

Pdmm

PLANO DIRETOR METROVIÁRIO
REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO

RELATÓRIO TÉCNICO 3

Plano de Implantação



Relatório Técnico 3

Plano de Implantação

Dezembro de 2017

HISTÓRICO DO DOCUMENTO

Esse documento foi produzido e alterado conforme o quadro abaixo:

RELATÓRIO TÉCNICO 1 - CONTROLE DE EMISSÕES					
VERSÃO	DATA	DESCRIÇÃO	CRIADO PO:	VERIFICADO POR:	APROVADO POR:
EMISSÃO 1	NOV/16	Relatório Técnico 3 – Plano de Implantação	Rachel Factor e Álvaro Gonzalez	Ivanice Schutz	João Carlos Scatena
EMISSÃO 2	NOV/17	Relatório Técnico 3 – Plano de Implantação	Tamara Gaspar e Álvaro Gonzalez	Fernando Howat	Mario Sergio Pimentel
EMISSÃO 3	DEZ/17	Relatório Técnico 3 – Plano de Implantação	Tamara Gaspar e Álvaro Gonzalez	Fernando Howat	Mario Sergio Pimentel

LISTA DE ABREVEATURAS

PDM	Plano Diretor Metroviário da Região Metropolitana do Rio de Janeiro
PDTU	Plano Diretor de Transporte Metropolitano do Rio de Janeiro
RMRJ	Região Metropolitana do Rio de Janeiro
TRANUS	Software
O/D	Pesquisa Origem-Destino
BRT	Bus Rapid Transit
SETRANS	Secretaria de Estado de Transportes
PDM_RMRJ	Plano Diretor Metroviário da Região Metropolitana do Rio de Janeiro
CCR BARCAS	Subsistema barcas
SUPERVIA	Subsistema trens urbanos
TRANUS	Sistema completo de modelagem de transporte e uso do solo
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
FIPE	Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
P&R	Park and Ride
RAIS	Relação Anual de Informações Sociais
FOV	Pesquisa de Frequência de Ocupação visual
VDF	Coefficiente da Função Fluxo-Demora

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
2.	CONSOLIDAÇÃO DAS REDES ALTERNATIVAS.....	14
3.	CARACTERIZAÇÃO DOS CENÁRIOS DE DEMANDA.....	21
3.1	CARACTERIZAÇÃO GERAL DOS CENÁRIOS DE DEMANDA	21
3.2	CENÁRIO TENDENCIAL	22
3.3	CENÁRIO INDUZIDO	28
4.	DEFINIÇÃO DA REDE METROVIÁRIA PROPOSTA.....	39
4.1	METODOLOGIA.....	40
4.2	ETAPA 1.....	45
4.3	ETAPA 2.....	58
4.4	ETAPA 3.....	67
5.	APURAÇÃO DE CUSTOS	75
5.1	DIMENSIONAMENTO DO MATERIAL RODANTE.....	75
5.2	APURAÇÃO DE CUSTOS DE INFRAESTRUTURA E SISTEMAS (CAPEX).....	81
5.3	APURAÇÃO DE CUSTOS DE OPERAÇÃO DO SISTEMA (OPEX)	85
6.	PRIORIZAÇÃO DAS LINHAS.....	91
6.1	CARACTERÍSTICAS DA METODOLOGIA ADOTADA – AHP	91
6.2	ÁRVORE DE DECISÃO PARA O MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA	92
6.3	DISCUSSÃO DOS CRITÉRIOS E ESTABELECIMENTO DE FORMULAÇÃO DO MODELO MULTICRITERIAL.....	94
6.4	PRIORIDADE DE IMPLANTAÇÃO DAS LINHAS DA REDE PROPOSTA	96
7.	ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA E FINANCEIRA DAS ALTERNATIVAS	102
7.1	CÁLCULO E ESTIMATIVA DOS INSUMOS.....	102
7.2	AVALIAÇÃO SÓCIOECONÔMICA	110
7.3	AVALIAÇÃO FINANCEIRA.....	116
7.4	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE	121
8.	PLANO DE IMPLANTAÇÃO.....	126
8.1	CAPACIDADE DE IMPLANTAÇÃO DA REDE METROVIÁRIA	126

