maquinário	0	25.722	0	1,027	0	26.416	0
Investimento total	8.465	75.176	42.890		7.799	68.508	39.863
	126.531				116.170		

* Fatores de conversão fictícios, para fins de ilustração.

¹¹ Vide Catálogo de Parâmetros do Ministério da Economia ([link](#)).

Fonte: Adaptado do Guia Geral de Análise de Custo-Benefício Socioeconômica de Projetos de Investimento em Infraestrutura.

4.4.4. Valor residual dos investimentos

O valor residual (VR) de investimentos fixos, se houver, deve ser incluído na conta de custos de investimento para o último ano do horizonte de análise, com sinal invertido, ou seja, reduzindo a despesa. O valor residual reflete a capacidade potencial remanescente da infraestrutura, cuja vida econômica não se exauriu. Esse valor tende a zero ou desprezível se o horizonte de análise utilizado corresponder exatamente ao tempo de vida econômica do ativo.

Conforme o Guia ACB, Para a análise socioeconômica, deve-se estimar o preço sombra do valor residual do projeto. Isso pode ser feito de duas formas mutuamente excludentes:

I Pelo valor financeiro remanescente estimado dos ativos multiplicado por um fator de conversão (FC) *ad hoc* para obtenção do valor socioeconômico adequado para inserção no fluxo de caixa da ACB. O valor financeiro dos ativos pode ser estimado a partir do valor de venda dos ativos comercializáveis no mercado ou ainda por uma *proxy* do valor do ativo em relação ao custo de instalação de um novo (ex.: se a instalação do ativo novo custa \$ 100 e o atual ainda tem metade da vida útil, pode ser valorado em \$ 50). O FC *ad hoc* pode ser obtido pela média ponderada dos FC dos itens do Capex de instalação dos ativos.

II Para ativos que possuem demanda, custos e benefícios com comportamento razoavelmente estável no longo prazo, o valor residual pode ser obtido pelo valor social presente da média dos benefícios (ou custos) econômicos líquidos¹² observados nos últimos anos do período de análise e projetados para o futuro, calculados segundo um dos seguintes horizontes temporais:

a. pelo tempo remanescente entre o período de análise e o final da vida útil dos ativos, sendo o resultado computado no último ano do período de análise;

b. pela perpetuidade dos benefícios (ou custos) econômicos líquidos para ativos que possuem vida útil com prazo indeterminado, considerando sua manutenção adequada, cujo resultado deve ser computado no último ano do período de análise.¹³

Os métodos acima são os apresentados para cálculo do valor residual no Guia ACB. Outras formas de cálculo do valor residual que eventualmente venham a ser usadas devem ser devidamente descritas e justificadas. Para mais detalhes, consultar o Guia ACB.

4.5. Estimativa dos Benefícios Econômicos

Nessa etapa, serão apresentados os principais benefícios econômicos e métodos de estimação usuais. Alguns exemplos de benefícios podem ser apresentados abaixo:

Benefício econômico	Principais métodos de avaliação
Diminuição do tempo de viagem	Preferência declarada Preferência revelada

¹² Os custos ou benefícios econômicos líquidos são obtidos por meio do fluxo de caixa comparativo, cuja mecânica será explicada adiante.

¹³ O valor social presente da perpetuidade do benefício (ou custo) líquido pode ser obtido pela fórmula BL/TSD , onde BL é o benefício (ou custo) líquido anual e TSD é a taxa social de desconto.

	Abordagem da economia de custos
Confiabilidade do tempo de viagem	Preferência declarada Preferência revelada
Diminuição dos custos operacionais de veículos (VOC)	Valor de mercado Abordagem da economia de custos
Diminuição dos custos operacionais de transportadoras	Valor de mercado
Redução de acidentes	Preferência declarada Preferência revelada Abordagem do capital humano

Alguns benefícios são calculados diretamente para o tráfego atual existente na rodovia. Em outros casos, são necessárias informações adicionais sobre o tráfego desviado e o tráfego induzido em função do investimento. Nesses casos, pode ser necessária a aplicação da “regra da metade”, abaixo explicada.

Regra da Metade

A Regra da Metade baseia-se no princípio de que, sem o projeto de investimento, a disposição a pagar (DAP) de **não usuários** é menor que o custo de transporte. Assim, eles **não utilizam a infraestrutura**. Após a implementação do projeto, o custo de transporte é reduzido, fazendo com que não usuários decidam viajar, passando a utilizar a nova infraestrutura.

Embora a disposição a pagar de usuários normalmente não ser conhecida, a mudança média do excedente do consumidor do tráfego gerado pode ser estimada como sendo a metade da diferença entre os custos totais ao usuário sem o projeto e os custos totais com o projeto para determinada relação origem-destino.

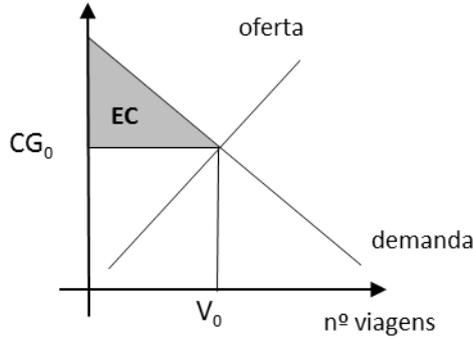
Considera-se a metade assumindo-se uma função linear de demanda em função do custo. Nesse caso, os novos usuários estão igualmente distribuídos entre duas situações extremas e opostas: aqueles que precisam de uma ínfima redução nos custos de viagem para começar a viajar (a sua disposição a pagar já estava no limiar entre viajar e não viajar) e aqueles que precisam de todos os benefícios (redução de custos) auferidos pela nova infraestrutura para começar a viajar. Assim, a metade dos benefícios representa a situação média para o conjunto dos novos usuários.

Na prática, a regra da metade pode ser calculada a partir da redução nos custos generalizados de uso da infraestrutura (CG). Esses custos podem ser dados pela fórmula:

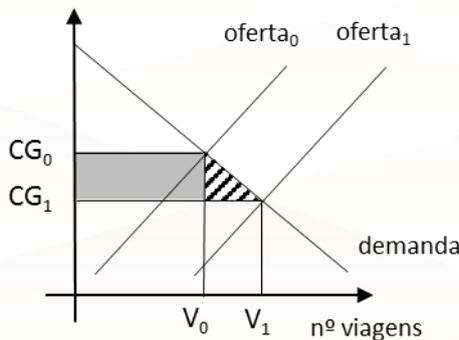
$$CG = P + Z + Vt$$

Onde P é valor da tarifa de transporte ou de pedágio, Z corresponde ao custo operacional (VOC) e Vt é o valor do tempo dispendido na viagem. O Vt, por sua vez, pode ser calculado pelo tempo total da viagem multiplicado pelo custo do tempo.

O excedente do consumidor para os viajantes (EC), antes da intervenção, pode ser representado pela área sombreada na figura abaixo:



Após a intervenção, observa-se a melhoria e aumento na oferta de infraestrutura de transporte, com redução no custo generalizado do transporte (CG_0 para CG_1) e aumento no número de viagens (V_0 para V_1). Conforme a figura abaixo, o aumento no excedente do consumidor pode ser observado pelo retângulo sombreado, somado ao triângulo listrado. O triângulo listrado, por sua vez, corresponde ao benefício aos novos viajantes (tráfego gerado ou induzido), resultante do aumento do número de viagens de V_0 para V_1 .



Para o cálculo da variação no excedente do consumidor decorrente da intervenção pode ser utilizada a seguinte fórmula simplificada:

$$\Delta EC \approx \frac{1}{2} * [(CG_1 - CG_0) * (V_0 + V_1)]$$

O cálculo do benefício apenas para novos viajantes (tráfego gerado ou induzido), correspondente à regra da metade, pode ser feito por meio desta fórmula simplificada:

$$\Delta EC_{GERADO} \approx \frac{1}{2} * [(CG_1 - CG_0) * (V_1 - V_0)]$$

Por fim, destaca-se que a regra da metade não é aplicável no caso de novas infraestruturas (*greenfield*). Nessas situações, a mensuração dos benefícios dependerá da natureza do novo modo, da sua localização na hierarquia dos modos e na rede de transportes que dará suporte. Nesses casos, a mensuração dos benefícios pode ser derivada na disposição a pagar de usuários ou calculada por meio de outras abordagens.

A seguir, são apresentadas formas práticas para avaliação dos benefícios típicos de projetos de investimento em transporte. Os parâmetros aqui abordados fazem parte do Catálogo de Parâmetros da INFRA S.A. ou do Catálogo de Parâmetros do Ministério da Economia, anexo do Guia ACB¹⁴.

¹⁴ Podem ser consultados ainda os *background papers*, estudos que embasam a metodologia utilizada na elaboração do Catálogo de Parâmetros do Ministério da Economia ([link](#)).

4.5.1. Tempo de viagem – passageiros e cargas

A redução no tempo de viagem é um dos principais benefícios que podem surgir em projetos de investimento em transporte, seja na construção de infraestruturas completamente novas, seja em aprimoramentos ou ampliação de capacidade de infraestruturas existentes. Esse benefício deve ser calculado de formas distintas para passageiros e cargas.

Na valoração econômica do tempo de passageiros, geralmente é feita a distinção entre viagens a trabalho e a lazer, permitindo o cálculo do valor do tempo conforme a motivação da viagem e a renda média da população beneficiada. Estando disponíveis esses dados, basta multiplicar o tempo poupado pelo valor do tempo de cada categoria de passageiro para obtenção do benefícios resultante.

Por sua vez, a redução do tempo de viagem de veículos de cargas traz os seguintes benefícios:

- Redução de custos com motoristas, e eventuais equipes que precisem viajar com a carga, por viagem;
- Redução de custos operacionais dos veículos;
- Melhor aproveitamento do equipamento (ganho de produtividade);
- Maior pontualidade na entrega das mercadorias transportadas
- Redução do tempo de estoque em trânsito.

A maior parte dos benefícios associados a veículos de cargas impacta diretamente os custos (e fretes) do transporte de cargas. Esses benefícios tendem a ser capturados pela ferramenta de cálculo dos custos de transportes, desenvolvida pela EPL/INFRA S.A., bastando aplicar os valores de custos associados ao nível de serviço de antes e depois da intervenção. O cálculo dos benefícios da redução do tempo de viagem para tripulação e veículos em separado pode induzir à dupla contagem do benefício, dado que o custo operacional do transporte já captura esse efeito.

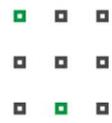
Nesse caso, apenas o benefício da redução do tempo de estoque em trânsito demandaria seu cálculo à parte. Seu cômputo é simples, seguindo a mesma lógica do valor do tempo do passageiro, entretanto, com valor aplicável à carga, por tonelada e categoria de carga. Para tanto, deve-se consultar os valores de referência no Catálogo de Parâmetros.

Uma vez que os valores de tempo para passageiros e cargas foram estimados, os benefícios da redução de tempo precisam ser calculados separadamente por tipo de tráfego: tráfego existente, tráfego desviado e tráfego induzido de passageiros e cargas.

Para o tráfego atual (existente), o benefício da redução do tempo de viagem é calculado diretamente. Para o tráfego desviado e para o induzido, pode ser utilizada a regra da metade.

Assim, para o cálculo do benefício para o tráfego atual, a partir da nova infraestrutura, basta seguir os procedimentos abaixo:

- Considerar a previsão de tráfego considerando o fluxo de passageiros e de cargas para cada par origem-destino e para cada ano do horizonte do projeto;
- Considerar o tempo de viagem para cada par origem-destino, com base na velocidade média estimada de viagem, para todos os cenários, com e sem projeto;



- Segregar o tráfego de passageiros por motivações¹⁵: viagens a trabalho e fora do trabalho;
- Calcular a economia de tempo como a diferença entre o tempo de viagem do cenário sem o projeto e do(s) cenário(s) com o projeto;
- Caso os dados de tráfego estejam disponíveis apenas por veículos, converter em passageiros ou toneladas de carga conforme a ocupação média dos veículos;
- Calcular o benefício para cada classe de tráfego usando os valores disponíveis.

Segue exemplo prático:

Valor do Tempo - Passageiros							
Usuário	Lotação Média	VDMA (ano 5)	Nº Passag.	Valor Tempo (R\$/h)	Cenário base (min.)	Cenário Altern. (min.)	Δ Valor do Tempo (R\$)
Motocicletas	1,3	1.000	1.300	17,52	25	20	1.898
Veículos	2,3	10.000	23.000	17,52	45	30	100.740
Trem	28	500	14.000	21,56	50	33	85.521
Total (dia)							188.159
Total (ano)							68.678.035

Tráfego gerado ou induzido. Para o cálculo da economia de tempo para passageiros e cargas gerados ou induzidos, recomenda-se estimar como sendo a metade da economia calculada para o tráfego existente, de acordo com a Regra da Metade. Com base na previsão de tráfego gerado para cada par origem-destino, metade da economia de tempo por usuário existente será atribuída ao usuário gerado para o mesmo par O-D. Segue exemplo:

¹⁵ Se essa informação não estiver disponível no Caderno de Parâmetros disponível, uma alternativa é aguardar sua atualização ou buscar a informação em outra fonte.

Valor do Tempo - GSA					
Tráfego Existente					
	Volume (ton)	Tempo Viagem - Cenário base (dia)	Tempo Viagem - Cen. Alternativo (dia)	Valor do Tempo GSA (R\$/t.dia)	Δ Valor do Tempo (R\$)
Dia	50.000	0,6	0,45	0,45716	R\$3.429
Ano					1.251.476
Tráfego Desviado (atraído)					
	Volume (ton)	Tempo Viagem - Rota anterior (dia)	Tempo Viagem - Rota Alternativa (dia)	Valor do Tempo GSA (R\$/t.dia)	Δ Valor do Tempo - metade (R\$)
Dia	5.000	0,59	0,45	0,45716	160
Ano					58.400
Tráfego Gerado ou Induzido					
	Volume (ton)	Economia de Tempo do Tráfego Existente (dia)	Metade da Economia de Tempo (dia)	Valor do Tempo para GSA (R\$/t*dia)	Δ Valor do Tempo (R\$)
Dia	1.000	0,15	0,075	0,45716	34
Ano					12.515
TOTAL (ano)					R\$1.322.391

4.5.2. Confiabilidade no tempo de viagem

O benefício da maior confiabilidade no tempo de viagem de passageiros e mercadorias (pontualidade) também pode ser considerado. Se os tempos de viagem se tornarem mais previsíveis, os operadores de transporte podem planejar melhor suas viagens e otimizar seus recursos, pela redução da margem de segurança nos horários de partida. Para os passageiros, representa uma economia de tempo relevante, que pode ser utilizado para atividades produtivas ou de lazer. No transporte de mercadorias perecíveis, por exemplo, esse benefício se torna ainda mais relevante, uma vez que os produtos chegam ao destino em melhores condições, alcançando melhores preços no mercado e os estabelecimentos podem reduzir os estoques.

Porém, a valoração deste benefício pode ser complexa, exigindo análise detalhada caso-a-caso. Os seguintes aspectos devem ser considerados ao se decidir pela a valoração do aumento da confiabilidade no tempo de viagem:

- Os usuários podem ter diferentes preferências para viagens ao utilizar uma mesma infraestrutura de transporte, porém com diferentes pares de origem e destino, a depender também da renda e motivação da viagem.
- Esse benefício no transporte de cargas depende do segmento de mercado, bem como do valor e perecibilidade das mercadorias;
- Eventualmente, benefícios relacionados ao tempo de viagem de cargas podem ser reduzidos ou anulados, por exemplo, por restrições em pontos de transbordo, burocracias, fiscalizações etc., absorvendo boa parte ou todo o benefício. O mesmo



raciocínio pode se aplicar ao transporte de passageiros por longas distâncias, especialmente em viagens internacionais;

- Deve-se ter cuidado para evitar a dupla contagem. Se os efeitos relacionados ao tempo de viagem já estiverem contemplados na apuração dos custos operacionais, não devem ser novamente contabilizados.

Para avaliação desse benefício no transporte de carga, estudo de Ferrari e Pompermayer (2019), com base em pesquisa de preferência declarada de embarcadores de carga, chegou à estimativa de benefício no valor de R\$4,70/t para se ter 95% de certeza no horário de entrega em uma viagem com distância média de 500km. Os autores ressaltam que o resultado pode variar, entretanto, em função da distância da viagem e da região do país para onde o embarcador irá enviar suas cargas. Da mesma forma, no transporte de passageiros esse parâmetro pode variar significativamente dependendo do motivo da viagem, modo de transporte, faixa de renda e do par origem-destino da viagem.

Como visto acima, a técnica de precificação da maior confiabilidade se dá pela disposição a pagar (DAP), que por sua vez pode ser obtida, geralmente, por pesquisas de preferência declarada ou preferência revelada. Caso o proponente opte por monetizar os benefícios da maior confiabilidade no tempo de viagem, deve apresentar os estudos e parâmetros a serem utilizados, além de se certificar não incorrer em dupla contagem com outros benefícios (e.g economia de tempo).

Entretanto, caso não se encontrem pesquisas ou parâmetros aplicáveis ao caso concreto, e nem esteja prevista a contratação de pesquisa específica sobre a DAP, uma solução contingente seria uma precificação parcial desse benefício. De maneira simplificada, pode ser calculada a diferença no desvio padrão do tempo de viagem antes e depois da intervenção, com a redução no tempo apurada pela diferença no desvio padrão sendo considerada benefício aplicável a cargas ou passageiros.

Como exemplo, suponha uma determinada rota de viagem, com tempo médio de percurso de 12h e desvio padrão de 2h no cenário base. E que o tempo médio caia de 12h para 11h e o desvio padrão se reduza de 2h para 1h após a realização de investimentos. Nesse caso, o benefício da redução do tempo médio de viagem, de 1h, é diretamente capturado. Mas não o benefício da maior confiabilidade, representado pelo desvio de padrão menor. Entretanto, essa redução no desvio padrão possui um efeito semelhante ao da redução do tempo de viagem, “liberando” 1h a mais para passageiros, equipamentos de transporte e cargas. Esse “tempo livre” adicional também pode ser multiplicado pelo valor da hora para passageiros e cargas, representando uma *proxy* do benefício total da maior confiabilidade no tempo de viagem.¹⁶

Por fim, para incorporação desse benefício, o analista deve se assegurar de que já não tenha sido capturado por outras variáveis, como o tempo de viagem ou o custo operacional, sob risco de incorrer em dupla contagem.

¹⁶ O benefício total da maior confiabilidade no tempo de viagem tende a ser maior que a *proxy* de benefício calculado dessa forma, uma vez que a desutilidade da incerteza do tempo de viagem tende a ser maior que o tempo adicional eventualmente dispendido. Entretanto, na falta de um estudo de DAP aplicável, essa *proxy* constitui solução razoável para que o benefício não seja ignorado.

4.5.3. Redução de custos operacionais de transporte

Os custos operacionais para veículos rodoviários (ou VOC) incluem despesas como consumo de combustíveis, lubrificantes, pneus, custos com manutenção, seguros e despesas gerais. O VOC depende de vários fatores como tipo de veículo, velocidade média de deslocamento e qualidade das vias (projeto geométrico, condições da superfície etc.). A redução de custos operacionais constitui um dos mais relevantes benefícios em projetos de transporte.

Por exemplo, a reabilitação de um trecho rodoviário geralmente implica melhorias no pavimento, ampliação de capacidade da via e redução de congestionamentos, acarretando o aumento da velocidade média e a diminuição do VOC. Essa redução se torna ainda mais relevante se aplicada ao tráfego de veículos pesados.

Projetos de transporte em outros modos também podem afetar o VOC. Por exemplo, um investimento numa ferrovia atraindo passageiros do modo rodoviário para o ferroviário se beneficiam. Os passageiros que migraram se beneficiam por não mais ter que operar seus veículos e terão menores custos de transporte. Os que permaneceram na rodovia também se beneficiam com a redução de congestionamentos e, conseqüentemente, do VOC. Assim, ambas as categorias de usuários se beneficiam com a redução dos custos de viagem.

Existem alguns modelos e softwares voltados à estimação do VOC. Em alguns modelos de tráfego, os efeitos do projeto sobre o VOC já estão nos dados de saída. O HDM-4 (*Highway Development and Management Model*), software de gestão de pavimentos amplamente utilizado no Brasil, também pode calcular o VOC, a partir de alguns dados de entrada.

Uma importante fonte são os custos de transportes calculados e divulgados pela EPL/INFRA S.A. com base em simuladores desenvolvidos para vários modos de transporte. A ferramenta pode ser acessada na página inicial da EPL/INFRA S.A. na internet ([link](#)), estando também acessível manual com o detalhamento da metodologia.¹⁷

Ao utilizar os custos operacionais calculados pela EPL/INFRA S.A., deve-se observar que já estão incluídos não só os custos variáveis, mas também os custos fixos, inclusive com pessoal (motorista, tripulação etc.), depreciação (custo do capital imobilizado na aquisição do equipamento de transporte), custos administrativos, seguros, taxas e outros. Dessa forma, deve-se atentar para evitar o risco de dupla contagem de benefícios, por exemplo, de redução dos tempos de viagem.

¹⁷ Uma possível discussão pode surgir entre utilizar os VOC dos simuladores da EPL/INFRA S.A. ou de softwares como o HDM-4. Por um lado, softwares como o HDM-4 são alimentados com valores genéricos de custos operacionais, não diferenciando por tipo de mercadoria, por exemplo. Já os simuladores da EPL/INFRA S.A. apresentam funções de custos por modo de transporte e por categorias de cargas, buscando replicar os custos reais de transporte. Por outro lado, softwares como o HDM-4 possuem dados mais específicos e precisos sobre as vias, como geometria, condições de pavimento, volumes e composição do tráfego etc., detalhes não capturados pelos simuladores da EPL/INFRA S.A.. Assim, o ideal seria alimentar o HDM-4 com dados mais precisos dos simuladores da EPL/INFRA S.A. e ao mesmo tempo alimentar os simuladores da EPL/INFRA S.A. com dados mais precisos das condições de tráfego e das vias. Na prática, cabe ao gestor do projeto analisar as opções disponíveis e ponderar sobre a que melhor atende às necessidades específicas do projeto. Entretanto, os valores divulgados pela EPL/INFRA S.A. podem ser considerados como o padrão para análises preliminares, sobretudo quando não estão disponíveis dados projeto-específicos.



Para o cômputos dos benefícios, assim para o tempo de viagem, os benefícios da redução do VOC devem ser calculados de formas distintas, conforme o tipo de tráfego (atual, desviado e induzido). Assim, para o tráfego existente (atual), adotar os seguintes procedimentos:

- Considere o tráfego existente em termos de números e tipos de veículos para cada par origem-destino e para cada ano do período de análise;
- Utilize VOCs unitários (preferencialmente de fontes e estudos nacionais) estimados por tipo de veículo, dependendo da velocidade, condição e geometria da rodovia;
- Calcule os custos de operação para cada cenário, multiplicando a quantidade de veículos conforme as características de rodagem e dos veículos acima mencionadas;
- Calcule a economia de VOC pela diferença entre os cenários com e sem o projeto.

Para o tráfego desviado, ou seja, usuários que deixaram outros trechos ou modos de transporte e migraram para o trecho ou modo beneficiado pelo projeto, haverá redução nos custos operacionais do transporte. Para estes, caso existam dados detalhados e confiáveis sobre origens e destinos (O-D) e respectivos custos, esses dados devem ser utilizados. Por outro lado, não havendo disponibilidade desses dados, a economia no VOC pode ser calculada pela regra da metade, de maneira semelhante à aplicada na redução do tempo de viagem.

Por fim, pela regra da metade, a economia de VOC para o tráfego gerado ou induzido pode ser calculada com sendo a metade da economia do VOC por tipo de veículo atribuída ao tráfego atual, para os mesmos pares O-D.

Segue exemplo simplificado de cálculo do benefício de redução do VOC:



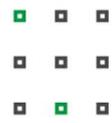
Custos Operacionais para Veículos					
Tráfego Existente					
	VDMA (ano 5)	VOC inicial (pista simples, pav. Regular) (R\$/km)	VOC final (pista dupla, pav. ótimo) (R\$/Km)	Benefício de redução VOC (R\$/Km)	Economia de VOC (R\$/km.VDMA)
Motocicletas	1.000	0,4723	0,4193	0,0529	52,94
Veículos leves	10.000	0,6713	0,6163	0,0550	549,79
ônibus	500	3,1652	2,7350	0,4302	215,08
Total					R\$ 817,81
Tráfego Desviado*					
	VDMA (ano 5)	VOC inicial (pista simples, pav. Regular) (R\$/km)	VOC final (pista dupla, pav. ótimo) (R\$/Km)	Metade do benefício de redução VOC (R\$/Km)	Economia de VOC (R\$/km.VDMA)
Motocicletas	100	0,47225	0,4193	0,0265	2,65
Veículos leves	1.000	0,6713	0,6163	0,0275	27,49
ônibus	50	3,1652	2,7350	0,2151	10,75
Total					R\$ 40,89
* A Regra da Metade é válida quando não há maiores informações sobre os custos de rotas alternativas. Caso o estudo de demanda traga detalhes sobre os fluxos e custos operacionais desse tráfego, esses dados deverão ser preferencialmente utilizados.					
Tráfego Gerado ou Induzido					
	VDMA (ano 5)	VOC inicial (pista simples, pav. Regular) (R\$/km)	VOC final (pista dupla, pav. ótimo) (R\$/Km)	Metade do benefício de redução VOC (R\$/Km)	Economia de VOC (R\$/km.VDMA)
Motocicletas	50	0,47225	0,4193	0,0265	1,32
Veículos leves	500	0,6713	0,6163	0,0275	13,74
ônibus	20	3,1652	2,7350	0,2151	4,30
Total					R\$ 17,22
Benefício total (R\$/km.dia)					R\$ 878,06

4.5.4. Benefícios do aumento da segurança operacional

Em todos os modos de transporte existem riscos de acidentes envolvendo operadores e usuários. A integridade, qualidade e integração dos sistemas de sinalização e de segurança contribuem para redução das taxas de acidentes, e isso deve ser levado em consideração na análise socioeconômica.