8.2	VISÃO DO PDM PARA IMPLANTAÇÃO DA REDE METROVIÁRIA PROPOSTA	140
9.	AÇÕES DE CARÁTER INSTITUCIONAL, COOPERAÇÃO TÉCNICA E FINANCEIRA	150
9.1	ABORDAGEM DOS MECANISMOS DE FINANCIAMENTO E COOPERAÇÃO	151
9.2	MECANISMOS DE FINANCIAMENTO	175
9.3	VISÃO OBJETIVO DA ESTRUTURA INSTITUCIONAL PARA O CENÁRIO COM A REDE PROPOSTA	184
10.	DEBATE COM A SOCIEDADE SOBRE O PLANO DE IMPLANTAÇÃO	195
11.	CONSOLIDAÇÃO DO PLANO DE IMPLANTAÇÃO	197
12.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	198

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Rede Base original, proveniente do RT2	18
Figura 2: Rede Base original, oriunda do RT2, com alternativas pontuais de traçado.....	19
Figura 3: Rede Base depurada	20
Figura 4: Cenários de avaliação da Rede Metroviária Proposta	22
Figura 5: Gênese da Obtenção das Variáveis Explicativas da Demanda por Transportes.....	23
Figura 6: Metodologia de Construção de Uso do Solo Induzido - Parte 1	31
Figura 7: Metodologia de Construção de Uso do Solo Induzido - Parte 2	32
Figura 8: Classificação das zonas para a variável de POPULAÇÃO calculado pelo indicador de acessibilidade associadas à ORIGEM das viagens (antes e depois da revisão dos técnicos).....	33
Figura 9 Classificação das zonas para a variável de EMPREGO calculado pelo indicador de acessibilidade associado ao DESTINO das viagens (antes e depois da revisão dos técnicos)	34
Figura 10: Fluxograma das etapas de estimativa de população e emprego nos municípios da área de estudo para elaboração do Cenário Induzido Otimista.	38
Figura 11: Rede metroviária considerada no cenário base e de calibração do PDM.....	40
Figura 12: Rede metroviária de referência, contemplando o trecho em operação a partir do segundo semestre de 2016	42
Figura 13 – Rede Básica Proposta..	44
Figura 14: Metodologia aplicada para definição da ordem de prioridade das alternativas.....	45
Figura 15 - Trechos que serão avaliados para composição da rede do PDM.....	46
Figura 16 - Resultado da alocação da matriz de 2045 na rede proposta.....	48
Figura 17 – Resultados dos indicadores de carregamento máximo, media de embarques e desembarques por quilômetro, passageiro-quilômetro por quilômetro dos trechos com marcação em 70% da quilometragem da rede	49
Figura 18 - Resumo dos indicadores por trechos com marcação de critérios reprovados.....	50
Figura 19 - Resumo dos trechos definidos pelos critérios técnicos para exclusão da Rede Proposta, porém mantidos	53
Figura 20 : Resumo dos trechos excluídos da Rede em Estudo dentro do horizonte de avaliação	57
Figura 21 - Rede Objetivo proposta do horizonte 2045	58
Figura 22 - Resultado da alocação da matriz 2025 na rede objetivo para definição dos horizontes de implantação dos trechos	60
Figura 23 - Rede objetivo do horizonte 2025	62

Figura 24- Resultado da alocação da matriz 2035 na rede objetivo para definição dos horizontes de implantação dos trechos	63
Figura 25 - Rede objetivo do horizonte 2035	64
Figura 26 - Resultado da alocação da matriz 2045 na rede objetivo para definição dos horizontes de implantação dos trechos	65
Figura 27- Rede objetivo do horizonte 2045	66
Figura 28- Evolução temporal da Rede proposta	74
Figura 29: Exemplo de tipologia - Via Elevada	81
Figura 30: Exemplo de tipologia - Estação Elevada	81
Figura 31: Elementos que constituem a abordagem utilizada para a análise socioeconômica.	111
Figura 32: Etapas da avaliação socioeconômica	112