Esse fenômeno é mais facilmente perceptível em relação ao tráfego rodoviário. Contudo, o benefício econômico surge não apenas como resultado de melhores condições de segurança viária, mas também, indiretamente, pelo tráfego desviado para outros modos de transporte mais seguros. Em ambos os casos, esse benefício deve ser computado na análise econômica, segregando-se, sempre que possível, os custos econômicos com fatalidades, lesões graves, lesões leves e danos materiais evitados.

Esses custos podem ser classificados em **custos diretos** e **custos indiretos**. Os custos diretos incluem os custos médico-hospitalares de socorro e reabilitação das vítimas (que pode levar dias, meses ou mesmo anos), custos administrativos, polícia e perícia, remoção de veículos,



seguros etc. Os **custos indiretos** consistem de custos incorridos pela perda de produção para a sociedade, ou seja, valor de bens e serviços que poderiam ser produzidos pelas vítimas, na ausência do acidente. Uma forma de cálculo desses custos considera o período produtivo remanescente da vítima até sua aposentadoria.

No caso de fatalidades, a avaliação da perda de produção (custo indireto) está associada ao conceito de Valor da Vida Estatística (VVE) que pode ser definido como o benefício da prevenção de uma fatalidade, calculado por meio da disposição a pagar por uma morte evitada. Esse valor está disponível no Catálogo de Parâmetros do Ministério da Economia ([link](#)), tendo sido calculado no valor de R\$ 5,68 milhões, a preços de jan/2022.¹⁸

Para o cálculo do benefício, primeiramente devem ser levantados, para cada cenário, os dados de acidentes com feridos, com ilesos e danos a veículos.¹⁹ Para as projeções futuras, os valores podem ser calculados a partir de elasticidades acidente-tráfego, conforme dados do Catálogo de Parâmetros setorial. Posteriormente, a partir do tipo de intervenção proposta no cenário alternativo, pode ser calculada a redução de acidentes e o benefício da redução do custo associado.

No exemplo simplificado abaixo, para o cenário base foi levantada a média histórica de acidentes para um dado trecho rodoviário, por categoria, e projetado o número de acidentes, com as reduções esperadas em decorrência do investimento proposto.

Redução de acidentes					
	Acidentes/ano Cenário base (estatística)	Acidentes/ano Alternativo (proj. ano 5)	Redução Acidentes (%)	Valor (R\$/unidade)	Valor econômico da redução de Acidentes
Óbitos	27	21	-22%	R\$ 5.679.800	R\$ 34.078.800
Feridos	336	249	-26%	R\$ 567.980	R\$ 49.414.260
Ilesos	371	264	-29%	R\$ 56.798	R\$ 6.077.386
Veículos Danificados	467	313	-33%	R\$ 34.116	R\$ 5.253.829
Total					R\$ 94.824.275

¹⁸ Para acidentes com feridos ou apenas com danos materiais, devem-se buscar parâmetros adequados de custos. A principal fonte é o Catálogo de Parâmetros da EPL/INFRA S.A.. Entretanto, na ausência de dados específicos e precisos, podem ser utilizadas proxys como proporção do VEV. Por exemplo, para vítimas com incapacitação total e permanente, pode-se adotar 50% do VEV; vítimas com lesões graves, 10% do VEV; vítimas com lesões leves a moderadas, 1% do VEV; para despesas gerais com atendimento, administrativas etc., 1% do VEV; para danos a veículos, considerar 10% do valor dos veículos novos envolvidos. Essas proxys devem ser substituídas por valores mais precisos e específicos, provenientes de pesquisas e estudos empíricos tão logo estejam disponíveis.

¹⁹ Para levantamento de dados históricos, o Departamento de Polícia Rodoviária Federal (DPRF) divulga os dados por categorias de acidentes em rodovias federais, vide ([link](#)) e ([link](#)).



4.6. Precificação de Externalidades

4.6.1. Precificação dos impactos ambientais

Os impactos ambientais devem ser analisados e seus impactos devem ser computados. Sempre que possível, a compensação pelos impactos ambientais deve ser considerada diretamente nas contas de Capex e Opex do fluxo de caixa socioeconômico, não cabendo sua repetição no capítulos das externalidades, sob risco de dupla contagem. Entretanto, muitos impactos não são diretamente mensuráveis, dada a inexistência de mercados formais, cabendo sua estimação por meio de parâmetros e preços-sombra específicos. É o caso dos efeitos abaixo listados.²⁰

Gases de efeito estufa (GEE)

A ACB deve precificar o custo ou benefício econômico da resultante de variações das emissões de gases de efeito estufa (GEE) em fluxos de transporte. Para isso, mensura-se a quantidade das principais emissões, dióxido de carbono, óxido nítrico e metano, convertidas em dióxido de carbono equivalente (CO₂eq). A partir de volumes de cargas e quilômetros de veículos de passageiros, obtêm-se as emissões a partir de parâmetros produzidos pelo estudo desenvolvido pela EPL em conjunto com o Instituto de Energia e Meio Ambiente – IEMA. A precificação se dá pela multiplicação dos volumes obtidos pelo valor da tonelada de CO₂.²¹

Posteriormente, esse volume de emissões é precificado com base na metodologia *Dynamic Integrated model of Climate and the Economy* (DICE).

Poluição atmosférica

Os investimentos em transporte podem afetar consideravelmente a qualidade do ar, reduzindo ou aumentando o nível de emissão de poluentes. Os efeitos da poluição do ar dependem amplamente do tipo de investimento, onde as variações das emissões podem ser positivas ou negativas, em relação ao cenário contrafactual (sem o projeto). O proponente deve considerar o custo econômico da poluição atmosférica com base em impactos como efeitos na Saúde; danos a Edifícios e Materiais causados por poluentes atmosféricos; perdas de colheitas devido ao ozônio e substâncias acidificantes e impactos nos ecossistemas e biodiversidade.

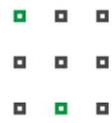
A monetização desses fenômenos depende, entretanto, da disponibilidade de estudos empíricos e parâmetros de custos, que podem ser pesquisados para inclusão desses efeitos.

Poluição sonora

A poluição sonora pode ser definida como o som externo indesejável ou prejudicial criado por atividades humanas, incluindo ruídos emitidos por meios de transporte, tráfego rodoviário, ferroviário, aéreo e de locais de atividade industrial. O custo econômico do ruído provém do

²⁰ O Departamento de Transportes do Reino Unido (DFT) possui uma página de orientação de avaliações em transportes ([link](#)), inclusive com planilhas de parâmetros ([link](#)), na qual consta um Guia específico para avaliações de impactos ambientais ([link](#)).

²¹ O valor da tonelada de CO₂ pode ser obtido no Catálogo de Parâmetros da EPL/INFRA S.A., calculado com base na metodologia *Dynamic Integrated model of Climate and the Economy* (DICE) ou em estudo recente do IPEA: *Preço do carbono para projetos de investimentos de infraestrutura no Brasil* ([link](#)); ou ainda em Stiglitz e Stern (2017), para quem o preço estimado do carbono deveria ser de US\$40–80/tCO₂ em 2020 e de US\$50–100/tCO₂ em 2030 para alcance dos objetivos do Acordo de Paris. Deve ficar claro que o valor do carbono se eleva com o decorrer do tempo e ao longo do horizonte de análise do investimento.



aborrecimento causado por ruídos incômodos ou pelos efeitos negativos na saúde, como risco de doenças cardiovasculares que decorrem de níveis de ruído acima de 50 dB.

Dado que a emissão de ruídos tem impacto local, a magnitude do efeito está associada à distância da infraestrutura: quanto mais próximo do local do projeto, maior o desconforto causado pela emissão do ruído. Assim, os custos do ruído podem variar conforme a hora do dia, ambiente (residencial, lazer ou trabalho), densidade populacional na área afetada e o nível de ruído. Tais custos poderão ser futuramente incluídos no Catálogo de Parâmetros setorial.²² Segue exemplo simplificado de aplicação:

Aumento do Ruído (Decibel)	Custo da Externalidade (R\$/decibel.pessoa.dia)	População Afetada	Valor Econômico/dia
20	0,2	43.200	R\$172.800

Poluição visual

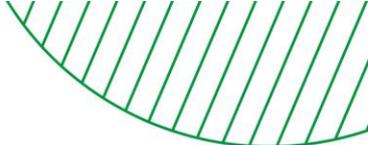
A poluição visual como externalidade de projetos de transporte pode ser definida como o dano causado sobre a paisagem devido ao projeto. O custo econômico da poluição visual é dado pelo decréscimo marginal do bem-estar gerado pela alteração da paisagem como consequência do projeto, que pode variar de acordo com a região (urbana, rural, residencial, comercial), proximidade, densidade populacional e importância da alteração. O parâmetro de custo social da poluição visual deverá ser estimado em futuras versões do Catálogo de Parâmetros.

4.6.2. Efeitos Indutivos, Indiretos e de Segunda Ordem

Na análise socioeconômica de projetos de investimento em transporte, os impactos econômicos são majoritariamente capturados pela estimativa de benefícios diretos aos usuários, a exemplo da economia no tempo de viagem ou no VOC. No entanto, na presença de "distorções" ou "falhas de mercado", a economia não funciona em condições de máxima eficiência e benefícios (ou custos) adicionais surgem à medida que o impacto das melhorias nos transportes é transmitido à economia em geral. Esses impactos são denominados efeitos econômicos indutivos, indiretos e de segunda ordem.

Os efeitos indutivos podem ser significativos e podem surgir na forma de impactos em mercados secundários, em resposta ao projeto de infraestrutura. São mais comuns na presença de capacidade ociosa não aproveitada; por exemplo, a existência de terras não exploradas ou subutilizadas. Projetos de investimento em transporte podem gerar diversas externalidades com amplo impacto no desenvolvimento regional. Por exemplo, a ampliação de um aeroporto pode proporcionar o aumento da eficiência produtiva, induzindo a abertura de novos negócios no seu entorno e levando ao aquecimento do mercado de trabalho, bem como de outros mercados fornecedores. Caso os efeitos sobre esses mercados sejam relevantes e não tenham sido

²² Métodos de valoração e respectivos parâmetros podem ser pesquisados, por exemplo, no guia de avaliação de impactos ambientais ([link](#)) e nas tabelas de parâmetros ambientais ([link](#)) do Reino Unido; ou ainda no manual da União Europeia sobre externalidades dos transportes ([link](#)), cujo capítulo 6 é dedicado aos custos com ruídos. Entretanto, o uso de parâmetros calibrados para outros países requer sua adaptação ao contexto nacional por algum método de "transferência de benefícios". Significa que o parâmetro não deve ser convertido em reais pelo câmbio corrente, mas pela paridade do poder de compra (PPC), ou sofrer o ajuste da diferença entre a renda per capita do país de origem e a nacional.



capturados pelas variáveis de efeitos diretos e externalidades do projeto, poderão ser capturados via efeitos econômicos indutivos, indiretos e de segunda ordem.

Do ponto de vista prático, ressalta-se que a quantificação de tais efeitos requer parâmetros específicos para cada região e setor de infraestrutura (ex.: elasticidades de aglomeração), os quais devem ser estimados para o contexto brasileiro. Dessa maneira, como regra geral, recomenda-se a desconsideração desses efeitos, a menos que sejam efetivamente relevantes e evidentes. Nesses casos, a metodologia de apuração deve ser claramente registrada e apresentada, assim como a quantificação de seus efeitos, na forma um apêndice à ACB padrão, mas não compondo o fluxo de caixa socioeconômico padrão. Os resultados da apuração podem ser apresentados como parte da análise de sensibilidade dos resultados da ACB. Caso a quantificação não seja viável, a apresentação desses efeitos pode ser realizada de maneira qualitativa, a fim de demonstrar ao tomador de decisão a existência de tais impactos.

Seguem alguns exemplos desses efeitos:

Efeitos sobre investimento induzido. Os efeitos sobre investimento induzido alteram o uso da terra, em termos de finalidade ou intensidade de uso do solo. Por exemplo, quando a melhoria da acessibilidade dada por um projeto de transporte induz um investidor do mercado imobiliário a substituir uma casa térrea por um bloco de apartamentos, aumentando a intensidade do uso do solo.

Efeitos sobre mercado de trabalho. Quando a melhoria da acessibilidade causada por um projeto de transporte induz a população beneficiada a aumentar seu nível de qualificação profissional (acessando oportunidades educacionais mais distantes) ou a entrar no mercado de trabalho pela primeira vez ou por meio de oportunidades de empregos mais produtivos do ponto de vista econômico.

Efeitos de aglomeração. Se a produtividade do setor de manufatura é elástica em relação à densidade populacional, um projeto de infraestrutura que induza aumento de densidade (um novo aeroporto, por exemplo) induz ganhos de produtividade no setor manufatureiro.

Por outro lado, a tentativa de inclusão de alguns desses efeitos pode levar a erros comuns, que devem ser evitados. Por exemplo:

Dupla contagem de benefícios. Um exemplo seria computar como benefício o ganho no tempo de viagem de passageiros em um projeto de expansão de metrô e ao mesmo tempo contabilizar a valorização dos imóveis nos bairros atendidos pelo projeto, uma vez que a valorização decorre da própria redução do tempo de viagem. Do mesmo modo, constitui dupla contagem computar os benefícios de redução no VOC e no tempo de viagem decorrentes de um projeto no setor rodoviário e ao mesmo tempo considerar a valorização das terras adjacentes ao projeto.

Contabilização de benefícios secundários. Se uma nova rodovia for construída, poder-se-ia argumentar que a atividade econômica gerada ao longo da via deveria ser computada como benefício. Entretanto, sob condições de equilíbrio em mercados competitivos, a nova rodovia pode estar deslocando atividades econômicas de outras localidades, de forma que o ganho líquido para a sociedade pode ser pequeno ou mesmo nulo. Há uma tendência de se “esquecer” os benefícios e atividades perdidos em outras localidades (ex. o tráfego desviado). Os efeitos de indução de atividade econômica devem ser considerados apenas para projetos disruptivos que induzam o aproveitamento de fatores de produção ociosos ou subaproveitados e com aumento de produtividade sistêmica. Ainda assim, devem ser estimados por meio de modelos de



equilíbrio geral, que considerem eventuais perdas de atividade econômica em outras regiões do país.

Efeitos de aglomeração. Ao argumentarem em favor de seus “projetos de estimação”, alguns políticos enfatizam os empregos gerados pelo projeto como benéficos, tanto nas fases de construção como de operação da infraestrutura. Porém, os salários são parte dos custos do projeto, não dos benefícios. O benefício social do emprego já está dado pela utilização do preço sombra da mão-de-obra, disponível no catálogo de parâmetros, e que tende a reduzir o custo com salários considerado no projeto. Assim, se o custo com salários for devidamente corrigido pelos preços sombra, não faz sentido considerar adicionalmente a geração de empregos dentre os benefícios do projeto. No entanto, uma análise separada dos impactos sobre o mercado de trabalho pode ser útil sob certas circunstâncias e finalidades.

4.7. Indicadores de Viabilidade Socioeconômica

Os indicadores de viabilidade socioeconômica que compõem a ACB, obtidos por meio do fluxo de caixa comparativo, são os abaixo:

- **Valor Social Presente Líquido Comparativo ($\Delta VSPL$):** é a diferença entre o total de benefícios e custos dos cenários alternativo e base, descontado à Taxa Social de Desconto (TSD);
- **Valor Anual Equivalente (VAE):** valor que, se recebido anualmente pela vida útil do projeto, teria o mesmo $\Delta VSPL$ que o próprio projeto;
- **Taxa de Retorno Econômica (TRE):** a taxa de desconto que resulta em um valor igual a zero para o $\Delta VSPL$ e corresponde ao retorno socioeconômico do projeto;
- **Índice Benefício-Custo (B/C):** dado pelo quociente entre os valores presentes de benefícios e custos econômicos.

4.7.1. Montagem do Fluxo de Caixa Comparativo

Todos os indicadores socioeconômicos devem ser calculados a partir do fluxo de caixa comparativo (ou incremental), exigindo especial atenção na sua montagem. Embora alguns indicadores possam ser calculados para um único cenário isoladamente, o Guia ACB prescreve a análise comparativa (ou análise “base 0”), que pressupõe a existência de dois cenários: o do projeto ou alternativo (A) e o cenário base ou contrafactual (B). O cenário comparativo (C) será a diferença entre esses cenários, conforme a seguinte equação, válida para todas as contas do fluxo de caixa:

$$C=A-B$$

Dessa forma, apenas os indicadores socioeconômicos calculados a partir do cenário comparativo devem ser considerados, pois é o que revela os custos e benefícios econômicos líquidos. Dessa forma, não se recomenda avaliar os custos, benefícios e indicadores de um projeto ou cenário isoladamente, mas sempre da variação (Δ) destes, obtida a partir da elaboração do cenário comparativo, ou seja, $\Delta Capex$, $\Delta Opex$, Δ emissões etc.

Nesse sentido, um dado item de custo ou externalidade pode representar um custo ou um benefício líquido no cenário comparativo resultante, a depender do cenário base escolhido. Como exemplo, suponha-se que seja avaliada a adoção de ônibus de última geração movidos a

biogás num determinado corredor de transporte, e que cada veículo tem uma emissão líquida de apenas 20 kg de CO₂eq/pass.ano no trecho. Se for adotado como cenário base a frota convencional movida a diesel, cuja emissão é de 200 kg de CO₂eq/pass.ano, o projeto apresenta um benefício líquido monetizável de 180 kg CO₂eq/pass.ano. Entretanto, se no cenário base for considerado um veículo moderno movido a gás natural (GNV), que emita 80 Kg de CO₂eq/pass.ano, o projeto representará um benefício líquido de apenas 60 kg CO₂eq/pass.ano. No extremo, se considerado no cenário base um veículo 100% elétrico, com emissão 0, o mesmo projeto representará um custo líquido de 20 kg de CO₂eq/pass.ano.

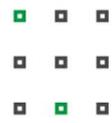
Outro aspecto a ser observado é definição do “Ano 0” do fluxo de caixa. Uma vez que o fluxo de caixa é trazido a valor social presente líquido, é preciso definir o ano 0 do cenário, para o qual convergem os indicadores socioeconômicos, inclusive o Δ VSPL. Portanto, o ano 0 será o de referência para o analista e o tomador de decisão. O ano 0 deve ser o ano imediatamente anterior ao início dos desembolsos para instalação do projeto, sendo esta a regra geral. Assim, se o início das obras foi previsto para ocorrer em 2023, o ano 0 será 2022. Entretanto, sendo justificável, pode-se incluir, por exemplo, um intervalo entre o ano 0 e o início da execução do projeto. Por exemplo, um projeto pode ter o ano 0 definido para 2021, o ano 1 (2022) pode ser dedicado à licitação para seleção do operador, e o ano 2 (2023), o de início das obras. Nesse caso, o fluxo de caixa será descontado por um período a mais, o que pode modificar o resultado dos indicadores socioeconômicos em relação à situação base.

Além disso, é importante a definição da data-base do fluxo de caixa, aplicável para todos os fins. Variações inflacionárias são desconsideradas na análise socioeconômica; entretanto, os dados de entrada de todos os cenários precisam estar atualizados (inflacionados ou deflacionados) para uma data-base única, evitando distorções em preços relativos. Assim, eventuais correções de valores de entrada devem ser feitas utilizando como padrão o Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA/IBGE). Nos casos em que for mais conveniente, a escolha de outros índices de correção pode ser justificável e deve ser explicitada no relatório da ACB. Essa data-base pode ser a mesma do ano 0 do projeto. Entretanto, nada impede que seja definida para um ano distinto. Não há prejuízos caso o ano 0 seja 2021, e a data-base de cotação de valores, 2020, por exemplo, desde que fique claro que o fluxo de caixa e os indicadores resultantes estão a preços de 2020.

Por fim, caso necessária a conversão para reais de valores em moeda estrangeira (geralmente dólar), recomenda-se utilizar o câmbio médio do ano da data-base do estudo, evitando-se as flutuações de curto prazo do câmbio. Caso o valor em moeda estrangeira tenha sido cotado muito tempo antes da data-base (4 anos ou mais), é recomendável o reajuste do preço em moeda estrangeira, pela aplicação do índice de inflação da moeda de origem, até o ano da data-base, quando deve ser feita a conversão para reais.

Segue exemplo simplificado de montagem do fluxo de caixa comparativo

Montagem de fluxo de caixa comparativo simplificado*						
Conta / indicador	2022 Ano 0	2023 Ano 1	2024 Ano 2	2025 ... Ano 3 2037Ano 15...	... 2052 ... Ano 30
Cenário alternativo (A)						
Capex		-1.000	-1.000	-50	-50	-50
Opex		- 10	-20	-30	-30	-30
Emissões GEE		-101	-102	-103	-115	-130



Confiabilidade (DAP)		90	100	110	230	380
Total		-1.021	-1.022	-73	35	170
Cenário base (B)						
Capex		-30	-30	-30	-30	-30
Opex		-100	-100	-100	-100	-100
Emissões GEE		-131	-137	-143	-238	-450
Confiabilidade (DAP)		100	101	102	114	129
Total		-161	-166	-171	-254	-451
Cenário Comparativo (C = A – B)						
	Δ VSP					
ΔCapex	-R\$ 1.897	-970	-970	-20	-20	-20
ΔOpex	R\$ 779	90	80	70	70	70
ΔEmissões	R\$ 996	30	35	40	123	320
ΔConfiabilidade	R\$ 756	-10	-1	8	116	251
Total Líquido	R\$ 634	-860	856	98	289	621
Indicadores socioeconômicos (TSD=8,5% a.a.)						
ΔVSPL	R\$ 634					
VAE	R\$ 58,9					
TRE	11,4%					
B/C	1,57					

* para fins de simplificação do exemplo, só foi utilizada uma externalidade positiva e uma negativa.

4.7.2. Escolha da melhor opção com base nos indicadores socioeconômicos

A escolha do indicador mais apropriado (ΔVSPL, TRE, B/C) para avaliar a opção preferida pode levantar algumas questões. É natural e preferível que os projetos com o ΔVSPL mais alto sejam selecionados, o que é consistente com a meta de maximização do benefício líquido para a sociedade. No entanto, as restrições orçamentárias e o contexto da tomada de decisão podem recomendar opções com um ΔVSPL inferior em dadas circunstâncias. A análise de risco e sensibilidade também deve ter um impacto significativo nos resultados, ao mostrar o quão é o resultado é sensível a uma mudança em algumas variáveis-chave. Da mesma forma, a análise distributiva deve ser considerada na tomada de decisão, ao apontar quais propostas promovem uma distribuição de custos e benefícios mais equitativa.

Para fins de reflexão acerca dessas questões, apresenta-se o seguinte exemplo:

Alternativas	Custos	Benefícios	ΔVSPL	B/C
A	\$10M	\$17M	\$7M	1,7
B	\$50M	\$70M	\$20M	1,4
C	\$100M	\$120M	\$20M	1,2

Usar estritamente o ΔVSPL como regra de decisão indicaria a alternativa B ou C como a melhor escolha, pois ambas apresentam resultados iguais de \$20M. Entretanto, havendo restrição orçamentária, o índice B/C apontaria a escolha de B em detrimento da C. Se apenas o índice B/C fosse usado como regra de decisão primária, levaria à seleção da alternativa A.

4.8. Análise de Risco

4.8.1. Testes Mínimos de Sensibilidade

A análise de sensibilidade permite identificar as variáveis mais “críticas” do projeto. São aquelas cujas variações impactam mais significativamente o resultado da viabilidade socioeconômica. Para a análise, deve-se testar as alterações de uma variável por vez, mantendo as demais constantes, observando-se o efeito da mudança na variável sobre o Δ VSPL (elasticidade). A princípio, recomenda-se considerar “críticas” as variáveis mais “elásticas”, ou seja, aquelas para as quais uma mudança de $\pm 1\%$ do valor base resulta uma variação de mais de 1% no Δ VSPL resultante.²³

Dada sua importância, é recomendável que sejam testadas as seguintes variáveis:

- Valor do tempo;
- Custo operacional (VOC)
- Custos de acidentes;
- Premissas e condicionantes da demanda (ex. PIB, demografia etc.);
- Taxa de crescimento do tráfego no tempo;
- Tempo de implantação do empreendimento (e início de geração de benefícios);
- Custos de investimento e manutenção (desagregadamente);

Outra forma de testar a sensibilidade das variáveis sobre a viabilidade do projeto refere-se ao cálculo do “ponto de inflexão”, para cada variável individualmente. O ponto de inflexão representa o valor (ou a variação) que uma determinada variável analisada deve assumir para que o Δ VSPL do projeto se iguale a zero, ou seja, para que o sinal de viabilidade do projeto se inverta. A avaliação do ponto de inflexão na análise de sensibilidade, além de reforçar a análise de criticidade da variável, também permite fazer julgamentos sobre os riscos do projeto e oportunidades de prevenção.

A seguir, apresentam-se exemplos de análise de sensibilidade por meio da elasticidade e pontos de inflexão das variáveis:

Análise de elasticidades				
Variável (choque de 1%)	Cenário base		Cenário alternativo	
	Varição Δ VSPL	Elasticidade	Varição Δ VSPL	Elasticidade
Demanda	3,1%	3,1	-1,4%	-1,4
CAPEX	0,2%	0,2	-0,8%	-0,8
OPEX	0,2%	0,2	-1,0%	-1,0
Velocidades	-0,6%	-0,6	0,6%	0,6
Valor do tempo	0,6%	0,6	-0,6%	-0,6
Acidentes	0,4%	0,4	-0,4%	-0,4

²³ Para maiores detalhes, consultar o Guia ACB.



Emissões	0,2%	0,2	-0,2%	-0,2
Custo operacional	5,3%	5,3	-5,1%	-5,1

Pela análise, seriam críticas apenas as variáveis custo operacional (VOC) e demanda. O Opex do cenário alternativo resultou no limite da criticidade (-1,0). Para as demais, houve uma variação no Δ VSPL inferior a 1% como resposta a um choque de 1% na variável.

Análise de pontos de inflexão		
Variável	Cenário base	Cenário Alternativo
Demanda	-46,8%	165,3%
CAPEX	-521,1%	128,8%
OPEX	-478%	97,3%
Velocidades	N/D	-193,7%
Valor do tempo	-172,4%	154,3%
Acidentes	-246,0%	233,4%
Emissões	-501,6%	552,2%
Custo operacional	-19,0%	19,7%

Pela análise, observa-se que a variável com maior potencial de inversão do sinal do Δ VSPL, tanto para o cenário base como alternativo, é o custo operacional. Em ambos, uma variação de menos de 20% no VOC já seria suficiente para a inversão do sinal. Outra variável que se apresenta relevante na análise é a demanda, especialmente no cenário base. Por outro lado, as demais variáveis teriam que sofrer variações muito elevadas para atingirem o ponto de inflexão do Δ VSPL. Resultados inconsistentes ou com variações extremas podem ser omitidos na planilha, representando-se por “N/D”.

A fim de se evitar equívocos, recomenda-se cautela na interpretação dos resultados dos pontos de inflexão, especialmente em situações em que o Δ VSPL encontre-se próximo de 0 (a TRE está próxima da TSD e o índice B/C próximo de 1,0). Nessas condições, pequenas oscilações nos valores das principais variáveis são suficientes para a inversão do sinal do Δ VSPL, criando uma falsa percepção de grande sensibilidade (i.e. risco) do projeto avaliado. Não significa, entretanto, que todas as variáveis sejam de fato críticas. Nesse caso, para evitar interpretações equivocadas, recomenda-se a análise dos resultados da inflexão em conjunto com os resultados das elasticidades das variáveis. De todo modo, se o projeto possui Δ VSPL próximo de 0, é recomendável a consideração de um projeto alternativo ou a revisão do escopo do projeto com foco na redução de custos e ampliação de benefícios.

4.8.2. Riscos Típicos em Transportes

Após as análises de sensibilidade, uma avaliação de risco deve ser realizada, nos moldes do exposto no Guia Geral, podendo incluir, mas não se limitando às seguintes tipologias de riscos:

Etapa/tipologia	Exemplos de Riscos
Regulatório	- Mudanças em requisitos ambientais

	- Mudanças no marco regulatório do serviço
Análise de Demanda	- Surgimento de alternativa logística viável - Premissas econômicas muito otimistas - Quebra de safra ou de demanda
Projeto	- Estudos muito superficiais ou inadequados - Estimativas de custo inadequadas - Prazos de entregas inexequíveis
Administrativo	- Licenças de Construção
Aquisição de Propriedades	- Custos de desapropriação e realocação acima dos previstos - Atrasos processuais
Contratação	- Atrasos processuais - Falta de interessados - Cartelização dos fornecedores
Ambiental	- Surgimento de passivos não previstos - Subestimação de custos ambientais - Atrasos na obtenção das licenças - Mudanças climáticas
Construção	- Custos sub ou superestimados - Inundações, deslizamentos de terra etc. - Achados arqueológicos - Contratado: falta de recursos, falência do contratado
Operação e Financiamento	- Receita menor do que esperada - Custos de operação e manutenção maiores do que os esperados
Outros	- Falta de apoio da sociedade - Interferências de ordem política

Deve ser sempre realizada uma análise qualitativa sobre o conjunto dos riscos considerados. Para projetos mais complexos, estratégicos, sensíveis ou com melhor disponibilidade de dados, deve ser realizada também uma análise estatística e probabilística dos riscos, nos moldes do exposto no Guia ACB.

4.9. Análise Distributiva

A análise distributiva considera a distribuição dos impactos das intervenções entre diferentes regiões, grupos e estratos sociais, sendo uma etapa fundamental no processo de análise de custo-benefício. A análise distributiva deve esclarecer para os tomadores de decisão os principais efeitos do projeto sobre cada estrato da sociedade. A principal forma de fazê-lo é por meio da identificação dos *stakeholders* que foram considerados na análise, apresentando-se também os quantitativos envolvidos. Em síntese, a matriz de riscos deve demonstrar quem paga os custos, quem recebe os benefícios e quais os quantitativos, permitindo aos tomadores de decisão inferir se o projeto é promotor de equidade ou reforça desigualdades sociais.

Projetos de investimento em infraestruturas de transporte afetam, de forma direta ou indireta, uma vasta gama de usuários, atividades produtivas ou mesmo os não usuários, conforme no exemplo abaixo:

Exemplo de Matriz de Stakeholders (R\$ mil, valor presente)



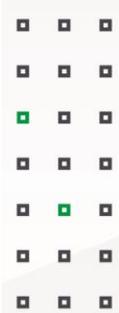
<i>Stakeholders</i>	Usuários de baixa renda	Demais usuários	Não-usuários de baixa renda	Demais Não-usuários	Operador dos serviços	Governo / contribuintes	FC	Sociedade em geral (ΔVSPL)
Benefícios								
Receita de pedágios	-20.486	-50.401			70.887			0
Benefícios diretos finais	24.758	58.930						83.688
DAP – redução de ruídos			1.149	5.550				6.699
Danos ambientais não compensados			-6.558	-8.816				-15.374
Custos								
Capex					-60.000		0,726	-43.560
Opex					-19.848		0,845	-16.772
Impostos					-24.102	24.102		0
Contraprestação PPP					35.820	-35.820	1,33	-11.821
Fluxos líquidos de recursos	4.272	8.529	-5.409	-3.266	2.757	-11.718		2.861

Neste exemplo hipotético e ilustrativo, observa-se que resultado final do projeto é positivo (ΔVSPL de R\$ 2.861 mil). Entretanto, dados os resultados negativos para alguns segmentos, é necessário observar a distribuição de custos e benefícios entre as categorias de stakeholders, especialmente para os de baixa renda, a fim de verificar se persistem custos socioeconômicos que demandem medidas compensatórias adicionais.

4.10. Alternativas de implementação

Diferentes modalidades de arranjos contratuais para execução do projeto podem apresentar diferentes retornos socioeconômicos. Por isto, as alternativas de contratação devem ser consideradas na ACB, sendo três os principais tipos de efeitos sobre os custos e/ou benefícios socioeconômicos a serem observados:

1. Se há cobrança pelo serviço, o que pode afetar a demanda e os benefícios totais esperados do projeto;
2. Se há fluxos de recursos provenientes ou destinados ao Governo a partir da implantação do projeto, considerando-se o peso morto do gasto público;
3. Se há ineficiências na execução de obras ou na prestação dos serviços, geralmente associadas à participação do poder público na sua execução, podendo alterar prazos, custos e geração de benefícios do projeto.



No Guia ACB (Cap. 11) são encontradas considerações adicionais, exemplos e sugestões de medidas a serem tomadas caso se opte pela realização do investimento segundo as distintas modalidades disponíveis, em geral, obra pública, parceria público-privada ou concessão.

4.11. Apresentação dos resultados

A apresentação dos resultados da ACB em transportes deve ser realizada na forma de Relatório de ACB. Na sua estrutura, espera-se que o proponente do projeto de investimento replique a mesma ordem lógica dos capítulos deste Manual, bem como o formato e nível de informações estabelecidos no Guia Geral (Cap. 12 – Apresentação de Resultados). Além disso, para facilitar a assimilação dos resultados pelos decisores, recomenda-se a elaboração de um quadro-resumo, incluindo para cada cenário alternativo: i) indicadores de viabilidade, ii) resumo da análise de risco; iii) resumo da análise distributiva e iv) resumo da análise das alternativas de implantação.

5. Bibliografia citada

ANTT. Sistema de Acompanhamento e Fiscalização do Transporte Ferroviário -SAFF. Agência Nacional de Transportes Terrestres. Disponível em: <https://portal.antt.gov.br/saff>.

ARRUDA, B. D. L. ; SILVA, L. R. ; ANTUNES, R. T. ; GOMES, H. A. S. ; YAMASHITA, Y.. Uma proposta de avaliação de desempenho para os sistemas de transporte rodoviário interurbano de passageiros. Transportes (Rio de Janeiro), v. 20/1, p. 41-49, 2012.

BERNARDES, Leandro Lopes. Avaliação da qualidade do serviço de transporte rodoviário interestadual de passageiros através do desenvolvimento de um sistema de indicadores. 2006. 138 f. Dissertação (Mestrado em Transportes) - Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

BRASIL. Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995.

BRUTON M. *Introduction to Transportation Planning*. 3ª ed. London, University College London, England. 1979.

BRUTON, M. *Introdução ao Planejamento dos Transportes*. Tradução: João Bosco Furtado Arruda, Carlos Braune, César Cals de Oliveira Neto. Editora Interciência, Rio de Janeiro; e Editora da Universidade de São Paulo: São Paulo, 1979.

CLAD. *La responsabilización en la nueva gestión pública latinoamericana*. Buenos Aires: Eudeba, 2000.

EPL. Plano Nacional de Logística – PNL 2025. Empresa de Planejamento e Logística S. A. Disponível em: <http://www.epl.gov.br/consulta-publica-n-1-2018>. Acesso em abril de 2018. 2018.

EPL. Metodologia de Custos de Transportes. Empresa de Planejamento e Logística S. A. Disponível em: <https://www.epl.gov.br/manual-metodologia-de-custos-de-transporte> . Acesso em janeiro de 2020. 2020.



EPL. Plano Nacional de Logística – PNL 2035. Disponível em: <https://ontl.epl.gov.br/planejamento/> . Acesso em janeiro de 2022. 2022.

EPL. Metodologia EPL-IEMA para Emissões de GEE e Poluentes Locais. Empresa de Planejamento e Logística S. A. Disponível em: https://ontl.epl.gov.br/wp-content/uploads/2021/03/Metodologia-Emissoes_GEE.pdf.

European Commission - EC. Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects - Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020. Bruxelas: Escritório de Publicações da União Europeia, 2015.

European Commission -EC. *Towards Passenger Intermodality in the EU. Report 2: Analysis of the National Inventories on Passenger Intermodality.* European Commission, Dortmund, October 2004.

Ferrari, T. K. e Pompermayer, F. M. TD 2465 - *Avaliação dos Critérios de Escolha de Operador pelos Embarcadores de Carga: uma proposta de custos generalizados de transporte.* IPEA, 2019. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/9137>

FERLIE, Ewan; PETTIGREW, Andrew; ASHBURNER, Lynn; FITZGERALD, Louise *The New Public Management in Action.* Oxford: Oxford University Press. 1996.

FHWA. *Measuring the Impacts of Freight Transportation Improvements on the Economy and Competitiveness.* Disponível em: <https://ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop15034/ch4.htm> . publicado em maio de 2020.

FHWA. *Toolbox for Regional Policy Analysis. Website.* Disponível em: www.fhwa.dot.gov/planning/toolbox/index.htm .Acesso em janeiro de 2022.

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>

Jones, Heather & Moura, Filipe & Domingos, Tiago. (2014). *Transport Infrastructure Project Evaluation Using Cost-benefit Analysis.* Procedia - Social and Behavioral Sciences. 111. 400-409. 10.1016/j.sbspro.2014.01.073.

JONES, Peter. An overview of stated preference techniques. An Overview of Stated Preference Techniques. Introduction to Stated Preference Techniques, 1991.

Kockelman Kara, T. Donna Chen and Brice Nichols, "The economics of transportation systems: A Reference for Practitioners", Center for Transportation Research, 2013.

LANE, J-E. New Public Management. London: Routledge. 2000.

MAGALHÃES, M. T. Q., ARAGÃO, J. J. G. DE, E YAMASHITA, Y. b. Definições formais de mobilidade e acessibilidade apoiadas na teoria de sistemas de Mario Bunge. Revista Paranoá. 9. 1. 10.18830/issn.1679-0944.n9.2013.12293. 2014.

MAGALHÃES, M. T. Q.; YAMASHITA, Y. Repensando o Planejamento (*Rethinking the Planning Process*). Textos para Discussão - CEFTRU, v. 04, p. 1-30, 2009.

MARCELO, Darwin et al. Prioritizing infrastructure investment: a framework for government decision making. World Bank Policy Research Working Paper, n. 7674, 2016.

Brasil. Ministério da Economia. Guia geral de análise socioeconômica de custo-benefício de projetos de investimento em infraestrutura. Brasília: SDI/ME, 2021. 92 p.

MINFRA. Portaria nº 123, de 21 de agosto de 2020.

MINFRA. Portaria nº 792, de 28 de julho de 2021.

MINFRA. Plano Aeroviário Nacional – PAN. Relatório para tomada de subsídios. Secretaria de Aviação Civil. Brasília, 2022.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. Plano Nacional de Logística e Transportes - PNL. Relatório Executivo. Ministério dos Transportes e Ministério da Defesa. Brasília. 2007.

MTPA b. Política Nacional de Transportes: Livro de Estado. Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil. Brasília: MTPA, 2018. 1 v.: gráfs., II 2018.

MTPA. Plano Aeroviário Nacional 2018 - 2038. Metodologia e resultados. Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil. Brasília. Disponível em: www.infraestrutura.gov.br/pan. 2018.

Nordhaus, William D. (2017). *Evolution of Assessments of the Economics of Global Warming: Changes in the DICE model, 1992–2017*. Climatic Change, 148, 4, Pp. 623-640. Disponível em: <https://williamnordhaus.com/publications/evolution-assessments-economics-global-warming-changes-dice-model-1992-2017>.

O'FLYNN, J. *From New Public Management to Public Value: Paradigmatic Change and Managerial Implications*. Australian Journal of Public Administration, 66: 353-366. doi:10.1111/j.1467-8500.2007.00545.x 2007.

PERREAULT JR, William D.; YOUNG, Forrest W. Alternating least squares optimal scaling: Analysis of nonmetric data in marketing research. Journal of Marketing Research, v. 17, n. 1, p. 1-13, 1980.



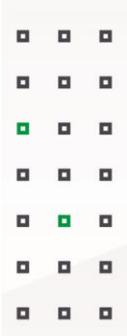
PICKRELL S, SYSTEMATICS, C. *Transportation performance measures for outcome based system management and monitoring*. Oregon. Dept. of Transportation. Cambridge Systematics. Tech Report. 2014.

SOWA, John F. Ontology, metadata, and semiotics. In: International conference on conceptual structures. Springer, Berlin, Heidelberg, 2000. p. 55-81.

TAAFFE, E. J., GAUTHIER, H. L. E O'Kelly, M. E. *Geography of transportation*. 2nd ed. Prentice-Hall: Upper Saddle River, NJ. 1996.

Transportation Research Board (TRB) (Califórnia, EUA). *Transportation Benefit-Cost Analysis*. Acesso em 2018. Disponível em: <http://bca.transportationeconomics.org/>

VASCONCELLOS, S. C. ; SILVA, L. R. ; ALDIGUERI, D. R. ; CARNEIRO, L. G. P. L. ; YAMASHITA, Y.. *A proposal of an indicators system for quality evaluation of the brazilian's interstate and international coach transportation system*. In: Thredbo 10: The 10th International Conference on Competition and Ownership in Land Passenger Transport. 2007.



APÊNDICE I – SISTEMA DE INDICADORES DO PLANO NACIONAL DE LOGÍSTICA 2035

Objetivo PNT	Elemento de representação	Indicador	Unidade	Polaridade	Nível de análise
Prover um sistema acessível, eficiente e confiável para a mobilidade de pessoas e bens	Acessibilidade	Tempo médio ponderado para cargas	segundos/quilômetro	Menor Melhor	Camada estratégica
		Tempo médio ponderado para pessoas	segundos/quilômetro	Menor Melhor	Camada estratégica
	Eficiência	Custo total do transporte de cargas	R\$ Bi	Menor Melhor	Camada estratégica
		Custo médio de transporte de cargas	R\$/1000*TKU	Menor Melhor	Camada estratégica
		Custo médio de transporte de cargas para a camada internacional	R\$/1000*TKU	Menor Melhor	Camada estratégica internacional
Confiabilidade	Variação relativa do tempo médio ponderado para cargas	%	Menor Melhor	Camada estratégica	
Garantir a segurança operacional em todos os modos de transporte	Segurança	Índice de Segurança	Número índice (>=1)	Menor Melhor	Camada estratégica
Prover uma matriz viária racional e eficiente	Racionalidade da Matriz de Transportes	Matriz de Transportes em TKU	%		Nacional
		Matriz de Transportes em VKU	%		Nacional
Promover a cooperação e a integração física e operacional internacional	Integração Internacional	Tempo médio ponderado para cargas para a camada internacional	segundos/quilômetro	Menor Melhor	Camada estratégica internacional
Considerar as particularidades e potencialidades	Impacto do Transporte no Desenvolvimento Econômico	Impacto de Investimentos no PIB	%	Maior Melhor	Nacional
		Impacto de Investimentos no PIB (Regional)	%	Maior Melhor	Regional
Atuar como vetor de desenvolvimento socioeconômico e sustentável do país	Sustentabilidade Ambiental	Volumes de gases de efeito estufa emitidos	Gg CO2 equivalente	Menor Melhor	Camada estratégica
	Sustentabilidade Econômica	Desembolso	R\$ Bi	Menor Melhor	Camada estratégica
Garantir a infraestrutura viária adequada para as operações de segurança e defesa nacional	Atendimento às demandas de Defesa e Segurança Nacional	Tempo médio ponderado para cargas no recorte de defesa e segurança nacional	segundos/quilômetro	Menor Melhor	Camada Estratégica para a Segurança e Defesa Nacional



O sistema de indicadores desenvolvido para o Plano Nacional de Logística – PNL 2035 buscou caracterizar os cenários futuros simulados a partir das métricas descritas abaixo. Tais indicadores refletem aspectos da Política Nacional de Transportes e permitem a comparação entre cenários, subsidiando as análises estratégicas e tomada de decisão.

As métricas a seguir são exemplificativas, cabendo a adequação à cada modelo de simulação de rede de transportes adotado nos estudos específicos, visto que estes resultaram na fonte de dados para cálculo dos indicadores. Os modelos de simulação de rede de transportes do PNL 2035 abrangem todos os modos de transporte, para o transporte de bens e pessoas em nível intermunicipal, de forma integrada. Porém, alguns modos ou subsistemas utilizam processos específicos para simulação, como o transporte aéreo, por exemplo, o que resulta na necessidade de adequação das métricas para o caso específico conforme disposto à diante.

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 *links* que foram contemplados na Camada Estratégica de Análise (CEA) e pertencentes aos modos rodoviário, ferroviário, hidroviário e cabotagem. 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. As etapas de cálculo são seguir:

Etapa 1: calcular o tempo médio, em seg/km, para cada *link* e para cada um dos 38 produtos da matriz de carga. Como o tempo médio entre os produtos é o mesmo para qualquer produto que utiliza uma mesma infraestrutura, uma média simples pode ser aplicada. Para os $i \in (1, 38)$ produtos que passam o *link j*, a seguinte fórmula é aplicada:

$$\text{Tempo Médio}_j = \frac{\sum_{i=1}^{38} \frac{\text{Tempo para perpassar o link}_{i,j}}{\text{Comprimento do link}_j}}{38}$$

Etapa 2: 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*:

$$\text{Veículos por quilômetro}_j = \left(\sum_{i=1}^{38} \text{Veículos}_{i,j} \right) * (\text{Comprimento do link}_j)$$

Etapa 3: calcular o tempo médio ponderado para os n *links* abarcados pelo indicador:

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

Etapa 4: por fim, 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:

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

$$\begin{aligned} \text{Tempo Médio para Cargas} &= \frac{TKU \text{ Modelo}}{TKU \text{ Total}} * \text{Tempo Médio do Modelo} \\ &+ \frac{TKU \text{ Aeroviário}}{TKU \text{ Total}} * \text{Tempo Médio Aeroviário} \\ &+ \frac{TKU \text{ Dutoviário}}{TKU \text{ Total}} * \text{Tempo Médio Dutoviário} \end{aligned}$$

Diferença entre o tempo médio do cenário e o tempo médio de referência

Esse indicador reflete a diferença percentual entre o Tempo Médio Ponderado para Cargas, referido anteriormente, e o Tempo Médio de Referência para Cargas. Por sua vez, o Tempo Médio de Referência para Cargas é calculado da mesma forma que o Tempo Médio Ponderado para Cargas, com alteração no cálculo da variável Tempo Médio_j ²⁴, que é calculada da seguinte forma:

$$\text{Tempo Médio}_j = \frac{\sum_{i=1}^{38} \frac{\text{Tempo de Fluxo Livre para perpassar o link}_{i,j}}{\text{Comprimento do link}_j}}{38}$$

O Tempo de Fluxo Livre representa o valor para a carga perpassar o *link* sob a hipótese de ausência de tráfego. Supõe-se ainda que o tempo médio para o modo aeroviário e dutoviário, utilizados na Etapa 4 de cálculo do Tempo Médio Ponderado para Cargas, já estejam em seus tempos de fluxo livre, de forma que não há alteração de seus valores.

Em posse dos valores para o Tempo Médio Ponderado para Cargas e Tempo Médio de Referência para Cargas, o indicador de Confiabilidade é calculado como:

$$\text{Diferença} = \frac{\text{Tempo Médio para Cargas}}{\text{Tempo Médio de Referência para Cargas}} - 1$$

Deve-se notar que o Tempo Médio Ponderado para Cargas deve ser necessariamente maior ou igual ao Tempo Médio de Referência para Cargas, de forma que $\text{Diferença} \geq 0$.

Tempo médio ponderado para cargas no recorte internacional

Esse indicador possui o mesmo racional de cálculo do Tempo Médio Ponderado para Cargas, com o diferencial de ser calculado apenas para *links* rodoviários e que estejam contidos na Camada Estratégica para Integração Internacional e, simultaneamente, na Camada Estratégica de Análise. Vale destacar também que a ponderação em relação aos tempos dos modos aeroviário e dutoviário não é feita, de modo que o cálculo se encerra na “Etapa 3”.

Tempo médio ponderado no recorte de segurança e defesa nacional

Para esse indicador, calcula-se o tempo médio ponderado para o tráfego de veículos, também na métrica de “seg/km”. São considerados apenas *links* rodoviários não urbanos e que estejam

²⁴ “Etapa 1” no cálculo do indicador de Tempo Médio para Cargas.



contemplados na Camada Estratégica de Análise e na Camada Estratégica para Segurança e Defesa, simultaneamente. Para obter o indicador, as seguintes etapas de cálculo são realizadas:

Etapa 1: calcular o tempo médio para cargas, em seg/km, para cada *link j* pela seguinte fórmula:

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

Etapa 2: calcular o volume em veículos por quilômetro que perpassam cada *link j*. Para isso, multiplica-se o volume de tráfego do *link j* pelo comprimento desse *link*:

$$\text{Veículos por quilômetro}_j = (\text{Volume de veículos } s_j) * (\text{Comprimento do link}_j)$$

Etapa 3: calcular o tempo médio ponderado para os *n links* abarcados pelo indicador:

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

Tempo Médio Ponderado para o Transporte de Pessoas

O indicador visa refletir o tempo médio, em seg/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 hidroviários também são considerados para o cálculo, por mais que de forma exógena.

Etapa 1: calcular o tempo médio para automóveis e ônibus, em seg/km, para cada *link j* pela seguinte fórmula:

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

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

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.

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

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

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

Etapa 3: calcular o tempo médio para cada *link j*:

$$\text{Tempo Médio}_j = \frac{A_j + B_j}{\text{Veículos por quilômetro}_j}$$

em que

$$A_j = \text{Tempo Médio para Automóveis}_j * \text{Automóveis por quilômetro}_j$$

$$B_j = \text{Tempo Médio para Ônibus}_j * \text{Tempo Médio para Ônibus}_j$$

Etapa 4: calcular a média ponderada para os n links abarcados pelo indicador:

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

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 por quilômetro (PKM) da matriz interurbana:

$$PKM \text{ Total} = PKM \text{ Modelo} + PKM \text{ Hidroviario} + PKM \text{ Ferroviario} + PKM \text{ aeroviário}$$

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

Custo Total do Cenário

Esse indicador visa refletir o custo generalizado de transporte da Camada Estratégica de Análise do cenário, isto é, a soma dos custos operacionais de transporte e dos custos de valor do tempo para cargas. Enquanto que 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 modo²⁵ e grupo de carga²⁶. 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. O cálculo é feito da seguinte maneira, para os n links compreendidos pelo indicador:

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

Custo Total do Cenário por 1000*TKU

Esse indicador visa refletir o custo médio por cada tonelada-quilômetro transportada na Camada Estratégica de Análise. Seu cálculo é feito da mesma forma que o Custo Total do Cenário, mas

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

26 GSA; GSM; OGSM; GL; CGC; CGNC.



divido pelo TKU total do cenário. Essa conta resulta na unidade de R\$/TKU, de forma que, para melhor apresentação, o resultado é multiplicado por 1000, modificando sua unidade para R\$/1000*TKU.