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Correspondência das atividades	13
Tabela 2: Projeção de população para municípios da Área de Estudos com base na metodologia de Cenário Tendencial – anos horizontes de 2015 a 2045.	24
Tabela 3: Projeção de empregos para municípios da Área de Estudos com base na metodologia de Cenário Tendencial – anos horizontes de 2015 a 2045	25
Tabela 4: Projeção do PIB para municípios da Área de Estudos com base na metodologia de Cenário Tendencial – anos horizontes de 2015 a 2045 (R\$ Milhões de 2014).	26
Tabela 5: Resumo da projeção das variáveis no Cenário Tendencial– 2015 a 2045.	27
Tabela 6: Categorias para agregação de zonas e bairros segundo o tempo de viagem médio	31
Tabela 7: Categorias para agregação de zonas e bairros segundo o tempo de viagem médio	35
Tabela 8: Evolução das Projeções da População, PIB per-capita e Empregos da Área de Estudo nos dois cenários avaliados	39
Tabela 9: Carregamentos máximos de cada linha com a matriz 2025 na rede objetivo	61
Tabela 10: Carregamentos máximos de cada linha com a matriz 2035 na rede objetivo	63
Tabela 11: Carregamentos máximos de cada linha com a matriz 2045 na rede objetivo	66
Tabela 12. Linhas que compõem a Rede de Referência, base de comparação para as alternativas avaliadas no horizonte 2025	68
Tabela 13. Resultados da avaliação individual das alternativas para elaboração da Rede Proposta para o Cenário 2025	69
Tabela 14. Linhas que compõem a Rede Proposta para o Cenário 2025, base de comparação para as alternativas avaliadas no horizonte 2035	70
Tabela 15: Resultados da avaliação individual das alternativas para elaboração da Rede Proposta para o Cenário 2035	71
Tabela 16. Linhas que compõem a Rede Proposta para o Cenário 2035, base de comparação para as alternativas avaliadas no horizonte 2045	72
Tabela 17: Resultados da avaliação individual das alternativas para elaboração da Rede Proposta para o Cenário 2045	73
Tabela 18: Resultados obtidos para velocidades e tempos de ciclo de cada linha proposta.....	76
Tabela 19: Parâmetros para dimensionamento do material rodante	77

Tabela 20: Dimensionamento de frota para o Cenário 2025	78
Tabela 21: Dimensionamento de frota para o Cenário 2035	79
Tabela 22: Dimensionamento de frota para o Cenário 2045	80
Tabela 23: Resumo dos custos de implantação e material rodante das linhas componentes da Rede Objetivo	82
Tabela 24: Composição do sistema metroviária em cada ano horizonte como proposto no PDM.	85
Tabela 25: Custos Operacionais estimados para o Ano Horizonte 2020.....	87
Tabela 26: Custos Operacionais estimados para o Ano Horizonte 2025.....	88
Tabela 27: Custos Operacionais estimados para o Ano Horizonte 2035.....	89
Tabela 28: Custos Operacionais estimados para o Ano Horizonte 2045.....	90
Tabela 29: Critérios utilizados no PDTU	92
Tabela 30: Critérios adotados para a Avaliação Hierárquica do PDM.....	93
Tabela 31: Composição do grupo de especialistas entrevistados, por instituição	95
Tabela 32: Árvore de decisão	96
Tabela 33: Hierarquização no Cenário 2025	98
Tabela 34: Hierarquização no Cenário 2035	99
Tabela 35: Hierarquização no Cenário 2045	100
Tabela 36: Hierarquização Final	101
Tabela 37: Resumo dos custos de implantação e material rodante das linhas componentes da Rede Objetivo	106
Tabela 38: Valor presente líquido resultado do fluxo de caixa da análise socioeconômica do projeto PDM. .	115
Tabela 39: Cenários financeiros para avaliação, elaborados com base na fonte provedora de recursos	118
Tabela 40: Resultados da avaliação financeira dos cenários de avaliação para cada bloco de investimento.	120
Tabela 41: Resultado consolidado da avaliação de sensibilidade do modelo socioeconômico.	123
Tabela 42: Resultado do parâmetro TIR de Projeto variando-se os insumos valor do tempo e custo de investimentos.	124
Tabela 43: Resultado do parâmetro (Receita/Custo) variando-se os insumos demanda e custos operacionais para o Bloco 2.	126
Tabela 44: Extensão das malhas e período de construção.	128
Tabela 45: Extensão e período de construção da malha metroviária de algumas cidades do país. .	131
Tabela 46: Taxa de expansão de linhas recentes.	135
Tabela 47: Extensão das expansões estudadas para a Rede Metroviária	136
Tabela 48: Taxa de construção requerida para execução da Rede Metroviária Estudada	136
Tabela 49: Resultado Fiscal 2014 (Valores em milhares de reais).....	138
Tabela 50: Custo estimado da Rede Proposta (Valores em reais).....	139
Tabela 51: Investimento anual requerido para execução da Rede Metroviária Estudada	140

Tabela 52: Resumo dos resultados da avaliação financeira	142
Tabela 53: Hierarquização das linhas que superaram as análises de viabilidade	144
Tabela 54: Cronograma de Implantação Proposto	145
Tabela 55: Extensão e frota acumulada da rede	147
Tabela 56: Cronograma de construção ou intervenção em garagens	148
Tabela 57: Cronograma	149
Tabela 58: Projetos de Mobilidade Urbana financiados pelo Banco Mundial no Estado do Rio de Janeiro (2008-2015). 158	
Tabela 59: Projetos relativos à área de Transportes desenvolvidos por MDL	183

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Crescimento da População na Região Metropolitana de Rio de Janeiro 1970 a 2045.	27
Gráfico 2: Distribuição anual do total de benefícios, total de custos e valor social do projeto.	116
Gráfico 3: Taxa de expansão versus tamanho da malha metroviária	129
Gráfico 4: Extensão da malha metroviária.	130
Gráfico 5: Taxa de expansão da malha metroviária desde o início de sua construção.	130
Gráfico 6: Taxa de expansão das redes metroviárias em cidades brasileiras.	131
Gráfico 7: Evolução da malha metroviária das cidades selecionadas.	132
Gráfico 8: Ritmo de expansão da rede metroviária. Fonte: Consórcio, 2016.	133
Gráfico 9: Demanda adicionada e demanda total da rede por alternativa	141
Gráfico 10: Extensão e frota acumulada da rede.....	146
Gráfico 11: Cronograma de investimento	149
Gráfico 12: Participação de fontes de financiamento à operação de sistemas de transporte em regiões metropolitanas europeias: Barcelona, Madri, Bruxelas, Amsterdã, Paris e Berlim (2004-2007).....	154
Gráfico 13: Projetos relativos à área de Transportes desenvolvidos por MDL.	182

1. INTRODUÇÃO

Este é o Relatório Técnico nº 3 do PDM – Plano Diretor Metroviário. O relatório é composto de 8 (oito) capítulos, incluindo este capítulo introdutório, o qual foi concebido como uma fundamentação necessária à compreensão dos capítulos subsequentes. A razão de sua existência está ligada ao alinhamento entre o capítulo final do Relatório Técnico nº 2 e os próximos capítulos do presente documento. Procura-se identificar e justificar as alterações na rede metroviária examinada exaustivamente pela equipe técnica responsável pelo conteúdo do PDM.

O Relatório Técnico nº 2 apresentou algumas atividades inconclusas, as quais foram remanejadas para este relatório. Isso se deveu à necessidade de definir a conformação da rede de linhas metroviárias e a conclusão dos processos de simulações computacionais decorrentes da formulação dos cenários tendencial e induzido no que concerne a ocupação do solo e a geração de empregos. No que tange à rede, havia duas alternativas, entre as quais destacava-se a rede base e a rede alternativa que concentrava variações sobre algumas linhas. Essa discussão, como é natural em trabalhos dessa natureza, acabou tomando mais tempo do que o previsto e atingiu seu apogeu com a conclusão de uma proposta de rede apenas após a edição do Relatório Técnico nº 2, motivo pelo qual essa nova rede definitiva será apresentada detalhadamente neste Relatório Técnico nº 3. Três atividades dependentes diretamente da rede foram remanejadas para este relatório, quais sejam: a previsão de custos operacionais (OPEX); a Análise de Viabilidade Econômica e Financeira e, por último, a Análise de Sensibilidade. No relatório anterior haviam sido apresentadas apenas as metodologias empregadas em sua realização.