*Custo Total do Recorte Internacional por 1000*TKU*

Da mesma forma que o indicador de Custo Total por 1000*TKU, esse indicador mostra o custo médio por tonelada-quilômetro transportada, mas apenas para os *links* rodoviários, não urbanos e que estão simultaneamente na Camada Estratégica de Análise e na Camada para Camada Estratégica para a Integração Internacional. A forma de cálculo é idêntica ao Custo Total do Cenário por 1000*TKU, mas considerando apenas os *links* que se encaixam nas condições supracitadas.

Custo total do Cenário sobre os Desembolsos

Esse indicador representa a razão entre o Custo Total do Cenário, referido anteriormente, e o Valor Total dos Desembolsos do Cenário. Visa indicar uma razão entre os custos de transporte e valor do tempo e o total desembolsado no período de 2021 a 2035.

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 $k \in (\text{Rodoviário}, \text{Hidroviário}, \text{Cabotagem}, \text{Ferroviário}, \text{Aeroviário}, \text{Dutoviário})$ modo, os seguintes cálculos são realizados:

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

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

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, cabotagem e ferroviários do modelo e os modos aeroviário e dutoviário exogenamente. Para cada $k \in (\text{Rodoviário}, \text{Hidroviário}, \text{Cabotagem}, \text{Ferroviário}, \text{Aeroviário}, \text{Dutoviário})$ modo considerado, os seguintes cálculos são feitos:

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

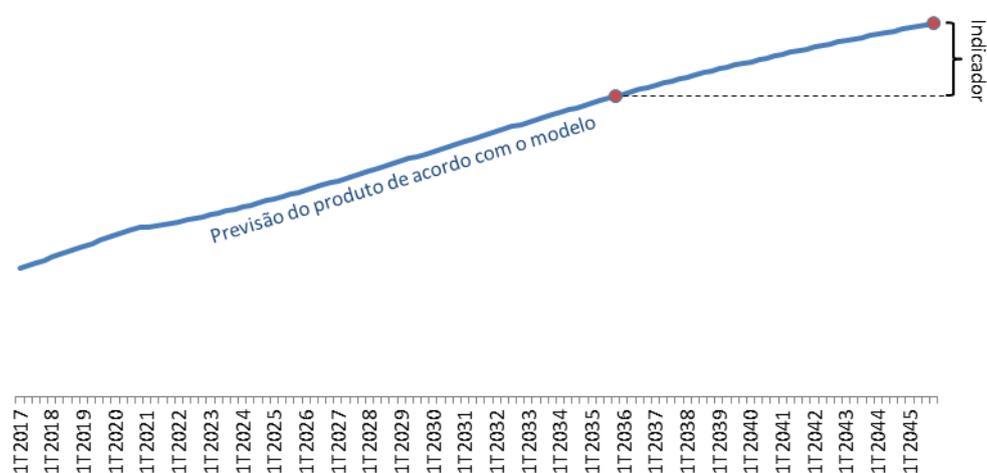
$$Participação \text{ do modo } k = \frac{VKU \text{ Total do modo } k}{VKU \text{ Total}}$$

Valor dos desembolsos do cenário

Representa a soma de todos os custos de manutenção e todos os investimentos realizados nas infraestruturas simuladas compreendendo o período de 2021 a 2035.

Impacto de Investimentos no PIB (Nacional e Regional)

Esse indicador representa o desvio do produto econômico nacional em 2045, ante o produto de 2035, gerado pelo caminho de desembolsos com manutenção e investimento em infraestrutura de 2017 a 2035. Utilizando a metodologia descrita em Munhoz (2020)²⁷, 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. Um exemplo de cálculo do indicador é mostrado na figura abaixo.



Para o recorte regional, foi aplicada a proporção ente a participação do PIB nacional em 2017 e o volume de desembolsos para cada uma das cinco macrorregiões brasileiras sob o impacto nacional calculado anteriormente.

Nível de Segurança 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 2017. De acordo com a metodologia desenvolvida pela EPL, os trechos rodoviários 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) se o tráfego predominante é de veículos de pessoas (automóveis ou ônibus) ou veículos de cargas (pesados). A tabela abaixo resume os índices recebidos para cada caracterização da via.

<u>Tipo de pista</u>	<u>Uso do Solo</u>	<u>Índice de pesados</u>	<u>Índice de leves</u>
----------------------	--------------------	--------------------------	------------------------

27 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.

Múltipla	Rural	0,0000069975	0,0000013479
Múltipla	Urbano	0,0000135247	0,0000104905
Simples	Rural	0,0000066243	0,0000023792
Simples	Urbano	0,0000230773	0,0000054801

Tanto o índice do cenário quanto o índice do cenário base 2017 são calculados da seguinte forma:

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

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

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

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

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

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

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

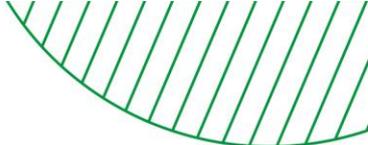
Etapa 3: calcular a razão entre o índice do cenário e o índice do cenário de referência:

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

Emissões de CO₂e do sistema

Compreende a soma do volume de emissões de todos os links rodoviários (carga e passageiros), hidroviários, cabotagem e ferroviários do modelo, além de emissões aeroviárias calculadas de forma exógena. Seu cálculo segue a fórmula abaixo, em que $k \in (\text{Rodoviário}, \text{Hidroviário}, \text{Cabotagem}, \text{Ferroviário}, \text{Aeroviário}, \text{Dutoviário})$ representam os modos de transporte que possuem fatores de emissão específicos para cada grupo de carga transportado, referenciado por $w \in (\text{GSA}, \text{GSM}, \text{OGSM}, \text{GL}, \text{CGC}, \text{CGNC})$. 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 também é feito para os veículos rodoviários de pessoas, em que, para cada tipo $p \in (\text{automóvel}, \text{ônibus})$ existe um fator de emissão atrelado.

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



Os fatores de emissões para cargas foram produzidos pela durante a parceria EPL-IEMA e sua metodologia está disponível no site do Observatório Nacional de Logística de Transportes (ONTL)²⁸. Já os fatores de emissões para ônibus e automóveis foram extraídos do estudo de Carvalho (2011)²⁹.



²⁸ Disponível em: https://www.epl.gov.br/greenbonds#dfliip-df_manual/1/ (Acesso em 23/03/2021).

²⁹ 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.



APÊNDICE II – METODOLOGIAS E PARÂMETROS DE CÁLCULO DE CUSTOS PARA APOIO À REALIZAÇÃO DE ANÁLISES CUSTO-BENEFÍCIO

1. Metodologias sem variação por modo de transporte

De forma geral, as metodologias empregadas na ACB podem ser divididas em duas: aquelas específicas para os modos de transporte como, por exemplo, custo de transporte; e aquelas indiferentes ao modo de transporte. Essa seção se dedica à exposição desse último tipo.

1.1. Valor do tempo para cargas

O tempo gasto em qualquer atividade pode ser entendido como um recurso escasso utilizado em um processo produtivo. Especificamente para mercadorias, um exemplo seria o tempo de transporte, que tem, como custo, o fato de a mercadoria não ser vendida e logo, não se transformar em capital para o produtor. Exemplo correlato pode ser feito para o transporte de pessoas, em que esse tempo poderia ser utilizado de outro modo pelo consumidor. Para ambos os casos, no entanto, quanto menor o tempo de transporte, menor o custo do tempo gasto por essa atividade.

O valor do tempo é uma estimativa do custo de oportunidade atrelado ao transporte de cargas ou pessoas. Por exemplo, o tempo que uma pessoa passa em um deslocamento poderia ser, de outro modo, utilizado para atividades produtivas, como trabalho. Do mesmo modo, o tempo que uma carga passa durante o transporte é corresponde ao tempo que a firma deve esperar até receber as receitas (estoque em trânsito).

Esse conceito também é muito utilizado em modelagens de tráfego rodoviário, em que o valor do tempo constitui um dos custos logísticos, que também soma o custo de transporte (operação do veículo). Nesses casos, o valor do tempo influi na escolha do percurso que o agente adota: percursos com maiores custos de transporte, porém mais rápidos (isto é, com velocidades médias maiores), podem ser preferíveis a percursos com menores custos de transporte, mas mais demorados.

Dada a importância da mensuração correta do coeficiente para modelos de simulação de tráfego e a falta de um método de cálculo do valor do tempo para o transporte de cargas, este trabalho propõe uma metodologia estruturada e de fácil replicação para o cálculo do valor do tempo.

A estratégia adotada para o cálculo empírico do custo do tempo para cargas segue o método em que o valor do tempo para mercadorias é calculado a partir do valor de mercado dos bens, multiplicado por uma taxa de juros e pelo tempo de transporte.

Antes, porém, é necessário comentar as hipóteses necessárias que balizam o modelo proposto. A primeira hipótese (H1) sustenta que a firma produtora não incorre em risco de demanda, isto é, independente do tempo de transporte, a receita está garantida e se concretiza pela firma produtora no mesmo instante que a mercadoria é entregue ao destinatário. Logo, não há punições monetárias por entregas atrasadas ou recompensas por entregas adiantadas.

A segunda hipótese (H2) pressupõe que o produto não sofre nem de obsolescência nem de perecibilidade. Ainda, durante o transporte, não há nenhum risco de perda do produto.

O método foi criado com o pressuposto de que o valor do tempo da carga é igual ao custo de oportunidade da imobilização de recursos (em especial, capital), em forma de mercadoria. Isto

é, seja V o valor de uma unidade da mercadoria e δ a taxa de desconto intertemporal da firma, avaliada por dia. Então, o custo de oportunidade da imobilização de uma unidade de produto para um dia de transporte é:

$$\text{Custo de oportunidade} = \Delta V = V - \left(\frac{V}{(1 + \delta)^{t=1}} \right)$$

Equação 8

A taxa de desconto deve equivaler ao custo de oportunidade da firma produtora em esperar a concretização da receita de venda. Normalmente, esse custo é mensurado pelo custo de capital médio (CMC). O cálculo do indicador foi feito conforme o método recomendado pela Secretaria do Tesouro Nacional (STN, 2015)³⁰, isto é, utilizar valores dos coeficientes do modelo de *Capital Asset Pricing Model* (CAPM) para o mercado estadunidense e corrigi-los para as características (riscos) do mercado brasileiro.

Primeiro, foram coletados os dados de betas alavancados e desalavancados utilizados no mercado norte-americano. Na fonte, esses dados estão estruturados setorialmente. Cada um dos produtos estudados pelo IPEA foi correlacionado a um setor com beta calculado.

Assume-se que o valor de tributação é 34% e a relação dívida-capital próprio é de 1,5. A relação pressupõe-se que as empresas têm 60% do capital provindos de terceiros e 40% do capital próprio. Essa relação também é utilizada em STN (2015). Logo, o beta realavancado por cada produto pode ser calculado como:

$$\beta_{\text{realavancado}} = \beta_{\text{desalavancado}} * (1 + \text{Rel. Dívida} - \text{Capital próprio} * (1 - \text{tributos}))$$

Equação 9

O custo médio do capital próprio (CMCP) é dado por:

$$\text{CMCP} = \frac{r_{\text{free}} + \text{prêmio} * \beta_{\text{realavancado}} + \text{EMBI}}{1 + \text{CPI}}$$

Equação 10

Em que r_{free} é a taxa livre de risco, prêmio é o prêmio de mercado, CPI é o índice de preços ao consumidor americano e EMBI é o indicador EMBI+ do Brasil. Todas as informações do mercado norte-americano (taxa livre de risco e prêmio de mercado) foram obtidas no mesmo site indicado anteriormente. A equação anterior é replicada para cada uma das cargas.

Para o cálculo do custo médio de capital, foi utilizada a taxa de juros do BNDES Automático em junho de 2018 (7,20% a.a.), somado a uma taxa média de 5% a.a. cobrada pelos agentes

³⁰ Nota técnica conjunta nº 39/2015/STN/SEAE/MF

financeiros, de acordo com a própria instituição. Desse modo, o custo médio do capital de terceiros (CMCT) foi de 12,2% a.a. e, portanto, o custo médio do capital é calculado do seguinte modo:

$$CMP = \frac{(D\%) * CMCT + (E\%) * CMCP}{(1 + IPCA)}$$

Equação 11

Em que D% é a participação do capital de terceiros e E% é a participação do capital próprio. Foi realizado um cálculo de CMP para cada tipo de carga.

Calculado os valores para o custo do capital e para o preço da mercadoria, podemos substituir os valores na equação (8) e obter o valor do tempo para cada tipo de carga (tabela 15). Para uma abordagem mais realista, os resultados são apresentados em valores por dia, conforme a tabelas a seguir.

Tabela 14: Exemplos de disposição dos dados relacionados ao valor do tempo (1).

Debt	60,00%
Equity	40,00%
D/E	150,00%
Tributação	34,00%
BNDES Automático (TLP +IPCA)+Taxa BNDES de 2,25%	13,14%
+ taxa de bancos	5,00%
(taxa dos agentes varia entre 5% e 9% a.a., de acordo com o BNDES)	
+ TLP (janeiro de 2020)	1,78%
+ IPCA FOCUS 10.01.20	3,60%

Tabela 15: Exemplos de disposição dos dados relacionados ao valor do tempo (2).

Carga	CMCP	VALOR R\$	CMC a.a.	CMC a.d.	VoT Linear a.d.
GSA	15,94%	R\$ 1.484,86	13,76%	0,03582%	R\$ 0,53
GSNA	21,39%	R\$ 331,92	15,87%	0,04092%	R\$ 0,14
GL	19,32%	R\$ 2.750,71	15,07%	0,03899%	R\$ 1,07
CG	18,17%	R\$ 4.493,01	14,62%	0,03792%	R\$ 1,70

1.1.1. Valor da Vida e Valor do Tempo para o transporte de pessoas

O método para cálculo do valor da vida é utilizado para precificar, em reais, o valor por fatalidade em acidentes de transporte. Para tanto, utiliza-se o relatório técnico “Avaliação da pré-disposição dos passageiros do transporte rodoviário e aeroviário em pagar pelos deslocamentos considerando o tempo de viagem, a segurança e a qualidade dos serviços”, realizado pela equipe do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) âmbito do projeto “Matrizes Origem-Destino de transporte inter-regional de cargas e passageiros, Brasil 2015 a 2050” contratado pela EPL.

Nesse estudo foram coletados dados a partir de um questionário online divulgado pelo IPEA sobre escolhas discretas dos usuários de rodovias quanto à opções aleatórias de caminhos que

envolviam o pagamento de pedágio, risco de acidente fatal e tempo de traslado. Posteriormente, utilizou-se o modelo de *Mixed Multinomial Logit* para o cálculo da propensão a pagar pela vida e propensão a pagar sobre o tempo de traslado. Os valores encontrados para esses fatores tiveram seus preços corrigidos a partir do Índice de Preço ao Consumidor Amplo (IPCA).

Os resultados encontrados são mostrados na Tabela abaixo.

Tabela 16: Valores da vida e do tempo para o transporte de pessoas.

Parâmetro	Valor (dez/2021)
Valor da Vida	R\$ 3.367.242,68 por morte
Valor do Tempo das pessoas transportadas	R\$ 31,63 por hora

Para o resultado de valor do tempo para o transporte de pessoas, que engloba o transporte de passageiros e particular, deve-se ponderar, para o caso do modo rodoviário, a subdivisão desses dois modos. Para isso, dividiu-se o valor do estudo do IPEA pelo salário médio por hora em cada faixa de renda da amostra e, posteriormente, verificou-se os perfis de renda dos viajantes. Para pessoas em veículos particulares próprios (automóveis ou motocicletas) foi utilizado o perfil de renda obtido na Pesquisa de Origem-Destino rodoviária feita pela EPL em 2014, chegando à disposição a pagar como fração da renda em 74% para viajantes em veículos próprios e 78% para viajantes em ônibus. Essas frações são próximas, inclusive, daquelas utilizadas pelo Departamento de Transporte Americano (DoT).

A partir da renda média para usuários de veículos próprios em rodovias e para usuários de ônibus, chega-se aos valores expostos na Tabela a seguir.

Tabela 17: Valores do tempo para o transporte de pessoas.

Parâmetro	Valor (dez/2021)
Valor do tempo para usuários de veículos próprios	R\$ 244,63 por dia
Valor do tempo para usuários de ônibus	R\$ 160,01 por dia

Seguindo a referência do *Department of Transportation (DoT)*³¹ e na ausência de pesquisas setoriais para a estimativa desses parâmetros para a realidade brasileira, recomenda-se utilizar o mesmo valor do tempo de usuários de ônibus, para os de transporte regular de passageiros por vias hidroviárias e ferroviárias.

1.2. Valor da Segurança Operacional

O parâmetro de custo envolvido no socorro e gastos hospitalares de ilesos e feridos em acidentes de transportes foi calculado com base no relatório³² “*Estimativa dos custos dos acidentes de trânsito no Brasil com base na atualização simplificada das pesquisas anteriores do*

³¹ https://www.fhwa.dot.gov/policy/otps/pubs/bca_report/senate_bca_report_05172016_revised.pdf

³² https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=27755

lpea”, produzido por equipes do Ipea em 2015. Os valores médios atualizados constam na tabela abaixo:

Tabela 18: Valores do custo de acidentes.

Gravidade do acidente	Custo médio (dez/2021)
Com feridos	R\$ 251.807,38 por ferido
Com Ilesos	R\$ 36.110,15 por ileso

1.3. Valor das emissões de gases de efeito estufa e poluentes locais

Por mais que o fator de emissões de gases poluentes e de efeito estufa varie de acordo com o modo de transporte e a metodologia adotada, a precificação dessas emissões é comum a todos os modos. As emissões de gases de efeito estufa em uma localidade provocam alterações climáticas de longo prazo e ambientais no mundo inteiro e, por consequência, afetam a produção de vários produtos, alterando, com isso, a logística dos mesmos.

Dentre as várias tentativas de incentivar menor emissão desses gases por parte da indústria, a comunidade internacional desenvolveu um sistema de crédito de carbono, um mercado organizado em que se compra e vende cotas de emissão de poluentes. Contudo, esse sistema pode não espelhar o valor social das emissões de gases estufas por dois motivos: (i) o valor do crédito de carbono estaria muito mais relacionado à dificuldade em atualização tecnológica para processos industriais menos poluentes; e (ii) os mercados de crédito de carbono ainda não possuem uma abrangência global e nem um valor único para todos os países – contudo, o impacto da emissão de poluentes não é restrito à origem das emissões.

Os modelos chamados de *Integrated Assessment Models* (IAM) são o estado da arte em modelagem ambiental sob uma ótica econômica e geram um valor monetário por dióxido de carbono emitido ao considerarem fatores como mudanças na produtividade agrícola, na saúde humana, danos a propriedades devido ao elevado risco de inundação, danos aos ecossistemas, dentre muitos outros. Os valores das emissões nesses modelos representam a disposição a pagar pela não emissão do gás-estufa em um determinado ano de análise. Esse valor é igual à perda de produto futuro trazido a valor presente.

O DICE (*Dynamic Integrated Climate and Economy*) é um dos principais modelos IAM. Criado na década de 1990 por William D. Nordhaus (Yale), atualmente está na sua versão DICE-2016R (2016). Sua modelagem econômica é baseada no modelo de Ramsey, que modela a escolha dos agentes como um *trade-off* entre consumo futuro e presente.

A valoração do DICE é feita por faixas de ano e são valores globais, indicados abaixo:

Tabela 19: Valoração do DICE.

Ano	Preço social do carbono (taxa de desconto: 5%, US\$/ton 2010)	Preço social do carbono (R\$/ton dez/2021)
De 2020 a 2024	22,60	132
De 2025 a 2029	25,70	150
De 2030 a 2049	29,10	170
A partir de 2050	49,20	287

1.4. Método de preços-sombra

As estimativas de custos de CAPEX e OPEX assumem preços de mercado de insumos e trabalhadores. No entanto, tais preços são passíveis a distorções, principalmente àquelas de tributação. Portanto, é necessário reajustar esses valores para “preços-sombra”, isto é, o preço calculado a partir do custo "real" para insumos e mão-de-obra sem influência de distorções.

A correção do preço de materiais de construção para OPEX/CAPEX se baseia apenas na retirada dos impostos incidentes sobre a venda de materiais de construção. Considerou-se o imposto médio para o Brasil de 17,79%, apresentado na tabela abaixo. O ISS foi considerado como valor médio nacional de 3,5%, visto que suas alíquotas variam entre 2% a 5%. Desse modo, a correção de preços é dada por $1 - 0,1779 = 0,8221$.

A correção do valor da mão-de-obra deve ser calculada especificamente para cada projeto, visto que seus insumos são específicos do empreendimento. Para mão-de-obra qualificada, não há correção do valor especificado. No entanto, para a mão-de-obra de baixa qualificação, aplica-se a seguinte lógica: os trabalhadores possuem um salário de reserva de P_r , mas o projeto paga um salário (médio) de P_m . Ou seja, trabalhadores que valorem seu trabalho entre P_r e P_m aceitarão trabalhar no projeto. Assumindo uma distribuição uniforme de trabalhadores dentro desse intervalo, o custo de oportunidade médio é dado por:

$$\frac{P_r + P_m}{2}$$

Equação 12

Devido à dificuldade de se precificar P_r , normalmente assume-se que seu valor é zero. Portanto, a fórmula se torna:

$$\frac{P_m}{2}$$

Equação 13

Essa metodologia de custo de oportunidade médio espelha à utilizada pela Nova Zelândia³³. O fator a ser inserido no parâmetro deve ser, portanto:

$$[\textit{proporção de MO qualificada}] * 1 + [\textit{proporção de MO não – qualificada}] * \frac{\left(\frac{P_m}{2}\right)}{P_m}$$

Equação 14

³³ <https://www.treasury.govt.nz/sites/default/files/2015-07/cba-guide-jul15.pdf>



Na prática, $\frac{(P_m)}{P_m}$ assume o valor de 0,5 sempre, de modo que os únicos dados necessários são [proporção de MO qualificada] e [proporção de MO não-qualificada].

1.5. Custos de transbordo

1.5.1. Granéis sólidos agrícolas

A carga de granéis sólidos agrícolas é aquela que não é acondicionada em qualquer tipo de embalagem. É carga seca, de origem vegetal, embarcada e transportada sem acondicionamento, sem marca de identificação e sem contagem de unidades, tais como soja, milho e trigo.

As simulações foram feitas para as seguintes modalidades de transbordo:

- Rodoviário – Ferroviário;
- Rodoviário – Hidroviário;
- Ferroviário – Rodoviário;
- Ferroviário – Hidroviário;
- Ferroviário – Ferroviário³⁴;
- Hidroviário – Rodoviário;
- Hidroviário – Ferroviário.

Os simuladores de transbordo de GSA foram desenvolvidos segundo a mesma lógica geral dos simuladores *bottom up*. Nessa lógica, foram apurados os principais custos fixos, custos variáveis, remuneração do capital e a produção anual de transbordo. Nos simuladores de transbordo, os custos e a produção foram anualizados, para facilitar a apuração do custo unitário de transbordo, medido em reais por tonelada movimentada.

Uma etapa importante foi a calibração da produção anual de transbordo. Para uma dada estrutura de transbordo, cujos custos totais tenham sido apurados, uma produção maior resultaria num custo unitário menor. Do mesmo modo, uma produção menor resultaria num custo unitário mais elevado. Por isto, o resultado das visitas técnicas realizadas pela equipe EPL ao longo dos anos de 2016, 2017, 2018 e 2019 aos terminais foi importante para a calibração da produtividade dos equipamentos em cada modalidade de transbordo, permitindo a representação das diferenças de produtividade observadas na prática.

Para todas as modalidades de transbordo de GSA, utilizou-se uma mesma estrutura básica de simulação, sendo diversos pressupostos de custos e de produtividade comuns a vários tipos de transbordo. Por isto, a estrutura básica de simulação será apresentada e as diferenças entre as várias modalidades de transbordo serão destacadas, sempre que houver.

1.5.1.1. Custos fixos

³⁴ Esse transbordo ocorre quando há transferência da carga de um trem para outro trem, ou de um trem para o silo e depois para o outro trem. Normalmente esse tipo de transbordo ocorre quando há troca de malha ferroviária, geralmente com mudança de bitola.

A representação geral dos custos fixos é dada pela Equação a seguir.

$$\sum_{i=1}^n CF_i$$

Equação 15

Onde i são os custos detalhados nas seções a seguir.

1.5.1.1.1. Salários

Corresponde ao valor que os assalariados recebem anualmente por seu trabalho, levando em consideração sua jornada de trabalho. Nesse estudo foi usado um valor médio, compatível com o praticado no mercado. Utiliza-se ainda a premissa de 99% de encargos sociais e de 33,3% de benefícios indiretos, tais como vale alimentação, auxílio saúde e outros benefícios. Considera-se também o recebimento de um bônus anual equivalente ao valor de um salário mensal por empregado a título de prêmio de produtividade.