É importante também esclarecer que a itemização deste relatório guarda algumas diferenças em relação à compartimentação do trabalho apresentada pelo Consórcio quando da Proposta Técnica. Essas alterações são fruto do amadurecimento das ideias ocorrido ao longo do desenvolvimento do trabalho. Importante é destacar que, apesar disso, não há qualquer conteúdo suprimido, uma vez que todo o programa foi executado. As alterações se limitam apenas a nomenclatura. Alguns títulos e subtítulos foram modificados, mas sempre em prol da melhor compreensão e de uma concatenação mais adequada das ideias e conceitos. O quadro abaixo mostra a correspondência entre os títulos originais e os novos e vigentes títulos.

Tabela 1: Correspondência das atividades

ATIVIDADES PRESENTES NA PROPOSTA TÉCNICA	ATIVIDADES CORRESPONDENTES NESTE RELATÓRIO
Apresentação das Redes Alternativas	Consolidação das Redes Alternativas
Análise dos Fluxos nas Redes Alternativas	Caracterização dos Cenários de Demanda
	Definição da Rede Metroviária Potencial para cada Horizonte
Apuração de Custos	Apuração de Custos
Análise de Viabilidade Econômica e Financeira	Análise de Viabilidade Econômica e Financeira das Alternativas
Análise de Sensibilidade	
Definição dos Critérios de Priorização das Alternativas	Priorização das Linhas
Discussão dos Critérios e Estabelecimento da Formulação do Modelo Multicriterial	
Definição da Ordem de Prioridade de Cada Alternativa	
Prazo e etapas de cada prioridade	Plano de Implantação
Ações de Caráter Institucional, Cooperação Técnica e Financeira	Ações de Caráter Institucional, Cooperação Técnica e Financeira
Estruturação Financeira Para Cada Alternativa	Análise de Viabilidade Econômica e Financeira das Alternativas
	Ações de Caráter Institucional, Cooperação Técnica e Financeira
Debate com a Sociedade Sobre o Plano de Implantação	Debate com a Sociedade sobre o Plano de Implantação
Consagração do Plano de Implantação	Consolidação do Plano de Implantação

Fonte: Consórcio, 2015

Para finalizar esta introdução ao Relatório Técnico nº 3, é importante informar ao leitor que a rede metroviária apresentada neste relatório é diferente das duas alternativas apresentadas ao término do relatório técnico anterior. No RT2, haviam duas alternativas de rede, já que algumas linhas apresentavam diferenças de traçado. No entanto, para este documento, essa etapa foi superada e as escolhas de traçado foram devidamente realizadas caso a caso após um exaustivo trabalho de análise de todas as possibilidades levantadas e estudadas. Por outro lado, no que concerne a cenários de demanda, apresenta-se um novo Cenário Induzido, que recebeu expressivas modificações. As modificações, sejam na rede metroviária, sejam na demanda de passageiros decorrente do novo Cenário Induzido, influenciaram diretamente o orçamento CAPEX do PDM. Por essa razão o CAPEX voltará a ser apresentado neste relatório, sem a metodologia, que em nada foi alterada e já se encontra descrita no Relatório Técnico nº 2. A partir do próximo capítulo o leitor conhecerá todo o conteúdo citado.

2. CONSOLIDAÇÃO DAS REDES ALTERNATIVAS

A Rede Básica proposta na etapa anterior do PDM - Plano Diretor Metroviário recebeu modificações significativas após sua formulação. É natural que isso ocorra, pois o PDM é um plano que conta com a intensa e decisiva participação de técnicos, especialistas, incluindo os experientes técnicos da RioTrilhos e da Secretaria de Transportes, os quais têm vivência e experiência institucional importante na construção da rede sob trilhos, que atualmente encontra-se em operação na RMRJ.

Entendendo-se ainda que a construção de uma rede de metrô ao longo do tempo é uma tarefa dinâmica, é mister compreender que o planejamento que precede essa construção também apresente traços desse dinamismo, com uma rede sempre em evolução.

Esta informação, acerca das alterações promovidas na Rede Base proposta é essencial à compreensão do conteúdo deste Relatório Técnico nº 3 do PDM. É importante que seja promovido o conhecimento, uma a uma, das alterações introduzidas na rede, especialmente após a leitura do Relatório Técnico nº 2.

Este texto introdutório tem por objetivo descrever e explicar cada mudança efetuada na rede, servindo de base para o conhecimento do conteúdo técnico deste relatório.

Antes, porém, é importante contextualizar novamente as etapas do PDM e o encadeamento lógico das ações de planejamento, segundo uma breve retrospectiva da metodologia construída e adotada pelo Plano.

O primeiro momento consistiu em traçar uma rede manualmente a partir de inputs variados. No caso do PDM, esses inputs foram os estudos já desenvolvidos e as linhas cujos processos administrativos de contratação já houvessem sido deflagrados, aliados às sugestões feitas pelos técnicos da equipe do PDM baseados em sua experiência e no conhecimento da cidade.

O segundo momento correspondeu à calibração da rede preliminar no software de simulação integrada TRANUS e a análise dos primeiros resultados, enquanto, em paralelo, se construía uma base de dados sobre uso do solo, ocupação do território, natureza de atividades econômicas e também uma base de dados demográficos e de projeções futuras de emprego na RMRJ.

No terceiro momento, foram construídos dois cenários de demanda: o Tendencial e o Induzido. O primeiro é resultado de um crescimento vegetativo da população e dos empregos conforme a tendência atual, enquanto o segundo é uma projeção mais ousada, com base no sucesso de grandes

empreendimentos comerciais, industriais e de infraestrutura urbana que serão realizados na RMRJ no período de abrangência do PDM, ou seja, os próximos 30 anos.

O quarto momento centrou-se na aplicação simultânea dos dados sócio demográficos, urbanísticos e de transporte (especialmente a rede preliminar proposta) no software de simulação, além da alocação das viagens, visando verificar os carregamentos de cada linha proposta. Com base na filtragem desses dados, a rede foi depurada e trechos menos carregados foram descartados.

O quinto momento baseou-se na construção de um conjunto de critérios para avaliar qualitativamente as linhas e propor a ordem de implantação das mesmas. Trata-se do Método de Análise Hierárquica Multicritério, conhecido como AHP. Uma vez construído um conjunto de critérios e subcritérios, os mesmos são submetidos a um grupo de especialistas que os avaliará de forma independente e correlacionando-os, visando atribuir o peso relativo de cada critério. Em seguida são extraídos os indicadores quantitativos das linhas nos resultados das simulações feitas no software TRANUS e é aplicada a AHP para o conjunto das linhas. Essa avaliação é realizada em grupos homogêneos para grupos de linhas distribuídas em três horizontes temporais – três períodos de dez anos cada.

Em seguida, as linhas têm sua implantação priorizada, como produto praticamente final. No passo seguinte é descrito um plano de implantação, consolidando-se o produto final deste relatório.

Uma vez explicado todo o processo, é possível detalhar os dois aspectos que levaram a alterações na rede metroviária proposta. O primeiro está relacionado com o cenário de demanda induzido, que, pese ao esforço dos técnicos, acabou com resultados bastante semelhantes aos do cenário tendencial no que se refere à demanda das linhas metroviárias. Nesse momento constatou-se que seria necessária uma revisão das projeções de emprego e, conseqüentemente, da demanda. Foi construído um novo Cenário Induzido, o qual produziu resultados satisfatórios e coerentes com as expectativas que haviam sido geradas desde o início do trabalho, as quais estão relacionadas a uma melhor distribuição das viagens geradas na rede, resultante da busca pelo equilíbrio entre a localização de moradias e trabalho.

Cabe explicar ainda que foram considerados dois cenários induzidos em revisão ao Cenário Induzido Original: o Cenário Induzido Ampliado e o Cenário Induzido Otimista.

O primeiro, denominado Cenário Induzido Ampliado, manteve os totais de população e emprego definidos no cenário tendencial (segundo projeções oficiais), seguindo um padrão de distribuição espacial ajustado aos vetores de expansão esperados em função da ampliação da rede de transporte de alta capacidade.