1.5.1.1.2. Número de empregados

Simulou-se o número de empregados que trabalham no terminal de transbordo. A premissa é que o número de empregados seja suficiente para o funcionamento autônomo do terminal, significando que não se pressupõe a existência de uma matriz ou escritório central externo para que o terminal opere. O número de empregados pode variar conforme o tipo de transbordo e a movimentação alcançada. Foram considerados empregados operacionais, administrativos e de apoio, tais como: gerente geral, responsável técnico, supervisor equipe, técnico de segurança, operadores de máquinas e equipamentos, ajudantes gerais, administrativos, portaria e segurança etc. Os números de empregados utilizados nas simulações mostraram-se compatíveis com os dados reais observados nas visitas técnicas realizadas.

1.5.1.1.3. Depreciação das instalações

Para o cálculo do custo de depreciação das instalações é necessário, primeiramente, definir o custo das instalações e o tempo de depreciação.

1.5.1.1.4. Custo das instalações

Nesse estudo, considerou-se um custo genérico de instalações por tonelada de capacidade estática de armazenamento disponível. Esse valor mostrou-se compatível com os dados reais observados. Os dados foram obtidos em visitas técnicas. Nesse custo estão incluídos:

- Aterros, cercamento e iluminação;
- Infraestrutura para instalação de silos e equipamentos;
- Pátios internos para circulação e operação;
- Instalações elétricas e hidráulicas;
- Edificações não operacionais (edificação administrativa, portaria/guarita, galpão de manutenção etc.).

Além dessa infraestrutura básica, são requisitos para o funcionamento dos terminais de transbordo os acessos externos. Trata-se de desvios ferroviários, cais de atracação para as balsas



do transporte hidroviário, vias de acesso rodoviário externo e pátios de regulação para caminhões.

1.5.1.1.5. Tempo de depreciação

Nesse estudo foi considerado um período de depreciação das obras civis (instalações e acessos) de 40 anos. A depreciação é linear, bastando para o cálculo de seu custo anual a divisão do custo total das obras civis por 40.

1.5.1.1.6. Manutenção das instalações

Corresponde ao percentual gasto anualmente com manutenção das instalações físicas do terminal em relação ao valor investido.

1.5.1.1.7. Depreciação do maquinário

Corresponde ao valor da depreciação do maquinário utilizado nos terminais. Nesse trabalho foram considerados os seguintes equipamentos:

- Balança ferroviária: foi considerada uma depreciação de 20 anos para esse equipamento.
- Balança rodoviária: foi considerada uma depreciação de 20 anos para esse equipamento.
- Elevadores de grãos: foi considerada uma depreciação de 20 anos para esse equipamento.
- Moega: foi considerada uma depreciação de 20 anos para esse equipamento.
- Silo de armazenagem: foi considerada uma depreciação de 25 anos para esse equipamento.
- Silo pulmão: foi considerada uma depreciação de 25 anos para esse equipamento.
- Sugadores de grãos: foi considerada uma depreciação de 20 anos para esse equipamento.
- Tombador de caminhão: foi considerada uma depreciação de 20 anos para esse equipamento.
- Tractionador de vagão: foi considerada uma depreciação de 20 anos para esse equipamento.
- Transportadores de grãos: foi considerada uma depreciação de 20 anos para esse equipamento.
- Transportadores de corrente: foi considerada uma depreciação de 20 anos para esse equipamento.
- Tulha: foi considerada uma depreciação de 20 anos para esse equipamento.

1.5.1.1.8. Seguros

Representa os gastos com seguros das instalações e dos equipamentos do terminal. Esse fator foi levantado junto à Superintendência de Seguros Privados (SUSEP)³⁵.

1.5.1.1.9. Remuneração do capital

Corresponde ao retorno esperado pelo empresário, ao realizar investimentos na produção. Entende-se que a remuneração do capital obtida deve ser suficiente para cobrir os custos de oportunidade do investidor. Essa taxa aplica-se ao montante investido em obras, instalações, veículos, máquinas ou equipamentos.

1.5.1.2. Custos Variáveis

A estrutura básica do simulador de custos, na parte de custos variáveis, segue a lógica apresentada abaixo.

$$\sum_{i=1}^n CV_i$$

Equação 16

Onde i são os custos detalhados nas seções a seguir.

1.5.1.2.1. Gastos com energia elétrica

Representa os gastos com energia elétrica do terminal de transbordo. Foram considerados os consumos dos principais equipamentos e o consumo total dos principais terminais visitados. O fator de consumo por tonelada transbordada varia conforme o tipo de transbordo. Verifica-se que em operações diferentes de transbordo o fator de consumo médio pode ser semelhante, sobretudo pelo fato de que dentre as variações de transbordo muitos equipamentos e suas respectivas produtividades são semelhantes.

1.5.1.2.2. Manutenção do maquinário

Corresponde ao valor gasto com manutenção dos equipamentos do terminal.

1.5.1.3. Premissas de desempenho

1.5.1.3.1. Movimentação diária de graneis sólidos agrícola

Representa a movimentação média diária do terminal. Esse valor é calculado a partir da divisão da movimentação anual do terminal por 360 dias.

1.5.1.3.2. Capacidade estática de armazenamento

Representa a capacidade de armazenamento simultânea do terminal. Foram consideradas situações médias para transbordos terrestres e para os transbordos envolvendo o modo hidroviário.

1.5.1.3.3. Capacidade de transbordo médio por hora

³⁵ <http://www.susep.gov.br/menu/acesso-a-informacao/plano-de-dados-abertos-1>



É a variável a partir da qual se realiza o cálculo da capacidade de transbordo do terminal. O cálculo da capacidade de transbordo médio por hora é feito a partir da identificação do elo de menor capacidade do terminal. Identificado o elo, simula-se sua capacidade de transbordo por hora.

A capacidade de transbordo por hora varia, portanto, para cada modalidade de transbordo, conforme será detalhado.

1.5.1.3.3.1. Rodoviário – ferroviário e rodoviário – hidroviário

Considerou-se que nos terminais com origem no modo rodoviário o elo de menor capacidade é a descarga de caminhões.

A capacidade efetiva de transbordo médio por hora, entretanto, é reduzida por dois outros fatores que serão mais adiante detalhados. Trata-se da disponibilidade dos equipamentos de descarga e da disponibilidade de caminhões no pátio do terminal.

1.5.1.3.3.2. Ferroviário – rodoviário, ferroviário – hidroviário e ferroviário – ferroviário

Para os terminais com origem no modo ferroviário, considerou-se a capacidade do terminal a partir da descarga de vagões.

A capacidade efetiva de transbordo médio por hora, entretanto, é reduzida por dois fatores que serão mais adiante detalhados. Trata-se da disponibilidade dos equipamentos de descarga e da disponibilidade de vagões no pátio.

1.5.1.3.3.3. Hidroviário – rodoviário e Hidroviário – ferroviário

Para os terminais com origem no modo hidroviário, considerou-se a capacidade do terminal a partir da capacidade dos sugadores de grãos.

A capacidade efetiva de transbordo médio por hora, entretanto, é reduzida por dois outros fatores que serão mais adiante detalhados. Trata-se da disponibilidade dos equipamentos de descarga e da disponibilidade de balsas no cais.

1.5.1.3.4. Disponibilidade dos equipamentos de transbordo

Representa a disponibilidade média dos equipamentos de recepção de cargas, tais como tombadores, sugadores, moegas e elevadores de grãos. Considera-se que os equipamentos estão disponíveis para realizar o transbordo 85% do tempo total de funcionamento do terminal. No restante do tempo, o equipamento pode estar não operacional por quebra, manutenção preventiva, paradas rotineiras para ajuste ou limpeza (remoção do excesso de grãos) etc.

1.5.1.3.5. Disponibilidade de caminhões, vagões ou balsas

Representa a disponibilidade dos veículos de transporte (caminhão, vagão ou balsa) no ponto de recepção das cargas. A disponibilidade depende da programação de chegada dos veículos, eventualmente sujeita a atrasos e contingências. Além disso, o tempo de manobra para chegada ao ponto de descarga também deve ser considerado, sendo um fator crítico no modo hidroviário e relevante também no ferroviário.

1.5.1.3.6. Influência da sazonalidade na utilização do terminal de transbordo

Para o cálculo do volume anual movimentado, deve-se considerar o período de safra e de entressafra de grãos ao longo do ano. Considera-se que o período de safra ocorre durante 6 meses do ano, de janeiro a junho, coincidindo com o período das safras de soja, de milho e da safrinha de milho.

1.5.1.3.7. Horas de funcionamento diário do terminal

Considera-se que o terminal de transbordo funciona 24 horas por dias sem interrupções, inclusive finais de semana e feriados.

1.5.1.3.8. Paradas técnicas

Considera-se um percentual do tempo total de funcionamento para realização de paradas técnicas do terminal, seja para execução de manutenções globais, realização de reuniões, treinamentos ou por contingências diversas. Esse tempo é deduzido do tempo total de funcionamento mensal do terminal.

1.5.1.3.9. Meses de funcionamento

Considera-se que o terminal funciona diariamente, 24 horas por dia, 12 meses por ano.

1.5.1.3.10. Giro

Representa a quantidade de vezes no ano que o terminal consegue girar toda sua capacidade de carga. Para calcular o giro, é feita a divisão da movimentação total realizada no ano pela capacidade estática em toneladas do terminal.

1.5.1.3.11. Tempo médio de armazenagem

Representa o tempo médio que a carga fica armazenada no terminal. O cálculo é feito pela divisão do ano comercial, 360 dias, pelo giro da carga no terminal.

1.5.1.3.12. Movimentação total

Representa a movimentação total anual do terminal de transbordo. Esse valor é calculado a partir do produto do transbordo médio por hora pelo número de horas de funcionamento mensal e os 12 meses do ano. Considera ainda os períodos de safra e entressafra. Os valores obtidos nos simuladores mostraram-se compatíveis com os valores de movimentação observados nas visitas técnicas realizadas.

1.5.2. Granéis sólidos não agrícolas (GSNA)

Granel sólido não agrícola é a carga de origem geralmente mineral e que não é acondicionada em qualquer tipo de embalagem, sendo embarcada e transportada sem acondicionamento, sem marca de identificação e sem contagem de unidades, tais como minério de ferro, fertilizantes não acondicionados, bauxita etc.

As simulações foram feitas para as modalidades de transbordo abaixo listadas e sucintamente descritas:

- Rodoviário – Ferroviário: consiste na descarga de caminhões em pátio aberto, organização e formação de pilhas por pás carregadeiras e posterior carregamento em vagões ferroviários com pás carregadeiras;



- Rodoviário – Hidroviário: descarga de caminhões em um pátio aberto, organização e formação de pilhas por pás carregadeiras, posterior alimentação de telestacker com pás carregadeiras, transporte por correia e carregamento das balsas também com uso de telestacker;
- Ferroviário – Hidroviário: descarga de vagões ferroviários em elevado, remoção e formação de pilhas por pás carregadeiras, posterior alimentação de telestacker com pás carregadeiras, transporte por correia e carregamento das balsas também com uso de telestacker;
- Ferroviário – Ferroviário: descarga de vagões em elevado, remoção e formação de pilhas por pás carregadeiras, posterior carregamento em vagões ferroviários com pás carregadeiras;
- Hidroviário – Ferroviário: descarga da balsa para o pátio com guindaste e grab, organização e formação das pilhas por pás carregadeiras e posterior carregamento em vagões ferroviários com pás carregadeiras.

Os simuladores de transbordo de GSNA foram desenvolvidos segundo a lógica geral dos simuladores *bottom up*. Nessa lógica, foram apurados os principais custos fixos, custos variáveis, remuneração do capital e a produção anual de transbordo. Nos simuladores de transbordo, os custos e a produção foram anualizados, para facilitar a apuração do custo unitário de transbordo, medido em reais por tonelada movimentada.

Um aspecto importante foi a calibração da produção anual de transbordo com visitas técnicas. Para uma dada estrutura de transbordo, cujos custos totais tenham sido apurados, uma produção maior resultaria num custo unitário menor. Do mesmo modo, uma produção menor resultaria num custo unitário mais elevado. Por isto, o resultado das visitas técnicas aos terminais foi importante para a calibração da produtividade dos equipamentos em cada modalidade de transbordo, permitindo a representação das diferenças reais de produtividade observadas no mundo real

Para todas as modalidades de transbordo de GSNA, utilizou-se uma mesma estrutura básica de simulação, sendo diversos pressupostos de custos e de produtividade comuns aos vários tipos de transbordo. Por isto, a estrutura básica de simulação será apresentada e as diferenças entre as várias modalidades de transbordo serão destacadas, sempre que houver.

1.5.2.1. Custos fixos

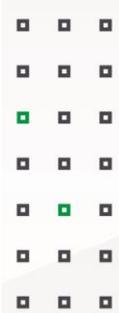
A estrutura básica do simulador de custos, na parte de custos fixos, segue a lógica apresentada abaixo.

$$\sum_{i=1}^n CF_i$$

Equação 17

Onde *i* são os custos detalhados nas seções a seguir.

1.5.2.1.1. Salários



Corresponde ao valor que os empregados recebem anualmente por seu trabalho, levando em consideração sua jornada de trabalho. Considera-se também o recebimento de um bônus anual equivalente ao valor de um salário mensal por empregado a título de prêmio de produtividade.

1.5.2.1.2. Número de empregados

Simulou-se o número de empregados que trabalham no terminal de transbordo. A premissa é que o número de empregados seja suficiente para o funcionamento autônomo do terminal, significando que não se pressupõe a existência de uma matriz ou escritório central externo para que o terminal opere. O número de empregados pode variar conforme o tipo de transbordo e a movimentação alcançada. Foram considerados empregados operacionais, administrativos e de apoio, tais como: gerente geral, responsável técnico, supervisor de equipe, técnico de segurança, operadores de máquinas e equipamentos, ajudantes gerais, administrativos, portaria e segurança etc.

1.5.2.1.3. Custo das instalações

Dentre as instalações, edificações e obras de acessos foram consideradas as abaixo listadas:

- Acessos rodoviários externos;
- Acessos rodoviários internos;
- Acessos aquaviários, consistindo de cais flutuante;
- Acessos ferroviários;
- Aparelho de Mudança de Vias – AMV;
- Elevado para descarga de vagões;
- Pátio de armazenagem aberto, iluminado e cercado, sem pavimento;
- Edificação administrativa;
- Galpão de apoio para armazenagem e manutenção de máquinas, veículos e equipamentos;
- Portarias ou posto de pesagem;

1.5.2.1.4. Tempo de depreciação

Nesse estudo foi considerado um período de depreciação das obras civis (instalações, edificações e acessos) de 40 anos.

1.5.2.1.5. Manutenção das instalações

Corresponde ao valor gasto com manutenção das instalações físicas do terminal. Foi considerado um fator sobre o valor do investimento em obras civis do terminal.

1.5.2.1.6. Depreciação do maquinário

Corresponde ao valor da depreciação do maquinário utilizado no terminal. Nesse trabalho foram considerados os seguintes equipamentos:

- Balanças rodoviárias: foi considerada depreciação do equipamento em 20 anos.



- Balanças ferroviárias: foi considerada depreciação do equipamento em 20 anos.
- Tracionadores de vagão: foi considerada depreciação do equipamento em 20 anos.
- Pás carregadeiras de pneus: foi considerada depreciação em 20 anos.

1.5.2.1.7. Seguros

Representa os gastos com seguros das instalações e dos equipamentos do terminal. Esse fator foi levantado junto à Superintendência de Seguros Privados (SUSEP) e calibrado a partir de informações provenientes de visitas técnicas.

1.5.2.1.8. Remuneração do Capital

Corresponde ao retorno esperado pelo empresário, ao realizar investimentos na produção. Entende-se que a remuneração do capital obtida deve ser suficiente para cobrir os custos de oportunidade do investidor. Essa taxa aplica-se ao montante investido em obras, instalações, veículos, máquinas ou equipamentos.

1.5.2.2. Custos variáveis

A estrutura básica do simulador de custos, na parte de custos variáveis, segue a lógica apresentada abaixo.

$$\sum_{i=1}^n CV_i$$

Equação 18

Onde i são os custos detalhados nas seções a seguir.

1.5.2.2.1. Gastos com energia elétrica

Representa os gastos com energia elétrica do terminal de transbordo.

Nas modalidades de transbordo Rodoviário – Ferroviário e Ferroviário – Ferroviário foram considerados principalmente os consumos com iluminação do pátio e consumo das edificações.

Nas modalidades de transbordo rodoviário – hidroviário, ferroviário – hidroviário e hidroviário – ferroviário, foi considerado um fator de consumo por tonelada movimentada, referente principalmente aos equipamentos de remoção, elevação e transporte de grãos no terminal.

1.5.2.2.2. Manutenção do maquinário

Corresponde ao fator gasto com manutenção dos equipamentos do terminal em relação aos investimentos realizados.

1.5.2.2.3. Gastos com equipamentos

- Consumo de Diesel das Pás Carregadoras - Corresponde ao valor gasto com combustível das pás carregadoras. O consumo obtido foi resultante do número de pás e da intensidade de uso em cada modalidade de transbordo.

- Consumo de Lubrificantes e fluidos das pás Carregadoras - Corresponde ao valor gasto com lubrificantes e demais fluidos pelas pás carregadoras.
- Consumo de Pneus das Pás Carregadoras - Corresponde ao valor gasto com pneus das pás carregadoras, considerando o número e a intensidade de uso dos equipamentos.
-

1.5.2.3. Premissas de desempenho

1.5.2.3.1. Capacidade estática de armazenamento de Carga Geral

Representa a capacidade de armazenamento simultâneo do terminal.

1.5.2.3.2. Capacidade de transbordo médio por hora

Representa a capacidade de transposição média de GSNA por hora. A partir dessa variável é calculada a capacidade anual de transbordo do terminal. O cálculo da capacidade de transbordo médio por hora é feito a partir da identificação do elo de menor capacidade do terminal. Identificado o elo, simula-se sua capacidade de transbordo por hora.

A capacidade de transbordo por hora varia, portanto, para cada modalidade de transbordo, conforme detalhado:

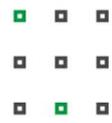
- Rodoviário – ferroviário: Considerou-se que no transbordo rodoviário – ferroviário o elo de menor capacidade é a descarga de caminhões.
- Ferroviário – ferroviário: Para o transbordo ferroviário - ferroviário, considerou-se a capacidade do terminal a partir da descarga de vagões.
- Rodoviário – hidroviário e Ferroviário – hidroviário: Para os terminais com destino no modo hidroviário, considerou-se a capacidade do terminal a partir da capacidade dos equipamentos de elevação, transporte e embarque de GSNA, tais como telestacker e correias transportadoras. A capacidade efetiva de transbordo médio por hora, entretanto, é reduzida por dois outros fatores que serão mais adiante detalhados. Trata-se da disponibilidade dos equipamentos e da disponibilidade de balsas no cais.
- Hidroviário – ferroviário: Para o transbordo hidroviário – ferroviário, o elo de menor capacidade está na capacidade de remoção do GSNA, realizada com guindaste e grab. Considerando uma operação simultânea de duas balsas e dois guindastes, obtém-se uma capacidade nominal de descarga reduzida pela disponibilidade dos equipamentos e de balsas no cais.

1.5.2.3.3. Disponibilidade dos equipamentos

Representa a disponibilidade média das máquinas e equipamentos utilizados no transbordo, tais como guindastes, telestacker, correias etc. Considera-se que os equipamentos estão disponíveis para realizar o transbordo por um percentual do tempo total de funcionamento do terminal. No restante do tempo, o equipamento pode estar não operacional por quebra, manutenção preventiva, paradas rotineiras para ajuste ou limpeza etc.

1.5.2.3.4. Disponibilidade de caminhões, vagões ou balsas

Representa a disponibilidade dos veículos de transporte (caminhão, vagão ou balsa) no ponto de recepção das cargas. A disponibilidade depende da programação de chegada dos veículos,



eventualmente sujeita a atrasos e contingências. Além disso, o tempo de manobra para chegada ao ponto de descarga também deve ser considerado, sendo um fator crítico no modo hidroviário e relevante também no ferroviário.

1.5.2.3.5. Horas de funcionamento diário do terminal

Considera-se que o terminal de transbordo funciona 24 horas por dias sem interrupções, inclusive finais de semana e feriados.

1.5.2.3.6. Paradas técnicas

Considera-se uma reserva de 10% do tempo total de funcionamento para realização de paradas técnicas do terminal, seja para execução de manutenções globais, realização de reuniões, treinamentos ou por contingências diversas. Esse tempo é deduzido do tempo total de funcionamento mensal do terminal.

1.5.2.3.7. Meses de funcionamento

Considera-se que o terminal funciona diariamente, 24 horas por dia, 12 meses por ano.

1.5.2.3.8. Giro

Representa a quantidade de vezes no ano que o terminal consegue girar toda sua capacidade de carga. Para calcular o giro, é feita a divisão da movimentação total realizada no ano pela capacidade estática em toneladas do terminal.

1.5.2.3.9. Tempo médio de armazenagem

Representa o tempo médio que a carga fica armazenada no terminal. O cálculo é feito pela divisão do ano comercial, 360 dias, pelo giro da carga no terminal.

1.5.2.3.10. Movimentação total

Representa a movimentação total anual do terminal de transbordo. Esse valor é calculado a partir do produto do transbordo médio por hora pelo número de horas de funcionamento mensal e os 12 meses do ano. Considera ainda os períodos de safra e entressafra.

1.5.3. Carga geral (CG)

Considera-se carga geral os volumes acondicionados em sacos, fardos, caixas, engradados, amarrados, tambores, etc., ou ainda volumes sem embalagens, como veículos, maquinários industriais ou blocos de pedra. Carga geral é, portanto toda mercadoria embalada ou não e que necessita de arrumação (estivagem) para ser transportada. Como exemplo bobinas, caixotes aramados, chapas de ferro, madeira ou aço, pedras em bloco, pneus soltos, veículos, tubos de ferro, dentre outros.

As simulações foram feitas para as modalidades de transbordo abaixo discriminadas. A repetição do nome do modo de transporte significa que a operação tem o mesmo custo, tanto no sentido da movimentação de cargas da rodovia para a ferrovia como da ferrovia para a rodovia, por exemplo.

- Hidroviário – ferroviário – hidroviário;

- Hidroviário – rodoviário – hidroviário;
- Rodoviário – ferroviário – rodoviário;
- Ferroviário – Ferroviário.

Os simuladores de transbordo de CG foram desenvolvidos segundo a lógica geral dos simuladores *bottom up*. Nessa lógica, foram apurados os principais custos fixos, custos variáveis, remuneração do capital e a produção anual de transbordo. Nos simuladores de transbordo, os custos e a produção foram anualizados, para facilitar a apuração do custo unitário de transbordo, medido em reais por tonelada movimentada.

Um capítulo importante foi a calibração da produção anual de transbordo. Para uma dada estrutura de produção, cujos custos totais tenham sido apurados, uma produção maior resultaria num custo unitário menor. Do mesmo modo, uma produção menor resultaria num custo unitário mais elevado. Por isto, o resultado das visitas técnicas aos terminais de transbordo foi importante para a calibração da produtividade dos equipamentos em cada modalidade de transbordo, permitindo a representação das diferenças reais de produtividade observadas nas visitas técnicas.

Para todas as modalidades de transbordo de CG, utilizou-se uma mesma estrutura básica de simulação, sendo diversos pressupostos de custos e de produtividade comuns aos vários tipos de transbordo. Por isto, a estrutura básica de simulação será apresentada e as diferenças entre as várias modalidades de transbordo serão destacadas, sempre que houver.

1.5.3.1. Custos fixos

A estrutura básica do simulador de custos, na parte de custos fixos, segue a lógica apresentada abaixo.

$$\sum_{i=1}^n CF_i$$

Equação 19

Onde i são os custos detalhados nas seções a seguir.

1.5.3.1.1. Salários

Corresponde ao valor que os empregados recebem anualmente por seu trabalho, levando em consideração sua jornada de trabalho. Utiliza-se ainda a premissa de 99% de encargos sociais e de 33,3% de benefícios indiretos (auxílios para alimentação, saúde e outros benefícios indiretos). Considera-se também o recebimento de um bônus anual equivalente ao valor de um salário mensal por empregado.

1.5.3.1.2. Depreciação das instalações

Para o cálculo do custo de depreciação das instalações é necessário, primeiramente, definir o custo das instalações e o tempo de depreciação.

1.5.3.1.3. Custo das instalações e acessos



Nesse estudo, a infraestrutura considerada é compatível com a verificada nas visitas técnicas. Verifica-se que os valores dimensionados são compatíveis com os necessários para realização da movimentação proposta em cada tipo de transbordo. Esses dados foram obtidos e calibrados a partir de dados obtidos em visitas técnicas.

1.5.3.1.4. Tempo de depreciação

Nesse estudo foi considerado um período de depreciação das obras civis (instalações e acessos) de 40 anos.

1.5.3.1.5. Manutenção das instalações

Corresponde ao valor percentual anual gasto com manutenção das instalações físicas do terminal.