Já o segundo, denominado Cenário Induzido Otimista, manteve as distribuições adotadas pelo primeiro Cenário Induzido, porém com ajuste nos totais de população e emprego (crescimento) baseado no potencial impacto de evolução destas variáveis socioeconômicas em função dos investimentos realizados, ou seja, adotando-se a premissa de que os pesados investimentos previstos são capazes de atrair novos empregos e população (acima da evolução tendencial)

Outra razão para revisões na rede adveio da necessidade de estudar com maior detalhe o atendimento metroviário ao aeroporto internacional e à conformação da atual Linha 1 em anel fechado, em decorrência da implantação do trecho Gávea-Uruguai conectado as duas extremidades da Linha 1, que opera atualmente.

De maneira resumida, apresenta-se a seguir os itens modificados na rede, com sua respectiva justificativa, em modo expedito:

- Linha 1: Traçado com anel fechado no trecho Gávea-Uruguai;
- Linha 2: Inclusão da Estação Praça XV e proposta de expansão até estação Arariboia no município de Niterói;
- Linha 3: Traçado definitivo pela Avenida Feliciano Sodré, em Niterói, e não mais pela Avenida Marechal Deodoro, conforme estudado alternativamente. Incorporação de trecho em via singela entre Alcântara e Guaxindiba, visando viabilizar acesso ao pátio de Guaxindiba;
- Ligação com sistema shuttle na estação Av. Brasil até o Aeroporto Galeão;
- Ligação Deodoro - Presidente Vargas: Término na Estação Presidente Vargas, conectando com a Linha 1 e não mais na Estação Harmonia, conforme estudado;
- Ligação Uruguai – Del Castilho / Engenho de Dentro: Atendimento à Del Castilho e Cachambi, conectando na primeira com a Linha 2 e não mais em Engenho de Dentro;
- Ligação Arariboia – Itaipuaçu: Término em Maravista e não mais em Itaipuaçu (Maricá);
- Ligação São Francisco – Alcântara: Ligaria São Francisco, em Niterói a Alcântara, em São Gonçalo. Linha eliminada por baixa demanda;
- Ligação Campo Grande – Duque de Caxias: Linha eliminada por critérios técnicos, por baixa demanda e por concorrência com a SuperVia;
- Ligação Gávea – Uruguai – Av. Brasil: Ligando a estação Uruguai com a Av. Brasil como possível prolongamento do trecho Gávea e Uruguai.