1.5.3.1.6. Depreciação do maquinário

Corresponde ao valor da depreciação do maquinário utilizado nos terminais. Nesse trabalho foram considerados os seguintes equipamentos:

- Ponte rolante: foi considerada uma depreciação de 20 anos para esse equipamento.
- Acessórios para ponte rolante (longarinas curtas; longarina média 9 m; longarina longa 18 m; ganchos C; tenazes pequenas; tenaz grande; eletroímãs; correntes finas de 10 m; 2 correntes grossas de 10 m): foi considerada uma depreciação de 20 anos para esses equipamentos.
- Guindaste de 40 toneladas: foi considerada uma depreciação de 20 anos para esses equipamentos.
- Balanças rodoviárias: foi considerada uma depreciação de 20 anos para esse equipamento.
- Balanças ferroviárias: foi considerada uma depreciação de 20 anos para esse equipamento.
- Tracionadores de vagão: foi considerada uma depreciação de 20 anos para esse equipamento.
- Empilhadeiras GLP/gasolina: foi considerada uma depreciação de 10 anos.
- Empilhadeiras a diesel: foi considerada uma depreciação de 10 anos.
- Empilhadeiras a diesel: foi considerada uma depreciação de 10 anos.
- Reachstacker: foi considerada uma depreciação de 10 anos para esse equipamento.
- Instalações elétricas, subestação principal e sistema de água: foi atribuída uma depreciação de 25 anos para essas instalações.

1.5.3.1.7. Seguros

Representa os gastos com seguros das instalações e dos equipamentos do terminal. Esse fator foi levantado junto à Superintendência de Seguros Privados (SUSEP).

1.5.3.1.8. Remuneração do capital

Corresponde ao retorno esperado pelo empresário, ao realizar investimentos na produção. Entende-se que a remuneração do capital obtida deve ser suficiente para cobrir os custos de oportunidade do investidor. Essa taxa aplica-se ao montante investido em obras, instalações, veículos, máquinas ou equipamentos.

1.5.3.2. Custos variáveis

A estrutura básica do simulador de custos, na parte de custos variáveis, segue a lógica apresentada abaixo.

$$\sum_{i=1}^n CV_i$$

Equação 20

Onde i são os custos detalhados nas seções a seguir.

1.5.3.2.1. Gastos com energia elétrica

Representa os gastos com energia elétrica do terminal de transbordo. Foram considerados os consumos dos principais equipamentos e o consumo total dos principais terminais visitados. O fator de consumo por tonelada transbordada varia conforme o tipo de transbordo. Vale ressaltar que foram considerados valores médios praticados para cada tipo de transbordo conforme observações realizadas nas visitas técnicas. Verifica-se que em operações diferentes de transbordo o fator de consumo médio pode ser semelhante, sobretudo pelo fato de que dentre as variações de transbordo muitos equipamentos e suas respectivas produtividades são semelhantes. Os valores assumidos por modalidade foram calculados a partir da divisão dos valores gastos mensalmente com energia (obtidos em visitas técnicas) pela movimentação mensal do terminal.

1.5.3.2.2. Consumo dos equipamentos

Corresponde aos valores gasto com combustível e lubrificante dos equipamentos não elétricos, como reachstacker, empilhadeiras, veículos de movimentação no armazém, dentre outros.

1.5.3.2.3. Manutenção do maquinário

Corresponde ao valor gasto com manutenção dos equipamentos do terminal.

1.5.3.3. Premissas de desempenho

1.5.3.3.1. Capacidade estática de armazenamento

Representa a capacidade de armazenamento simultânea do terminal.

1.5.3.3.2. Capacidade de transbordo médio por hora

Representa a capacidade de transbordo médio por hora. Foi considerado que o terminal realiza transbordo de produtos siderúrgicos, pedras em bloco, veículo, cargas paletizadas e outras cargas diversas. Para calcular a capacidade de transbordo médio por hora, foram consideradas a capacidade de recepção e descarga de vagões no terminal, a carga média de cada vagão e a



disponibilidade dos equipamentos, no caso do transbordo que envolve o modo ferroviário. Quando o transbordo envolve o modo rodoviário, foi considerada a capacidade de recepção e descarga do caminhão, assim como a capacidade média do veículo, além da disponibilidade do mesmo. Por fim, quando o transbordo envolve hidrovia foi considerada a capacidade de recepção de barcaça no cais, além da disponibilidade observada de barcaças atracadas. Verifica-se que em operações diferentes a capacidade média de transbordo por hora pode ser semelhante, sobretudo pelo fato de que dentre as variações de transbordo muitos equipamentos e suas respectivas produtividades são semelhantes.

1.5.3.3.3. Disponibilidade dos equipamentos de transbordo

Representa a disponibilidade média dos equipamentos de recepção de cargas, tais como tombadores, sugadores, moegas e elevadores de grãos. Considera-se que os equipamentos estão disponíveis para realizar o transbordo por um determinado tempo de funcionamento do terminal. No restante do tempo, o equipamento pode estar não operacional por quebra, manutenção preventiva, paradas rotineiras para ajustes, limpeza etc.

1.5.3.3.4. Disponibilidade de caminhões, vagões ou balsas

Representa a disponibilidade dos veículos de transporte (caminhão, vagão ou balsa) no ponto de recepção das cargas. A disponibilidade depende da programação de chegada dos veículos, eventualmente sujeita a atrasos e contingências. Além disso, o tempo de manobra para chegada ao ponto de descarga também deve ser considerado, sendo um fator crítico no modo hidroviário e relevante também no ferroviário.

1.5.3.3.5. Horas de funcionamento diário do terminal

Considera-se que o terminal de transbordo funciona 24 horas por dias sem interrupções, inclusive finais de semana e feriados.

1.5.3.3.6. Paradas técnicas

Considera-se uma reserva de 10% do tempo total de funcionamento para paradas técnicas do terminal, seja para realização de manutenções globais, para realização de reuniões, treinamentos ou por contingências diversas. Esse tempo é deduzido do tempo total de funcionamento mensal do terminal.

1.5.3.3.7. Meses de funcionamento

Considera-se que o terminal funciona diariamente, 24 horas por dia, 12 meses por ano.

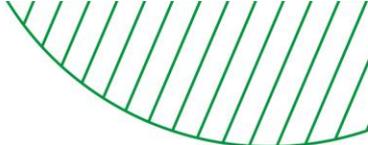
1.5.3.3.8. Giro

Representa a quantidade de vezes no ano que o terminal consegue girar toda sua capacidade de carga. Para calcular o giro, é feita a divisão da movimentação total realizada no ano pela capacidade estática em toneladas do terminal.

1.5.3.3.9. Tempo médio de armazenagem

Representa o tempo médio que a carga fica armazenada no terminal. O cálculo é feito pela divisão do ano comercial, 360 dias, pelo giro da carga no terminal.

1.5.3.3.10. Movimentação total



Representa a movimentação total anual do terminal de transbordo. Esse valor é calculado a partir do produto do transbordo médio por hora pelo número de horas de funcionamento mensal e os 12 meses do ano. Os valores obtidos mostraram-se compatíveis com os valores de movimentação observados nas visitas técnicas realizadas.

1.5.3.3.11. Número de empregados

Representa o número de empregados que trabalham no ponto de transbordo. Uma premissa é que o número de empregados seja suficiente para o funcionamento autônomo do terminal de transbordo, significando que não se pressupõe a existência de uma matriz ou escritório central externo para que o terminal funcione. O número de empregados pode variar conforme o tipo de transbordo e a movimentação alcançada. Foram considerados empregados operacionais, administrativos e de apoio, tais como: gerente geral, responsável técnico, supervisor equipe, técnico de segurança, operadores de máquinas e equipamentos, ajudantes gerais, administrativos, portaria e segurança etc.

1.5.4. Carga geral containerizada (CGC)

Carga geral containerizada é uma denominação adotada para designar todo tipo de carga em contêineres.

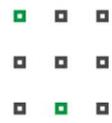
As simulações foram feitas para as modalidades de transbordo abaixo discriminadas. A repetição do nome do modo de transporte significa que a operação tem o mesmo custo, tanto no sentido da movimentação de cargas da rodovia para a ferrovia como da ferrovia para a rodovia, por exemplo.

- Hidroviário – ferroviário – hidroviário;
- Hidroviário – rodoviário – hidroviário;
- Rodoviário – ferroviário – rodoviário;
- Ferroviário – Ferroviário.

Os simuladores de transbordo de CGC foram desenvolvidos segundo a lógica geral dos simuladores *bottom up*. Nessa lógica, foram apurados os principais custos fixos, custos variáveis, remuneração do capital e a produção anual de transbordo. Nos simuladores de transbordo, os custos e a produção foram anualizados, para facilitar a apuração do custo unitário de transbordo, medido em reais por tonelada movimentada.

Um capítulo importante foi a calibração da produção anual de transbordo. Para uma dada estrutura de produção, cujos custos totais tenham sido apurados, uma produção maior resultaria num custo unitário menor. Do mesmo modo, uma produção menor resultaria num custo unitário mais elevado. Por isto, o resultado das visitas técnicas aos terminais de transbordo foi importante para a calibração da produtividade dos equipamentos em cada modalidade de transbordo, permitindo a representação das diferenças reais de produtividade observadas nas visitas técnicas.

Para todas as modalidades de transbordo de CGC, utilizou-se uma mesma estrutura básica de simulação, sendo diversos pressupostos de custos e de produtividade comuns a vários tipos de transbordo. Por isto, a estrutura básica de simulação será apresentada e as diferenças entre as várias modalidades de transbordo serão destacadas, sempre que houver.



1.5.4.1. Custos fixos

A estrutura básica do simulador de custos, na parte de custos fixos, segue a lógica apresentada abaixo.

$$\sum_{i=1}^n CF_i$$

Equação 21

Onde i são os custos detalhados nas seções a seguir.

1.5.4.1.1. Salários

Corresponde ao valor que os empregados recebem anualmente por seu trabalho, levando em consideração sua jornada de trabalho. Utiliza-se ainda a premissa de 99% de encargos sociais e de 33,3% de benefícios indiretos (auxílios para alimentação, saúde dentre outros benefícios). Considera-se também o recebimento de um bônus anual equivalente ao valor de um salário mensal por empregado.

1.5.4.1.2. Depreciação das instalações

Para o cálculo do custo de depreciação das instalações é necessário, primeiramente, definir o custo das instalações e o tempo de depreciação.

1.5.4.1.3. Custo das instalações

Nesse estudo, a infraestrutura considerada é compatível com a verificada nas visitas técnicas. Verifica-se que os valores dimensionados são compatíveis com os necessários para realização da movimentação proposta em cada tipo de transbordo. Esses dados foram obtidos e calibrados a partir de dados obtidos em visitas técnicas.

Além dessa infraestrutura básica, são requisitos para o funcionamento dos terminais de transbordo os acessos externos. Tratam-se de desvios ferroviários, cais de atracação para as balsas do transporte hidroviário, vias de acesso rodoviário externo e pátios de regulação para caminhões.

1.5.4.1.4. Tempo de depreciação

Nesse estudo foi considerado um período de depreciação das obras civis (instalações e acessos) de 40 anos. A depreciação é linear, bastando para o cálculo de seu custo anual a divisão do custo total das obras civis por 40.

1.5.4.1.5. Manutenção das instalações

Corresponde ao valor gasto com manutenção das instalações físicas do terminal. Foi considerado um fator gasto anualmente sobre o valor do investimento em obras civis do terminal.

1.5.4.1.6. Depreciação do maquinário

Corresponde ao valor da depreciação do maquinário utilizado nos terminais. Nesse trabalho foram considerados os seguintes equipamentos:

- Transteineres: foi considerada uma depreciação de 20 anos para esse equipamento.
- Guindaste de 40 toneladas: foi considerada uma depreciação de 20 anos para esses equipamentos.
- Reachstacker: foi considerada uma depreciação de 10 anos para esse equipamento.
- Balança rodoviária: foi considerada uma depreciação de 20 anos para esse equipamento.
- Balanças ferroviárias: foi considerada uma depreciação de 20 anos para esse equipamento.
- Scanner para contêiner: foi considerada uma depreciação de 20 anos para esse equipamento.
- Equipamentos de *Optical Character Recognition* (OCR): foi considerada uma depreciação de 20 anos para esse equipamento.
- Empilhadeiras GLP/gasolina: foi considerada uma depreciação de 10 anos.
- Instalações elétricas, subestação principal e sistema de água: foi atribuída uma depreciação de 25 anos para essas instalações.

1.5.4.1.7. Seguros

Representa os gastos com seguros das instalações e dos equipamentos do terminal. Esse fator foi levantado junto à Superintendência de Seguros Privados (SUSEP).

1.5.4.1.8. Remuneração do capital

Corresponde ao retorno esperado pelo empresário, ao realizar investimentos na produção. Entende-se que a remuneração do capital obtida deve ser suficiente para cobrir os custos de oportunidade do investidor. Essa taxa aplica-se ao montante investido em obras, instalações, veículos, máquinas ou equipamentos.

1.5.4.2. Custos variáveis

A estrutura básica do simulador de custos, na parte de custos variáveis, segue a lógica apresentada abaixo.

$$\sum_{i=1}^n CV_i$$

Equação 22

Onde i são os custos detalhados nas seções a seguir.

1.5.4.2.1. Gastos com energia elétrica

Representa os gastos com energia elétrica do terminal de transbordo. Vale ressaltar que foram considerados valores médios praticados para cada tipo de transbordo conforme observações realizadas nas visitas técnicas.



1.5.4.2.2. Gastos com equipamentos

Corresponde aos valores gasto com combustível e lubrificante dos equipamentos não elétricos, como reachstacker, empilhadeiras, veículos de movimentação no armazém, dentre outros. Para isso, foi considerado um fator por tonelada para todas as modalidades de transbordo, exceto o ferroviário – ferroviário, em que foi considerado um consumo por tonelada.

1.5.4.2.3. Manutenção do maquinário

Corresponde ao valor percentual gasto com manutenção dos equipamentos do terminal em relação aos investimentos realizados.

1.5.4.3. Premissas de desempenho

1.5.4.3.1. Capacidade estática de armazenamento

Representa a capacidade de armazenamento simultânea do terminal.

1.5.4.3.2. Capacidade de transbordo médio por hora

É a variável a partir da qual se realiza o cálculo da capacidade de transbordo do terminal. Representa a capacidade de transbordo médio por hora. Para esse cálculo foi consideradas as capacidades de movimentação de equipamentos como transtêineres, guindastes e pontes rolantes.

1.5.4.3.3. Disponibilidade dos equipamentos de transbordo

Representa a disponibilidade média dos equipamentos para utilização. Considera-se que os equipamentos estão disponíveis para realizar o transbordo 90% do tempo total. No restante do tempo, o equipamento pode estar não operacional por quebra, manutenção preventiva, paradas rotineiras para ajuste ou limpeza etc.

1.5.4.3.4. Disponibilidade de caminhões, vagões ou balsas

Representa a disponibilidade dos veículos de transporte (caminhão, vagão ou balsa) no ponto de recepção das cargas. A disponibilidade depende da programação de chegada dos veículos, eventualmente sujeita a atrasos e contingências. Além disso, o tempo de manobra para chegada ao ponto de descarga também deve ser considerado, sendo um fator crítico no modo hidroviário e relevante também no ferroviário.

1.5.4.3.5. Horas de funcionamento diário do terminal

Considera-se que o terminal de transbordo funciona 24 horas por dia sem interrupções, inclusive finais de semana e feriados.

1.5.4.3.6. Paradas técnicas

Considera-se uma reserva de 10% do tempo total de funcionamento para paradas técnicas do terminal, seja para realização de manutenções globais, para realização de reuniões, treinamentos ou por contingências diversas. Esse tempo é deduzido do tempo total de funcionamento mensal do terminal.

1.5.4.3.7. Meses de funcionamento

Considera-se que o terminal funciona diariamente, 24 horas por dia, 12 meses por ano.

1.5.4.3.8. Giro

Representa a quantidade de vezes no ano que o terminal consegue girar toda sua capacidade de carga. Para calcular o giro, é feita a divisão da movimentação total realizada no ano pela capacidade estática em toneladas do terminal.

1.5.4.3.9. Tempo médio de armazenagem

Representa o tempo médio que a carga fica armazenada no terminal. O cálculo é feito pela divisão do ano comercial, 360 dias, pelo giro da carga no terminal.

1.5.4.3.10. Movimentação total

Representa a movimentação total anual do terminal de transbordo. Esse valor é calculado a partir do produto do transbordo médio por hora pelo número de horas de funcionamento mensal e os 12 meses do ano. Os valores obtidos mostraram-se compatíveis com os valores de movimentação observados nas visitas técnicas realizadas.

1.5.4.3.11. Número de empregados

Representa o número de empregados que trabalham no ponto de transbordo. Uma premissa é que o número de empregados seja suficiente para o funcionamento autônomo do terminal de transbordo, significando que não se pressupõe a existência de uma matriz ou escritório central externo para que o terminal funcione. O número de empregados pode variar conforme o tipo de transbordo e a movimentação alcançada. Foram considerados empregados operacionais, administrativos e de apoio, tais como: gerente geral, responsável técnico, supervisor equipe, técnico de segurança, operadores de máquinas e equipamentos, ajudantes gerais, administrativos, portaria e segurança etc. Os números de empregados utilizados mostraram-se compatíveis com os dados reais observados nas visitas técnicas realizadas.

1.5.5. Granéis líquidos (GL)

Considera-se carga de granel líquido a transportada em veículos tanques sem qualquer embalagem. São exemplos de granéis líquidos: óleos minerais (petróleo/minerais betuminosos) e vegetais (óleo de soja e biocombustíveis), combustíveis (gasolina e etanol), produtos químicos etc.

As simulações foram feitas para as modalidades de transbordo abaixo discriminadas. A repetição do nome do modo de transporte significa que a operação tem o mesmo custo, tanto no sentido da movimentação de cargas da rodovia para a ferrovia como da ferrovia para a rodovia, por exemplo.

- Hidroviário – ferroviário – hidroviário;
- Hidroviário – rodoviário – hidroviário;
- Ferroviário – rodoviário – ferroviário;
- Ferroviário – Ferroviário.

Os simuladores de transbordo de GL foram desenvolvidos segundo a lógica geral dos simuladores *bottom up*. Nessa lógica, foram apurados os principais custos fixos, custos variáveis, remuneração do capital e a produção anual de transbordo. Nos simuladores de transbordo, os



custos e a produção foram anualizados, para facilitar a apuração do custo unitário de transbordo, medido em reais por tonelada movimentada.

Um capítulo importante foi a calibração da produção anual de transbordo. Para uma dada estrutura de produção, cujos custos totais tenham sido apurados, uma produção maior resultaria num custo unitário menor. Do mesmo modo, uma produção menor resultaria num custo unitário mais elevado. Por isto, o resultado das visitas técnicas aos terminais de transbordo foi importante para a calibração da produtividade dos equipamentos em cada modalidade de transbordo, permitindo a representação das diferenças reais de produtividade observadas na realidade.

Para todas as modalidades de transbordo de GL, utilizou-se uma mesma estrutura básica de simulação, sendo diversos pressupostos de custos e de produtividade comuns a vários tipos de transbordo. Por isto, a estrutura básica de simulação será apresentada e as diferenças entre as várias modalidades de transbordo serão destacadas, sempre que houver.

1.5.5.1. Custos fixos

A estrutura básica do simulador de custos, na parte de custos fixos, segue a lógica apresentada abaixo.

$$\sum_{i=1}^n CF_i$$

Equação 23

Onde i são os custos detalhados nas seções a seguir.

1.5.5.1.1. Salários

Corresponde ao valor que os empregados recebem anualmente por seu trabalho, levando em consideração sua jornada de trabalho. Utiliza-se ainda a premissa de 99% de encargos sociais e de 33,3% de benefícios indiretos (auxílios para alimentação, saúde e outros benefícios indiretos). Considera-se também o recebimento de um bônus anual equivalente ao valor de um salário mensal por empregado.

1.5.5.1.2. Depreciação das instalações

Para o cálculo do custo de depreciação das instalações é necessário, primeiramente, definir o custo das instalações e o tempo de depreciação.

1.5.5.1.3. Custo das instalações

Nesse estudo, considerou-se um custo com pátio por m^2 da área do terminal, para o prédio administrativo e para o galpão de apoio e dos gates/portarias. Além da infraestrutura básica, são requisitos para o funcionamento dos terminais de transbordo os acessos externos. Trata-se de desvios ferroviários, cais de atracação para as balsas do transporte hidroviário, vias de acesso rodoviário externo e pátios de regulação para caminhões.

1.5.5.1.4. Tempo de depreciação

Nesse estudo foi considerado um período de depreciação das obras civis (instalações e acessos) de 40 anos. A depreciação é linear, bastando para o cálculo de seu custo anual a divisão do custo total das obras civis por 40.

1.5.5.1.5. Manutenção das instalações

Corresponde ao valor gasto com manutenção das instalações físicas do terminal.

1.5.5.1.6. Depreciação do maquinário

Corresponde ao valor da depreciação do maquinário utilizado nos terminais. Nesse trabalho foram considerados os seguintes equipamentos:

- Tracionador de vagão: foi considerada uma depreciação de 20 anos para esse equipamento;
- Tancagem: foi considerado um prazo de depreciação de 20 anos para esses equipamentos.

1.5.5.1.7. Seguros

Representa os gastos com seguros das instalações e dos equipamentos do terminal. Esse fator foi levantado junto à Superintendência de Seguros Privados (SUSEP).

1.5.5.1.8. Remuneração do capital

Corresponde ao retorno esperado pelo empresário, ao realizar investimentos na produção. Entende-se que a remuneração do capital obtida deve ser suficiente para cobrir os custos de oportunidade do investidor. Essa taxa aplica-se ao montante investido em obras, instalações, veículos, máquinas ou equipamentos.

1.5.5.2. Custos variáveis

A estrutura básica do simulador de custos, na parte de custos variáveis, segue a lógica apresentada abaixo.

$$\sum_{i=1}^n CV_i$$

Equação 24

Onde i são os custos detalhados nas seções a seguir.

1.5.5.2.1. Gastos com energia elétrica

Representa os gastos com energia elétrica do terminal de transbordo. Foram considerados os consumos dos principais equipamentos e o consumo total dos principais terminais visitados. O fator de consumo por tonelada transbordada varia conforme o tipo de transbordo. Vale ressaltar que foram considerados valores médios praticados para cada tipo de transbordo conforme observações realizadas nas visitas técnicas. Verifica-se que em operações diferentes de transbordo o fator de consumo médio pode ser semelhante, sobretudo pelo fato de que dentre as variações de transbordo muitos equipamentos e suas respectivas produtividades são semelhantes. Os valores assumidos por modalidade foram calculados a partir da divisão dos



valores gastos mensalmente com energia (obtidos em visitas técnicas) pela movimentação mensal do terminal.

1.5.5.2.2. Manutenção do maquinário

Corresponde ao valor gasto com manutenção dos equipamentos do terminal.

1.5.5.3. Premissas de desempenho

1.5.5.3.1. Capacidade estática de armazenamento

Representa a capacidade de armazenamento simultânea do terminal. Nesse trabalho foi utilizada uma capacidade estática dividida em tanques de capacidade variada.

1.5.5.3.2. Capacidade de transbordo médio por hora

Representa a capacidade de descarregamento médio por hora.

1.5.5.3.3. Disponibilidade dos equipamentos de transbordo

Representa a disponibilidade média dos equipamentos de recepção de cargas, tais como tubulações, mangotes e instalações de tancagem. Considera-se que os equipamentos estão disponíveis para realizar o transbordo em um determinado percentual do tempo total de funcionamento do terminal. No restante do tempo, o equipamento pode estar não operacional por quebra, manutenção preventiva, paradas rotineiras para ajuste ou limpeza etc.

1.5.5.3.4. Disponibilidade de caminhões, vagões ou balsas

Representa a disponibilidade dos veículos de transporte (caminhão, vagão ou balsa) no ponto de recepção das cargas. A disponibilidade depende da programação de chegada dos veículos, eventualmente sujeita a atrasos e contingências. Além disso, o tempo de manobra para chegada ao ponto de descarga também deve ser considerado, sendo um fator crítico no modo hidroviário e relevante também no ferroviário.

1.5.5.3.5. Horas de funcionamento diário do terminal

Considera-se que o terminal de transbordo funciona 24 horas por dia sem interrupções, inclusive finais de semana e feriados.

1.5.5.3.6. Paradas técnicas

Considera-se uma reserva de um percentual do tempo total de funcionamento para paradas técnicas do terminal, seja para realização de manutenções globais, realização de reuniões, treinamentos ou por contingências diversas. Esse tempo é deduzido do tempo total de funcionamento mensal do terminal.

1.5.5.3.7. Meses de funcionamento

Considera-se que o terminal funciona diariamente, 24 horas por dia, 12 meses por ano.

1.5.5.3.7.1. Giro

Representa a quantidade de vezes no ano que o terminal consegue girar toda sua capacidade de carga. Para calcular o giro, é feita a divisão da movimentação total realizada no ano pela capacidade estática em toneladas do terminal.

1.5.5.3.8. Tempo médio de armazenagem

Representa o tempo médio que a carga fica armazenada no terminal. O cálculo é feito pela divisão do ano comercial, 360 dias, pelo giro da carga no terminal.

1.5.5.3.9. Movimentação total

Representa a movimentação total anual do terminal de transbordo. Esse valor é calculado a partir do produto do transbordo médio por hora pelo número de horas de funcionamento mensal e os 12 meses do ano.

1.5.5.3.10. Número de empregados

Representa o número de empregados que trabalham no ponto de transbordo. Uma premissa é que o número de empregados seja suficiente para o funcionamento autônomo do terminal de transbordo, significando que não existe uma matriz ou escritório central externo. O número de empregados pode variar conforme o tipo de transbordo e a movimentação alcançada. Foram considerados empregados operacionais, administrativos e de apoio, tais como: gerente geral, responsável técnico, supervisor equipe, técnico de segurança, operadores de máquinas e equipamentos, ajudantes gerais, administrativos, portaria e segurança etc. Os números de empregados obtidos mostraram-se compatíveis com os dados reais observados nas visitas técnicas realizadas.

2. Metodologias aplicadas para o modo rodoviário

Essa seção se dedica à exposição das metodologias utilizadas apenas para fluxos rodoviários, a listar: custos de transportes; evolução dos acidentes; benefícios em redução de acidentes por duplicação; e fatores de emissão de gases poluentes.

2.1. Custos de transporte rodoviário

2.1.1. Custos fixos

A estrutura básica do simulador de custos, na parte de custos fixos, segue a lógica apresentada abaixo.

$$\sum_{i=1}^n CF_i$$

Equação 25

Onde i são os custos detalhados nas seções a seguir.

2.1.1.1. Remuneração do capital

Corresponde ao retorno esperado pelo empresário, ao realizar investimentos na produção. Entende-se que a remuneração do capital obtida deve ser suficiente para cobrir os custos de



oportunidade do investidor. Essa taxa aplica-se ao montante investido em obras, instalações, veículos, máquinas ou equipamentos.

2.1.1.2. Gastos com Motorista

Corresponde às despesas mensais com salário de motorista, horas extras, participação nos lucros e encargos sociais.

2.1.1.3. Gastos com Mecânico

Cobre as despesas com pessoal de manutenção. Seu custo mensal é obtido multiplicando-se o salário médio do pessoal de oficina pelo coeficiente de encargos sociais e dividindo-se o resultado pela relação entre o número de caminhões e o número de empregados do setor.

2.1.1.4. Reposição do Cavalô Mecânico

Representa a quantia que deve ser destinada mensalmente a um fundo para comprar um novo veículo zero quilômetro quando o atual completar seu ciclo de vida útil econômica. O valor do veículo exclui os pneus, que constituem material de consumo, cuja despesa é computada em item específico do custo variável. Os preços fornecidos pelos fabricantes de caminhões incluem os pneus. Para a simulação, foram excluídos os valores gastos com pneus antes de realizar o cálculo.

2.1.1.5. Reposição do Semirreboque

Representa o valor de aquisição do semirreboque excluindo o valor dos pneus. Esse ajuste foi feito pelo fato de o valor do semirreboque já incluir o valor dos pneus, e na simulação considera-se o valor dos pneus separados pelo fato de sua depreciação e seus gastos serem calculados de forma separada.

2.1.1.6. Licenciamento

Este item reúne os tributos que a empresa deve recolher antes de colocar o veículo em circulação nas vias públicas. É composto por: Imposto sobre a propriedade de veículos automotores (IPVA); Seguros por danos pessoais causados por veículos automotores (DPVAT); Taxa de licenciamento (TL) paga ao Detran e Taxa de vistoria do tacôgrafo (TVT). Em geral, o IPVA é um percentual sobre o valor do veículo. Já o DPVAT, a TL e a TVT constituem despesas de baixo valor.

- DPVAT
- IPVA
- Taxa de Licenciamento
- Taxa de Vistoria Tacôgrafo

2.1.1.7. Seguro

Estas despesas são determinadas conforme normas estabelecidas pelas companhias de seguro. Todos os valores, bem como suas variações dependem da seguradora e dos contratos existentes entre ela e os transportadores.

2.1.1.8. Outras despesas Fixas

Corresponde a algumas despesas administrativas incorridas, rateadas por caminhão:

- Aluguel;
- Água, luz, telefone, internet;
- Outros empregados;
- Despesas bancárias;
- Outros.

2.1.2. Custos variáveis

A estrutura básica do simulador de custos, na parte de custos variáveis, segue a lógica apresentada abaixo.

$$\sum_{i=1}^n CV_i$$

Equação 26

Onde i são os custos detalhados nas seções a seguir.

2.1.2.1. Manutenção

Corresponde à previsão de despesas mensais com peças, acessórios e materiais de manutenção do veículo. Uma vez apuradas, essas despesas devem ser divididas pela quilometragem mensal percorrida, para se obter o valor por quilômetro.

2.1.2.2. Consumo de Combustível

São as despesas efetuadas com combustível para cada quilômetro rodado pelo veículo. Essa despesa depende diretamente do preço do litro do combustível e do rendimento do veículo em km/L.

2.1.2.3. Lubrificantes

São as despesas com a lubrificação interna do motor. Além da reposição total do óleo a cada 30.000 km rodados, admite-se uma reposição parcial até a próxima troca.

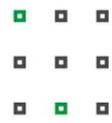
2.1.2.4. Lavagem e Lubrificação

São as despesas com lavagem e lubrificação externa do veículo. O custo por quilômetro é obtido dividindo-se o custo de uma lavagem completa do veículo pela quilometragem recomendada pelo fabricante para lavagem periódica.

2.1.2.5. Consumo de Pneus

São as despesas resultantes do consumo dos pneus utilizados no veículo e também no equipamento, quando se tratar de reboque ou semirreboque. Admite-se uma perda prematura de 7% das carcaças, ou seja, de cada vinte e oito pneus, vinte e seis permitem recuperação e dois são perdidos.

2.1.3. Premissas de desempenho



São as premissas que definem a produtividade que o transportador consegue desempenhar em determinada situação simulada.

2.1.3.1. Tonelagem Nominal

É a capacidade de carga nominal do veículo.

2.1.3.2. Fator de Aproveitamento

É a resultante da relação entre a distância percorrida com o veículo carregado e a distância percorrida com o veículo vazio. Se o veículo segue totalmente carregado em um sentido e retorna vazio, o fator de aproveitamento é de 50%.

2.1.3.3. Tonelagem Efetiva

É dada pelo produto entre a tonelagem nominal e o fator de aproveitamento.

2.1.3.4. Velocidade Comercial

É a velocidade média que o veículo costuma fazer para transportar cada tipo de carga. Em alguns trechos, o veículo trafega com velocidade maior e em outros trechos com velocidade menor. A velocidade comercial é a média.

2.1.3.5. Horas Trabalhadas por Mês

É a quantidade de horas em que o veículo circulou no mês.

2.1.3.6. Tempo de Carga e de descarga

É o tempo médio gasto para carregar e o tempo médio gasto para descarregar o caminhão.

2.1.3.7. Rodagem mensal efetiva

É a quantidade mensal efetiva que o veículo roda por mês.

2.1.3.8. Número de viagens por mês

O número de viagens por mês é a quantidade de viagens que o transportador consegue realizar tendo em vista as premissas de velocidade média, considerando as determinações da lei do caminhoneiro (parada para descanso), dentre outros aspectos.

2.2. Evolução dos acidentes rodoviários

Diante da complexidade exigida para a previsão do número de acidentes em uma rodovia e da própria confluência de fatores necessários para que um acidente rodoviário ocorra, adotaram-se elasticidades para estimar o número de acidentes de uma rodovia em função de seu tráfego. Para isso, procedeu-se da seguinte maneira: primeiro, as bases de acidentes da Polícia Rodoviária Federal (PRF)³⁶ e do Programa Nacional de Contagem de Tráfego (PNCT)³⁷ dos anos de 2016 e 2017 foram cruzadas, de forma que, no final, foi possível obter dados de tráfego (por tipo de veículo) e contagem de acidentes para cada segmento do SNV.

³⁶ <https://www.gov.br/prf/pt-br/aceso-a-informacao/dados-abertos/dados-abertos-acidentes>

³⁷ <http://servicos.dnit.gov.br/dadospnct>

O tráfego foi classificado em veículos de passageiros (automóveis, ônibus e motos) e de carga. Já as estatísticas de mortes, feridos, ilesos e veículos envolvidos foram divididas pelas extensões de cada segmento do SNV, de modo a obter um número comparável entre cada trecho. Por fim, todas as variáveis foram logaritmizadas e, por meio do estimador de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), foi feita uma regressão “log-log” para obter os coeficientes de elasticidade. O cálculo de elasticidade permite estimar a variação percentual de acidentes por variação percentual no tráfego: $\% \Delta \text{acidentes} = \beta \Delta \text{tráfego}$, em que β é o coeficiente de elasticidade estimado.

Foram feitas regressões individuais para cada tipo de acidente (mortes, feridos, ilesos e veículos envolvidos) como variável dependente e para cada tipo de pista, simples ou dupla.

Os resultados estão expostos nas tabelas abaixo.

Tabela 20: Elasticidades de acidentes

Mortos	Pista Dupla	Pista Simples
Elasticidade – veículos de carga	-0,24%	0,00%
Elasticidade – veículos de passeio	0,30%	0,47%
Feridos	Pista Dupla	Pista Simples
Elasticidade – veículos de carga	-0,30%	0,00%
Elasticidade – veículos de passeio	0,53%	0,77%
Ilesos	Pista Dupla	Pista Simples
Elasticidade – veículos de carga	-0,15%	0,15%
Elasticidade – veículos de passeio	0,49%	0,85%
Veículos danificados	Pista Dupla	Pista Simples
Elasticidade – veículos de carga	-0,19%	0,12%
Elasticidade – veículos de passeio	0,49%	0,92%

Para a correta predição do número de acidentes, é necessário um cálculo de duas etapas: primeiro, se calcula o inflator por meio das elasticidades acima mostradas; depois, aplica-se esse inflator sobre o número de acidentes do período anterior. Como exemplificação, o cálculo para mortes é mostrado nas Equações abaixo, e sua replicação para as outras categorias de acidentes é direta.

Inflator = (% de via dupla)

** (% veículos de passageiros
 * % variação no tráfego de veículos de passageiro * elasticidade
 + % veículos de carga
 * % variação no tráfego de veículos de carga * elasticidade)
 + (% de via simples)
 * (% veículos de passageiros
 * % variação no tráfego de veículos de passageiro * elasticidade
 + % veículos de carga
 * % variação no tráfego de veículos de carga * elasticidade)*



Equação 27

$$Mortes_t = Mortes_{t-1} * (1 + inflator) * (1 + efeito\ de\ duplicação * \% duplicada)$$

Equação 28

O “efeito de duplicação” é outro método que será abordado nessa seção. Suponha que para um determinado período de tempo t, um projeto rodoviário apresente as seguintes características:

Tabela 21: Elasticidades de acidentes

Variáveis para o período “t”	Valores
% de via dupla:	30%
% de via simples:	70%
% de veículos de passageiro:	80%
% de veículos de carga:	20%
% de variação no tráfego de veículos de passageiros:	2%
% de variação no tráfego de veículos de carga:	5%
Mortes no período anterior:	10
% da via duplicada no período:	0%
Efeito de duplicação:	-25%

$$Inflator = (30\%) * (80\% * 2\% * 0,30\% + 20\% * 5\% * (-0,24\%)) + (70\%) * (80\% * 2\% * 0,47\% + 20\% * 5\% * 0\%) \cong 0,006\%$$

Equação 29

$$Mortes_t = 10 * (1 + 0,006\%) * 1 + (-25\%) * 0\% = 10,0005984$$

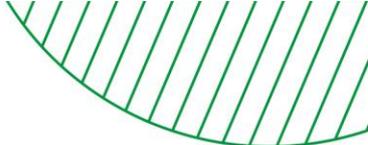
Equação 30

2.3. Segurança operacional – Efeito de via duplicada

O objetivo desse estudo é mensurar o efeito das duplicações de vias na quantidade e severidade de acidentes de trânsito. Para tal, foram utilizados dados de acidentes dos trechos concedidos selecionados para antes e depois da duplicação.

Sabe-se que são quatro os grupos de fatores que podem influenciar na segurança viária: os originados pelos fatores humanos, os gerados pelos veículos, os atribuídos às possíveis deficiências na infraestrutura viária e os relativos ao entorno (condições meteorológicas, visibilidade, etc).

Muitas das situações que resultam em acidentes são criadas em função do crescimento de áreas urbanas, industriais, comerciais e agrícolas ao longo das rodovias, resultando no crescimento do



fluxo de veículos motorizados, de pedestres, bicicletas, bem como no incremento da participação de veículos pesados na composição do tráfego.

A duplicação de vias é dada como um dos principais modos de melhora na segurança de vias, tanto que em estudo do agora extinto Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) apresentou essa solução como uma de grande porte, a qual busca a eliminação total de algum fator gerador de acidentes. A duplicação da via leva a uma mudança no comportamento do usuário, algumas consideradas boas, já que a duplicação impossibilita ao usuário cometer alguns erros que levariam a causar um acidente, como a ultrapassagem em condições não recomendadas. Porém, essas mudanças positivas vêm acompanhadas de mudanças de efeito negativo, como a falsa sensação de segurança que uma rodovia de pista dupla fornece ao usuário. O estudo mostra que a duplicação não leva a uma redução de acidentes, mas uma mudança no seu tipo, como há a separação física dos fluxos, os acidentes de colisão frontal são quase totalmente eliminados, ou seja, a duplicação diminui a letalidade dos acidentes na via.

A metodologia utilizada para essa pesquisa foi baseada no modelo diferenças em diferença, que é um modelo econométrico que busca mostrar o efeito de uma política pública, utilizando-se de um grupo de controle (onde ainda não ocorreu a política) e um grupo de tratamento, onde a política ocorre.

Os dados foram obtidos por planilhas de registros disponibilizados pelas concessionárias MSVIA, CONCEBRA, MGO, VIA040 e CRO.

Procurou-se obter as médias diárias de acidentes por trecho e do número de vítimas, antes e depois da duplicação da via. Primeiramente, era obtido o total de acidentes no período, como no exemplo mostrado na Tabela 22 da concessionária MGO.

Obtemos, assim, o total para o período, e após a obtenção dos valores totais, é angariada a informação de qual foi o início dos dados. Com isso é feita a divisão entre o total de acidentes e a diferença entre o primeiro dia de não duplicação da via com o último dia. Toma-se como exemplo o total de vítimas ilesas. O período em que as vias foram consideradas como pista simples, ou seja, apenas uma faixa, começou em 18/11/2013 e já, para fins da análise, começam a ser consideradas duplas no final de cada mês apresentados pela coluna “Data”.

Para o primeiro trecho, o período decorrido antes da duplicação foi de 1088 dias, sabendo que houve 286 vítimas ilesas nesse período, a média diária foi de 0,263 vítima ilesa por dia. O período decorrido após a duplicação foi de 30/06/2017 até 31/08/2018. Dividindo a quantidade de vítimas ilesas pelo número de dias obtemos que a média diária nesse trecho após a duplicação foi de 0,263 vítima ilesa por dia. Obtemos, assim, um aumento no número de vítimas ilesas, tratando pelo período, com uma diminuição de 55%. Esse mesmo raciocínio ocorre para as outras variáveis.



Tabela 22: Exemplo antes e depois de duplicação-totais / MGO

Data inicial	Data final	Data Final	Trecho	Acidentes						Vítimas						Número de veículos	
				Ilesos		Feridos		Mortes		Ilesos		Feridos		Mortes			
				Não tratado	Tratado	Não tratado	Tratado										
08/07/2014	30/06/2017	31/08/2018	Trecho 1	0	7	17	3	0	0	102	9	26,00	9,00	0	0	47	8
08/07/2014	30/06/2017	31/08/2018	Trecho 2	0	3	11	5	3	0	81	5	14,00	8,00	3	0	56	9
08/07/2014	30/06/2017	31/08/2018	Trecho 3	0	27	101	30	8	1	445	113	141,00	50,00	14	3	340	59
08/07/2014	30/06/2017	31/08/2018	Trecho 4	0	83	221	103	12	2	1149	201	333,00	184,00	12	2	824	216
08/07/2014	30/06/2017	31/08/2018	Trecho 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0	0

Tabela 23: Exemplo médias diárias- MGO

Data inicial	Data final	Data Final	Trecho	Acidentes						Vítimas						Número de veículos	
				Ilesos		Feridos		Mortes		Ilesos		Feridos		Mortes			
				Não tratado	Tratado	Não tratado	Tratado										
08/07/2014	30/06/2017	31/08/2018	Trecho 1	0,117	0,066	0,056	0,056	0,006	0,005	0,263	0,089	0,083	0,080	0,010	0,007	0,196	0,131
08/07/2014	30/06/2017	31/08/2018	Trecho 2	0,023	0,016	0,016	0,007	-	-	0,094	0,021	0,024	0,021	-	-	0,043	0,019
08/07/2014	30/06/2017	31/08/2018	Trecho 3	0,032	0,007	0,010	0,012	0,003	-	0,074	0,012	0,013	0,019	0,003	-	0,051	0,021
08/07/2014	30/06/2017	31/08/2018	Trecho 4	0,187	0,063	0,093	0,070	0,007	0,002	0,409	0,265	0,130	0,117	0,013	0,007	0,313	0,138
08/07/2014	30/06/2017	31/08/2018	Trecho 5	0,443	0,194	0,203	0,241	0,011	0,005	1,056	0,471	0,306	0,431	0,011	0,005	0,757	0,506
Efeito				-57%		2%		-58%		-55%		20%		-49%		-40%	

A média global foi calculada utilizando as médias por trecho, já tratadas por dia, e foram calculadas por meio de uma média simples e uma média ponderada. Na média ponderada, foi considerada a extensão da via, logo, a extensão da via foi utilizada como um peso para o cálculo da média ponderada. Dessa forma, foram obtidos os resultados expostos na Tabela a seguir.

Tabela 24: Efeito das duplicações das vias global

Concessionária	Acidentes			Vítimas			Nº de veículos
	Ilesos	Feridos	Mortes	Ilesos	Feridos	Mortes	
MSVIA	-57%	-59%	-72%	-61%	-72%	-82%	-60%
MGO	-57%	2%	-58%	-55%	20%	-49%	-40%
VIA040	-36%	-19%	-29%	-35%	-26%	-45%	-33%
CRO	-6%	-4%	19%	-23%	10%	33%	-21%
Concebra	-51%	-64%	43%	-44%	-69%	43%	-62%
Média	-41%	-29%	-19%	-44%	-27%	-20%	-43%
Média pond. p/ ext.	-46%	-38%	-21%	-47%	-40%	-23%	-49%

2.4. Fatores de emissões de gases de efeito estufa

A partir da parceria EPL-IEA, foi possível criar fatores de emissões de gases de efeito estufa (GEE) específicos para o transporte de carga rodoviária. Para isso, considerou-se o consumo de combustível para vários tipos de carga e várias composições rodoviárias. A partir do consumo de combustível, foi possível utilizar fatores de emissões de gases específicos para o combustível utilizado.

Foram considerados três GEEs: CO₂, N₂O, CH₄. Esses gases foram transformados em CO₂ equivalente (CO₂e), para que pudessem ser corretamente precificados pelo DICE. A tabela de resultados segue abaixo.

Tabela 25: Fatores de emissões para o modo rodoviário

Grupo de Mercadoria	Número de Eixos	Emissão CO ₂ e (tCO ₂ e/tku)
GSA	9	0,00003539283
GSA	7	0,00003626962
GSNA	4	0,00006640034
GSNA	6	0,00005174588
GL	7	0,00005712221
GL	9	0,00005232594
CG	3	0,00006515998
CG	4	0,00004757341
CG	5	0,00004794278
CG	7	0,00003640966
CGC	5	0,00004794278
CGC	6	0,00004147572
CG	6	0,00004147572



3. Metodologias aplicadas para o modo ferroviário

Assim como na seção anterior, essa seção abordará metodologias que devem ser empregadas apenas para fluxos ferroviários. São elas: custos de transporte; evolução dos acidentes ferroviários; e emissão de gases poluentes pelo modo ferroviário.

3.1. Custos de transporte ferroviário

3.1.1. Base de dados

É utilizada a base do Sistema de Acompanhamento e Fiscalização do Transporte Ferroviário (SAFF) da Agência Nacional de Transporte Terrestre (ANTT). O SAFF é constituído por uma extensa base de dados, contendo informações sobre o transporte ferroviário de interesse da ANTT.

O SAFF é composto, para efeito de sistematização funcional, por dados provenientes do Cadastro Ferroviário Nacional (CAFEN), do Acompanhamento do Desempenho Operacional (SIADÉ), do Registro de Informações de Fiscalização (RIF), do Registro de Acidentes Graves (RAG) e do Mapeamento Georreferenciado (GEO).

3.1.2. Ferrovias

Foram analisadas todas as malhas férreas comerciais do país, são elas: Rumo Malha Norte (RMN), Rumo Malha Oeste (RMO), Rumo Malha Paulista (RMP), Rumo Malha Sul (RMS), Estrada de Ferro Carajás (EFC), Estrada de Ferro Paraná-Oeste (EFPO), Estrada de Ferro Vitória Minas (EFVM), Ferrovia Centro-Atlântica (FCA), Ferrovia Norte-Sul Tramo Norte (FNSTM), Ferrovia Tereza Cristina (FTC), Malha Regional Sudeste Logística (MRS), Ferrovia Transnordestina Logística S.A. (TLSA).

3.1.3. Metodologia para apuração de Custos

Para apuração dos custos do transporte ferroviário foram realizados diversos procedimentos em relação à base de dados do SAFF. Primeiramente, os dados referentes aos eventos de transporte foram separados em planilhas segundo as malhas ferroviárias. Em seguida, os registros foram classificados segundo as cinco categorias de cargas utilizadas. Na sequência, os eventos de transporte de uma mesma malha ferroviária e mesma categoria de carga foram separados por faixas quilométricas, com exclusão de eventuais *outliers*. Na etapa seguinte, os custos médios foram apurados por faixa quilométrica. Os custos médios por faixa quilométrica foram utilizados para a apuração da função de custo da ferrovia, por tipo de carga.

O detalhamento da metodologia segue abaixo.

3.1.3.1. Construção das faixas de distância

A criação das faixas de distâncias foi baseada na análise qualitativa das características próprias das malhas ferroviárias, considerando a proximidade das distâncias percorridas no transporte, para cada malha ferroviária. Eventos de transporte realizados em distâncias similares, em cada malha, foram agregados para a apuração da média de custo praticada para cada faixa de distância.

Quando distâncias diferentes foram utilizadas para compor uma mesma faixa quilométrica, a distância assumida pela faixa foi a média das distâncias, ponderada pelo volume de carga transportado em cada evento de transporte.

3.1.3.2. Eliminação de *outliers*

Separados os eventos de transporte em faixas de distâncias, tornou-se possível a identificação de eventuais outliers, relativamente ao custo praticado pelo transporte. A condição para a existência de outliers é a existência de valores distintos para tarifas ferroviárias praticadas, dentro de uma mesma faixa quilométrica.

Embora exista um teto tarifário regulado pela ANTT, existem diferentes modalidades de contratos de transporte praticadas pelas concessionárias de ferrovias. Esses contratos podem ser, por um lado, de longo prazo, podendo envolver coparticipação do cliente nos investimentos realizados nas vias ou nos materiais rodantes dedicados ao seu atendimento. Em muitos casos, existem também nesses contratos cláusulas de garantia de volume mínimo de carga a ser transportada, também conhecida como cláusula de take or pay. Nesses casos, o custo unitário do transporte será relativamente mais baixo.

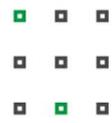
Por outro lado, também existem contratos de curto prazo, que não preveem coparticipação ou cláusula de take or pay. Em muitos casos, os contratos podem se referir a um único evento de transporte em momentos de escassez de oferta de transporte, como nos meses de safra. Nesses casos, a tarifa de transporte tende a ser mais alta, se aproximando do teto tarifário e do valor cobrado no modo rodoviário.

Para identificação e exclusão dos outliers foi utilizado o método Box Plot, que consiste nas seguintes etapas elencadas abaixo:

1. Calcula-se a mediana, o quartil inferior (Q1) e o quartil superior (Q3);
2. Subtrai-se o quartil superior do quartil inferior = (L);
3. Os valores que estiverem no intervalo de $Q3+1,5L$ e $Q3+3L$ e no intervalo $Q1-1,5L$ e $Q1-3L$, podem constituir outliers, podendo ser aceitos na população com alguma suspeita ou eliminados;
4. Os valores que forem maiores que $Q3+3L$ e menores que $Q1-3L$ devem ser considerados suspeitos de pertencer à população, devendo ser investigada a origem da dispersão. Estes pontos são chamados de extremos, devendo ser eliminados.
5. Por fim, a eliminação é feita observando-se também a consistência do valor analisado em relação às tarifas praticadas não só na própria faixa, como também nas faixas quilométricas imediatamente superiores e inferiores.

3.1.3.3. Tarifa média ponderada pela distância

Para cada faixa de distância, foi calculada a tarifa média ponderada. A ponderação se deu pelo volume de cargas transportadas, medido em TU. Assim, o valor do frete ferroviário efetivamente cobrado em cada evento de transporte contribuiu, dentro de uma mesma faixa quilométrica, para a composição da tarifa média ponderada, mas com pesos distintos, conforme o volume de carga transportada em cada evento de transporte.



3.1.3.4. Construção das funções

Para cada tipo de carga transportada, obteve-se um conjunto de dados contendo uma sequência de distâncias de transporte e os respectivos valores de fretes praticados. A partir desses dados foi realizada a regressão linear dos dados de distâncias e tarifas pelo método clássico de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). O polinômio de grau 1 resultante é a função de custo específica para cada malha e produto.

3.2. Evolução dos acidentes ferroviários

Assim como no caso do modo rodoviário, utilizou-se a metodologia de elasticidades para estimar a evolução dos acidentes ferroviários em relação ao volume de carga transportada. Para isso, foram utilizados os seguintes dados disponíveis no SAFF: produção de transporte agregada para todas as malhas do Brasil em periodicidade mensal; registro de acidentes ferroviários, com indicação de causa, natureza e número de mortos e feridos. Ambos dados foram coletados para o período entre janeiro de 2015 a dezembro de 2019.

Para o cálculo das elasticidades de feridos e mortos em relação ao volume de cargas transportadas em tku, tais variáveis foram logaritmizadas, assim como o volume de tku do mês, e foi feita, por meio do estimador de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), uma regressão “log-log” para obter os coeficientes de elasticidade. O cálculo de elasticidade permite estimar a variação percentual de acidentes por variação percentual no tráfego: $\% \Delta \text{Acidentes} = \beta \Delta \text{volume}$ de carga TKU, em que β é o coeficiente de elasticidade estimado. Os resultados seguem abaixo.

Tabela 26: Elasticidades de acidentes no modo ferroviário

Variável	Elasticidade
Feridos	+0,1132%
Mortos	+0,1553%

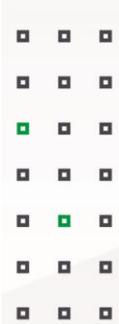
Esses resultados indicam que, caso o tku transportado aumente em 1%, o número de feridos aumentará em 0,1132% e o número de mortos aumentará em 0,1553%.

Para a elasticidade de material rodante danificado, utilizou-se a contagem do número de acidentes com natureza de abalroamento, descarrilamento, colisão e incêndio. O resultado indicou que a cada 1% de aumento no volume de carga tku, há um incremento de 1,91% no número de veículos ferroviários danificados.

Mantidas as devidas elasticidades, a metodologia utilizada no modo rodoviário pode ser expandida também para o modo ferroviário. Por exemplo, para o caso da evolução no número de mortos, pode-se aplicar a fórmula:

$$Mortes_t = Mortes_{t-1} * (1 + inflator)$$

Equação 31



Em que:

$$\text{Inflator} = \% \Delta \text{variação no tku ferroviário} * \text{elasticidade para mortos}$$

Equação 32

3.3. Fatores de emissões de gases de efeito estufa

A partir da parceria EPL-IEEMA, foi possível criar fatores de emissões de gases de efeito estufa (GEE) específicos para o transporte de carga ferroviária. Para isso, considerou-se o consumo de combustível aparente, conforme dados do SAFF, para vários tipos de carga e malhas. A partir desse consumo, foi possível utilizar fatores de emissões de gases específicos para o combustível utilizado.

Foram considerados três GEEs: CO₂, N₂O e CH₄. Esses gases foram transformados em CO₂ equivalente (CO₂e) para que pudessem ser corretamente precificados pelo DICE. A tabela de resultados segue abaixo.

Tabela 27: Fatores de emissões para o modo ferroviário

Grupo de Mercadoria	Fator de emissão CO ₂ e (tCO ₂ e/tku)
GL	0,00002281076
CG	0,00001486555
GSNA	0,00000729250
GSA	0,00001628243

4. Metodologias aplicadas para o modo aquaviário

Nessa seção serão abordadas as metodologias específicas para o transporte aquaviário - hidroviário e de cabotagem. As metodologias expostas aqui não se aplicam a portos ou estações de transbordo de cargas.

4.1. Custos de cabotagem

4.1.1. Custos fixos

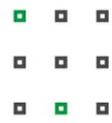
A estrutura básica do simulador de custos, na parte de custos fixos, segue a lógica apresentada abaixo.

$$\sum_{i=1}^n CF_i$$

Equação 33

Onde *i* são os custos detalhados nas seções a seguir.

4.1.1.1. Remuneração do capital



Corresponde ao retorno esperado pelo empresário, ao realizar investimentos na produção. Entende-se que a remuneração do capital obtida deve ser suficiente para cobrir os custos de oportunidade do investidor. Essa taxa aplica-se ao montante investido em obras, instalações, veículos, máquinas ou equipamentos.

4.1.1.2. Valor de compra da embarcação e características gerais

Gasto com aquisição da embarcação, em reais. Nesse trabalho foram considerados valores pesquisados junto a empresas de cabotagem e valores obtidos em trabalhos acadêmicos. Seguem as características básicas consideradas para cada tipo de embarcação.

4.1.1.3. Idade média da frota

Representa a idade média de utilização de uma embarcação, levando em conta dados da frota nacional e dados do mercado. Nesse trabalho foram considerados 12,5 anos.

4.1.1.4. Gastos com salários da tripulação

Corresponde às despesas mensais com salário de tripulantes e horas extras, se houver. Para o estudo foram considerados:

4.1.1.5. Remuneração média (R\$)

Para essa variável foram considerados valores médios conforme a remuneração de fluviários .

4.1.1.6. Quantidade de Tripulantes (inclusive reserva)

Foram consideradas as normas da Marinha do Brasil NORMAM nº 2, 12 e 13. A NORMAN 13, capítulo 4, especifica as atribuições dos membros da tripulação, a partir do que pode ser estimada a tripulação mínima de cada embarcação.

4.1.1.7. Gastos com encargos sociais

Percentual estimado de gastos com encargos sociais como FGTS, INSS, vale transporte, vale alimentação, dentre outros benefícios.

4.1.1.8. Depreciação da embarcação

Foi considerado um período de depreciação de 25 anos ou 300 meses. Para apuração do custo mensal, foi realizada a divisão do valor de custo da embarcação pelo período de sua depreciação em meses.

4.1.1.9. Gastos com seguro

Considera-se um percentual médio anual do valor da embarcação gasto por ano com seguro. Esse percentual foi calculado com base em dados obtidos na Superintendência de Seguros Privados (SUSEP).

4.1.1.10. Outros (Administrativo)

Nesse item foram alocados os gastos administrativos e com suprimentos de bordo. Considerou-se que esses gastos foram equivalentes aos gastos com custeio da tripulação da embarcação. Para as embarcações de transporte de cargas gerais e de contêineres, considerou-se que há maior demanda de pessoal administrativo para cobrir áreas críticas para esses tipos de cargas,

tais como as áreas comerciais e de relacionamento com clientes. Assim, o gasto administrativo considerado foi de uma vez e meia o gasto com custeio da tripulação nos demais casos.

4.1.2. Custos variáveis

A estrutura básica do simulador de custos, na parte de custos variáveis, segue a lógica apresentada abaixo.

$$\sum_{i=1}^n CV_i$$

Equação 34

Onde i são os custos detalhados nas seções a seguir.

4.1.2.1. Gastos com manutenção da embarcação

Corresponde à previsão de despesas mensais com peças, acessórios e materiais de manutenção da embarcação. Uma vez apuradas, essas despesas devem ser divididas pela distância mensal percorrida, para se obter o valor por quilômetro.

4.1.2.2. Gastos com combustível

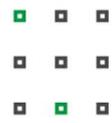
São as despesas efetuadas com combustível para cada quilômetro percorrido pela embarcação. Essa despesa depende diretamente do preço do litro do combustível e do rendimento da embarcação em km/kg.

- Consumo por Kg/BHP/hora - Representa o percentual de gasto de combustível em quilogramas por brake horse-power (medida de potência) por hora. Os valores utilizados foram obtidos por meio de levantamentos de campo, valores utilizados em trabalhos acadêmicos e dados reais de embarcações. Esse fator foi utilizado para todas as embarcações.
- Consumo kg/km - motor principal - Representa o produto do consumo do motor principal, em kg/BHP/hora pela potência, dividido pela velocidade média. Os valores obtidos dependem da distância efetivamente percorrida pela embarcação no período.
- Consumo kg/km - sistemas auxiliares – porto - Representa o consumo médio mensal dos sistemas auxiliares, em kg/km, enquanto o navio se encontra atracado no porto.
- Consumo kg/Km - sistemas auxiliares – navegando - Representa o consumo médio mensal dos sistemas auxiliares, em kg/km, enquanto o navio se encontra em navegação.

4.1.2.3. Densidade do combustível

É a densidade do combustível obtida em tabela da Petrobras. O valor adotado foi de 0,985kg/L.

4.1.2.4. Preço do combustível



É o preço médio do combustível utilizado. Dados obtidos através de análise de dados da Agência Nacional do Petróleo (ANP)³⁸.

4.1.2.5. Potência

Valores assumidos para navios típicos de transporte para as categorias de cargas consideradas.

4.1.2.6. Gastos com lubrificantes

Compreende os aspectos que impactam o consumo de lubrificantes pela embarcação:

- Consumo de lubrificantes por Kg/BHP/hora - É o consumo médio do óleo lubrificante utilizado.
- Consumo de lubrificantes por Kg/Km - Trata-se da divisão do consumo de lubrificantes, obtido pela aplicação do fator de consumo à potência do navio, pela distância percorrida mensal.
- Densidade do lubrificante - É a densidade do lubrificante, conforme levantamento feito por esta EPL/INFRA S.A., o valor adotado foi de 0,900 kg/L.
- Preço do lubrificante - É o preço médio do óleo lubrificante. Os valores utilizados foram obtidos por meio de pesquisa de mercado.

4.1.3. Premissas de desempenho

4.1.3.1. Tonelagem Nominal

É a capacidade máxima de carga de cada embarcação.

4.1.3.2. Fator de Aproveitamento

É a resultante da relação entre a distância percorrida com a embarcação carregada e a distância percorrida com a embarcação vazia. Se a embarcação segue totalmente carregada em um sentido e retorna vazia, o fator de aproveitamento será de 50%.

4.1.3.3. Tonelagem Efetiva (média)

É dada pelo produto entre a tonelagem nominal e o fator de aproveitamento.

4.1.3.4. Velocidade Comercial

É a velocidade média alcançada pelas embarcações no transporte de cargas, considerando diferentes situações de navegação. A velocidade é influenciada sobretudo pelas características dos trechos navegados, condições climáticas e características da embarcação, como potência do motor, peso da embarcação, além do perfil e peso da carga. A velocidade comercial também pode ser influenciada por normas de segurança, como as emitidas pela Marinha do Brasil.

4.1.3.5. Horas em navegação (mês)

³⁸ <https://preco.anp.gov.br/>

É a quantidade de horas em que a embarcação navegou no mês. É resultante do número de dias e horas em operação, do número de viagens realizadas no mês e dos tempos médios de carga e descarga.

Nesse estudo, considera-se 29 o número de dias de operação mensal, sendo o trigésimo dia considerado reserva técnica, podendo ser utilizado para realização de manutenção, treinamentos, ajustes nas escalas etc.

4.1.3.6. Tempo de Carga e de descarga

É o tempo médio gasto para carregar e descarregar a embarcação, em horas. Para fins de simulação, foram considerados os seguintes tempos de carga e descarga.

Tabela 28: Tempo de carga e descarga por tipo de embarcação

Tipo de Carga	Tempo de carga e descarga da embarcação
Granel Sólido Agrícola (GSA)	36/36
Granel Sólido não-Agrícola (GSNA)	36/36
Granel Líquido (GL)	24/24
Carga Geral em Contêiner (CGC)	30/30
Carga Geral (CG)	30/30

4.1.3.7. Número de Viagens por mês

O número de viagens por mês é a quantidade de viagens que o transportador consegue realizar tendo em vista as premissas de velocidade média, tempo de carga e descarga e outros aspectos da navegação.

4.1.3.8. Percurso

É a distância entre os portos de origem e de destino. A distância deve ser imputada no simulador, conforme o caso, para o cálculo do custo associado ao transporte.

4.1.3.9. Distância percorrida (mês)

É a distância efetivamente percorrida por mês.

4.1.3.10. Gastos com tributos (sobre a receita)

Tributos que incidem sobre a receita. Adotou-se por padrão o agregado de 22,45%. De forma desagregada, são os tributos:

- IRPJ 5,00%;
- CSSL 1,80%;
- PIS 0,65%;
- COFINS 3,00%;

- ICMS 12,00%;
- AFRMM 0,00%.

A alíquota do AFRMM foi mantida em 0,0% em virtude das regras de exceção desse tributo. Em algumas situações reais, entretanto, pode haver incidência do tributo com a alíquota de 10%.

4.2. Custos do transporte hidroviário

A navegação hidroviária no Brasil acontece em diferentes regiões e em hidrovias com variadas condições de navegabilidade. Os comboios que navegam nas hidrovias da Bacia Amazônica são normalmente maiores e mais pesados que os que navegam nos rios da Região Sudeste ou Sul, por exemplo. Isto porque os rios das regiões Sul e Sudeste apresentam mais restrições à navegação que os rios da Região Norte. Esses aspectos influenciam sobremaneira os custos.

No intuito de modelar essas diferenças, pode-se dizer que rios como o Madeira ou o Amazonas apresentam restrição baixa, ou mesmo não apresentam restrições à navegação, permitindo grandes comboios, por vezes com 40 mil toneladas de carga ou mais. A hidrovia do Tietê, por outro lado, apresenta elevadas restrições à navegação devido, por exemplo, às configurações de largura e profundidade do canal e da necessidade de transposição de pontes e eclusas com passagens de tamanho limitado. Nesse rio, um comboio graneleiro típico atinge até 6 mil toneladas.

Por fim, um rio como o Tocantins pode ser considerado um rio em posição intermediária entre os dois exemplos acima. Esse rio teve inauguradas, em 2010, as eclusas para transposição da hidrelétrica de Tucuruí com câmaras de dimensões internas de 210 X 33m, permitindo a navegação de comboios graneleiros de 12 mil toneladas.

As simulações de custos hidroviários foram conduzidas com dados de hidrovias de restrição elevada, moderada e baixa.

4.2.1. Custos fixos

A estrutura básica do simulador de custos segue a lógica apresentada abaixo.

$$\sum_{i=1}^n CF_i$$

Equação 35

Onde i são os custos detalhados nas seções a seguir.

4.2.1.1. Remuneração do capital

Corresponde ao retorno esperado pelo empresário, ao realizar investimentos na produção. Entende-se que a remuneração do capital obtida deve ser suficiente para cobrir os custos de oportunidade do investidor. Essa taxa aplica-se ao montante investido em obras, instalações, veículos, máquinas ou equipamentos.

4.2.1.2. Valor de compra da embarcação (R\$) e características gerais

Gasto com aquisição da embarcação, em reais. Nesse trabalho foram considerados valores fornecidos por empresas de navegação e valores obtidos em trabalhos acadêmicos.

4.2.1.3. Idade Média da Frota

Representa a idade média de utilização de uma embarcação, levando em conta dados da frota nacional e dados do mercado. Nesse trabalho foram considerados 12,5 anos.

4.2.1.4. Gastos com salários da tripulação

Remuneração média (R\$)

Para essa variável foram considerados valores médios conforme estudo sobre o transporte hidroviário de cargas. Os valores foram corrigidos para junho de 2014.

Quantidade de Tripulantes (inclui reserva)

Foram consideradas as normas NORMAM nº 2, 12 e 13. A NORMAM 13 especifica as atribuições dos membros da tripulação, a partir do que pode ser estimada a tripulação de cada embarcação.

4.2.1.5. Gastos com encargos sociais

Percentual estimado de gastos com encargos sociais como FGTS, vale transporte, vale alimentação, dentre outros benefícios.

4.2.1.6. Depreciação da embarcação

Foi considerado um período de depreciação de 25 anos ou 300 meses. Para os cálculos foi realizada uma divisão entre o valor de custo da embarcação pelo período de sua depreciação em meses.

4.2.1.7. Gastos com seguro

Considera-se um percentual médio anual do valor da embarcação gasto por ano com seguro. Esse percentual foi calculado com base em estudos da Consultoria Accenture, a partir de dados obtidos na Superintendência de Seguros Privados (SUSEP).

4.2.1.8. Outros (Administrativo)

Nesse item foram alocados os gastos administrativos e com suprimentos de bordo. Considerou-se que esses gastos foram equivalentes aos gastos com custeio da tripulação da embarcação.

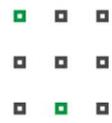
4.2.2. Custos variáveis

A estrutura básica do simulador de custos, na parte de custos variáveis, segue a lógica apresentada abaixo.

$$\sum_{i=1}^n CV_i$$

Equação 36

Onde i são os custos detalhados nas seções a seguir.



4.2.2.1. Gastos com manutenção das embarcações

Corresponde à previsão de despesas mensais com peças, acessórios e materiais de manutenção da embarcação. Uma vez apuradas, essas despesas devem ser divididas pela distância mensal percorrida, para se obter o valor por quilômetro.

4.2.2.2. Gastos com combustível

São as despesas efetuadas com combustível por quilômetro percorrido pelo comboio. Essa despesa depende diretamente do preço do litro do combustível e do rendimento da embarcação em km/kg.

4.2.2.2.1. Consumo de combustível por Kg/BHP/hora

Representa o percentual de gasto de combustível em quilogramas por brake horse-power (medida de potência) por hora.

4.2.2.2.2. Consumo de combustível kg/km

Representa o produto do consumo do motor principal, em kg/BHP/hora pela potência, dividido pela velocidade média. Os valores obtidos dependem da distância efetivamente percorrida pela embarcação no período.

4.2.2.2.3. Densidade do combustível

É a densidade do óleo diesel marítimo. O valor adotado foi de 0,85kg/L.

4.2.2.2.4. Preço do combustível

É o preço médio do combustível utilizado. Os valores utilizados foram obtidos por meio de dados da Agência Nacional do Petróleo (ANP).

4.2.2.2.5. Potência

Foi realizada uma análise das potências mais adequadas segundo a capacidade de carga dos diferentes comboios, a partir da análise de dados de visitas técnicas e trabalhos acadêmicos.

4.2.2.2.6. Velocidade média

Foram consideradas as velocidades comerciais médias viáveis para cada tipo de comboio e níveis de restrição das hidrovias.

4.2.2.3. Gastos com lubrificantes

4.2.2.3.1. Consumo de lubrificante em Kg/BHP/hora

É o consumo médio do óleo lubrificante utilizado.

4.2.2.3.2. Consumo de lubrificante por Kg/Km

Trata-se da divisão do consumo de lubrificantes, obtido pela aplicação do fator de consumo à potência do navio, pela distância percorrida mensal.

4.2.2.3.3. Densidade do lubrificante

É a densidade do óleo lubrificante utilizado. O valor adotado foi de 0,900 kg/L.

4.2.2.3.4. Preço do lubrificante

É o preço médio do óleo lubrificante. Os valores utilizados foram obtidos por meio de pesquisa de mercado.

4.2.3. Premissas de desempenho

4.2.3.1. Tonelagem Nominal

É a capacidade máxima de carga de cada comboio.

4.2.3.2. Fator de Aproveitamento

É a resultante da relação entre a distância percorrida com a embarcação carregada e a distância percorrida com a embarcação vazia. Se a embarcação segue totalmente carregada em um sentido e retorna vazia, o fator de aproveitamento será de 50%.

4.2.3.3. Tonelagem Efetiva (média)

É dada pelo produto entre a tonelagem nominal e o fator de aproveitamento.

4.2.3.4. Velocidade Comercial

É a velocidade média alcançada pelas embarcações no transporte de cargas, considerando diferentes situações de navegação. A velocidade é influenciada sobretudo pelas características dos trechos navegados, condições climáticas e características da embarcação, como potência do motor, peso da embarcação, além do perfil e peso da carga. A velocidade comercial também pode ser influenciada por normas de segurança, como as emitidas pela Marinha do Brasil.

4.2.3.5. Horas em navegação (mês)

É a quantidade de horas em que a embarcação navegou no mês. É resultante do número de dias e horas em operação, do número de viagens realizadas no mês e dos tempos médios de carga e descarga.

Nesse estudo, considera-se que a operação ocorre 24h por dia, 29 dias por mês, sendo o trigésimo dia considerado reserva técnica, podendo ser utilizado para realização de manutenção, treinamentos, ajustes nas escalas etc.

4.2.3.6. Tempo de Carga e de Descarga

É o tempo médio gasto para carregar e o tempo médio gasto para descarregar a embarcação, em horas. Para todos os tipos de cargas e hidrovias utilizou-se o tempo médio de 24h para carga e 24h para descarga.

4.2.3.7. Distância percorrida (mês)

É a quantidade mensal efetiva que o veículo percorre por mês.

4.2.3.8. Percurso

É a distância entre os portos de origem e de destino. A distância deve ser imputada no simulador, conforme o caso, para o cálculo do custo associado ao transporte.

4.2.3.9. Número de Viagens por mês

O número de viagens por mês é a quantidade de viagens que o transportador consegue realizar tendo em vista as premissas de distância, velocidade, tempo em navegação, tempo de carga e descarga, conforme abaixo:

4.2.3.10. Gastos com tributos (sobre a receita)

Tributos que incidem sobre a receita. Adotou-se por padrão o agregado de 22,45%. De forma desagregada, são os tributos:

- IRPJ 5,00%;
- CSSL 1,80%;
- PIS 0,65%;
- COFINS 3,00%;
- ICMS 12,00%;

4.2.3.11. Fatores de emissões de gases poluentes

A partir da parceria EPL-IEMA, foi possível criar fatores de emissões de gases de efeito estufa (GEE) específicos para o transporte de carga hidroviária e cabotagem. Para isso, considerou-se o consumo de combustível para vários tipos de carga e embarcação, conforme aquelas consideradas para o custo de transporte, e nível de restrição de hidrovia, para o caso do transporte hidroviário. A partir desse consumo, foi possível utilizar fatores de emissões de gases específicos para o combustível utilizado. No caso específico da cabotagem, considerou-se o uso de bunker (óleo combustível) no motor principal.

Foram considerados três GEEs: CO₂, N₂O, CH₄. Esses gases foram transformados em CO₂ equivalente (CO₂e), para que pudessem ser corretamente precificados pelo DICE. As tabelas de resultados seguem abaixo.

Tabela 29: Fatores de emissões para o modo aquaviário (1)

Grupo de Mercadoria	Nível de Restrição	tCO ₂ e/tku
GSA	Alta	0,00000559
GSA	Média	0,00000346
GSA	Baixa	0,00000238
GSNA	Alta	0,00000559
GSNA	Média	0,00000346
GSNA	Baixa	0,00000238
GL	Alta	0,00000699
GL	Média	0,00000513
GL	Baixa	0,00000470
CG	Alta	0,00001018
CG	Média	0,00000750
CG	Baixa	0,00000699

Tabela 30: Fatores de emissões para o modo aquaviário (2)

Grupo de Mercadoria	Local da emissão	tCO ₂ e/tku
GSA	Motor Principal	0,00000432918
GSNA	Motor Principal	0,00000432918
GL	Motor Principal	0,0000026716
CG	Motor Principal	0,0000020089

4.3. Metodologia de evolução dos acidentes hidroviários

Da mesma forma que a evolução dos acidentes rodoviários e ferroviários foi feito, também aqui se utilizou o cálculo da elasticidade para a previsão de mortos e feridos. Para isso, foi utilizada a base de acidentes da Marinha do Brasil, com filtro para acidentes com barcas e período entre 2010 e 2018. A partir do TKU do Panorama Inter-regional de Cargas de 2015, promovido pela EPL, e pela variação na tonelada transportada em vias hidroviárias, disponibilizado pela ANTAQ, estimou-se o TKU hidroviário anual entre 2010 e 2018.

Para o cálculo das elasticidades de feridos e mortos em relação ao volume de cargas transportadas em tku, tais variáveis foram logaritimizadas, assim como o volume de tku anual, e, por meio do estimador de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), foi feita uma regressão “log-log” para obter os coeficientes de elasticidade. O cálculo de elasticidade permite estimar a variação percentual de acidentes por variação percentual no tráfego: $\% \beta \Delta \text{acidentes} = \% \Delta \text{volume}$ de carga TKU, em que β é o coeficiente de elasticidade estimado. Os resultados seguem abaixo:

Tabela 30: Elasticidade de acidentes no transporte aquaviário

Variável	Elasticidade
Feridos	+0,06%
Mortos	+0,07%

Esses resultados indicam que, caso o tku transportado aumente em 1%, o número de feridos aumentará em 0,06% e o número de mortos aumentará em 0,07%.

Para a elasticidade de veículos hidroviários danificados, utilizou-se a contagem do número de acidentes que tivessem, em sua natureza, probabilidades de danificação da embarcação (água aberta, colisão, incêndio, etc). O resultado indicou que a cada 1% de aumento no volume de carga tku, há um incremento de 0,15% no número de veículos hidroviários danificados.

O Capítulo 6 possui um exemplo de aplicação das elasticidades no cálculo de evolução dos acidentes. Mantidas as devidas elasticidades, a metodologia utilizada no modo rodoviário pode ser expandida também para o modo hidroviário. Por exemplo, para o caso da evolução no número de mortos, pode-se aplicar a fórmula:

$$Mortes_t = Mortes_{t-1} * (1 + inflator)$$

Equação 37

Em que:

$$Inflator = \% \Delta \text{variação no tku hidroviário} * \text{elasticidade para mortos}$$

Equação 38

INFRA S.A.

MINISTÉRIO DA
ECONOMIA

MINISTÉRIO DA
INFRAESTRUTURA



© 2022 – INFRA SA
INFRA S.A.
SAUS, Quadra 01, Bloco ""G""
Lotes 3 e 5. Asa Sul
Brasília - DF - 70.070-010
infrasa.gov.br

institucional@infrasa.gov.br