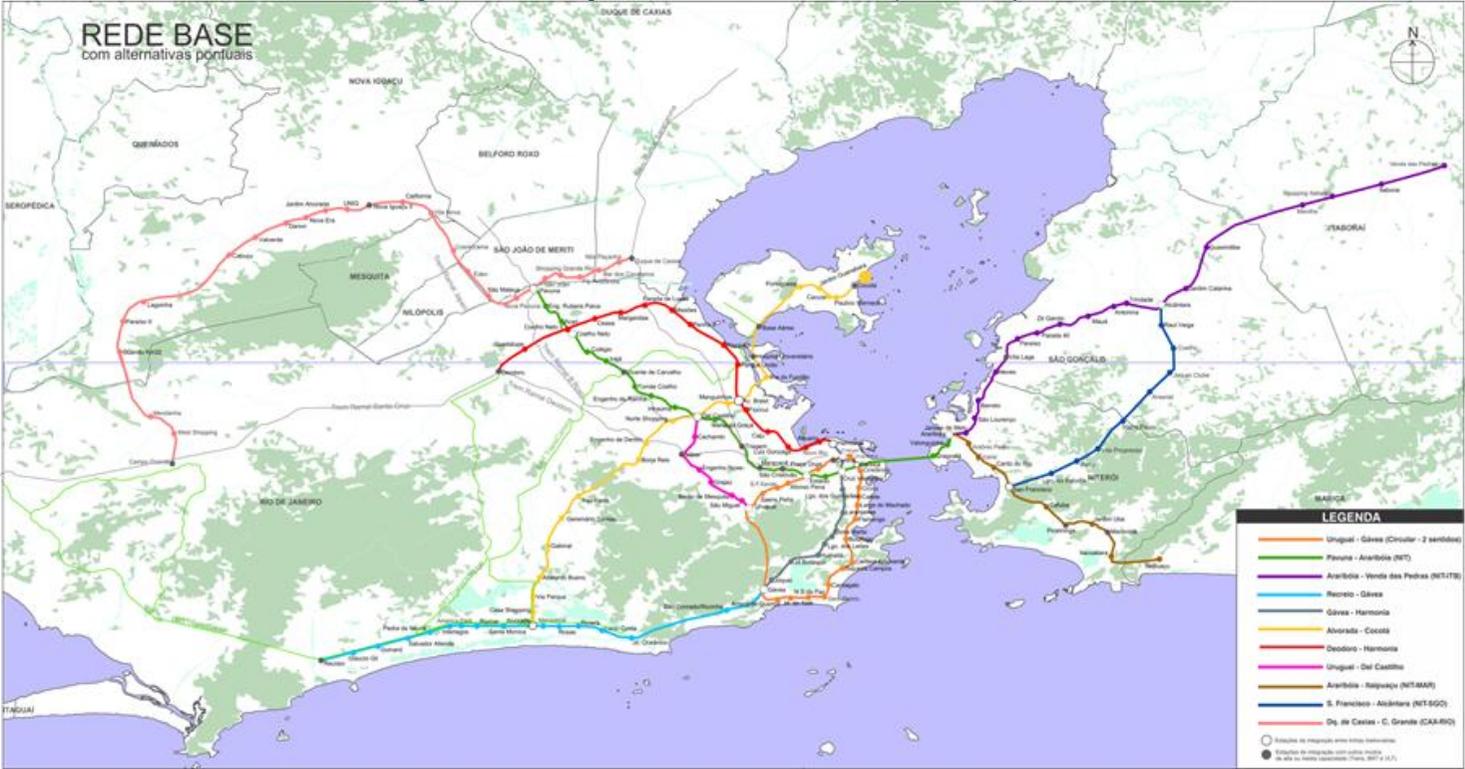
Os mapas a seguir mostram as duas configurações de rede: o primeiro com a mesma configuração de rede que foi inicialmente concebida, como exposta no RT2, isto é, anterior às reflexões e simulações preliminares que ocasionaram cortes, tomadas de decisão sobre alternativas pontuais de traçado e supressão de trechos. A segunda imagem, por sua vez, ilustra a situação com a qual se trabalha neste RT3 a partir deste momento, ou seja, já com as depurações resultantes das discussões supracitadas.

Figura 1: Rede Base original, proveniente do RT2



Fonte: Consórcio, 2015

Figura 2: Rede Base original, oriunda do RT2, com alternativas pontuais de traçado



Fonte: Consórcio, 2015

Figura 3: Rede Base depurada



Fonte: Consórcio, 2015

Isto posto é chegado o momento de conhecer os cenários de demanda do PDM, através dos quais será possível compreender em maior profundidade o processo de planejamento descrito sucintamente neste introito.

3. CARACTERIZAÇÃO DOS CENÁRIOS DE DEMANDA

3.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DOS CENÁRIOS DE DEMANDA

Os cenários de planejamento, como discutido no Relatório Técnico 2, consistem em um conjunto de eventos definidos pela descrição coerente de uma situação futura, isto é, dos acontecimentos que permitem passar da situação de origem a esta situação futura.

O objetivo da utilização de cenários prospectivos de desenvolvimento para o planejamento dos transportes da Região Metropolitana do Rio de Janeiro é estabelecer as linhas mestras das perspectivas de desenvolvimento econômico e social da região, visando estimar os parâmetros quantitativos da demanda em infraestruturas e serviços de transportes para orientar e dimensionar os investimentos públicos e privados futuros. Neste contexto, dentro da metodologia definida para desenvolvimento do PDM, definiu-se a utilização de dois cenários de desenvolvimento urbano para elaboração do Plano de Expansão Metroviária:

- Cenário de Desenvolvimento Tendencial
- Cenário de Desenvolvimento Induzido

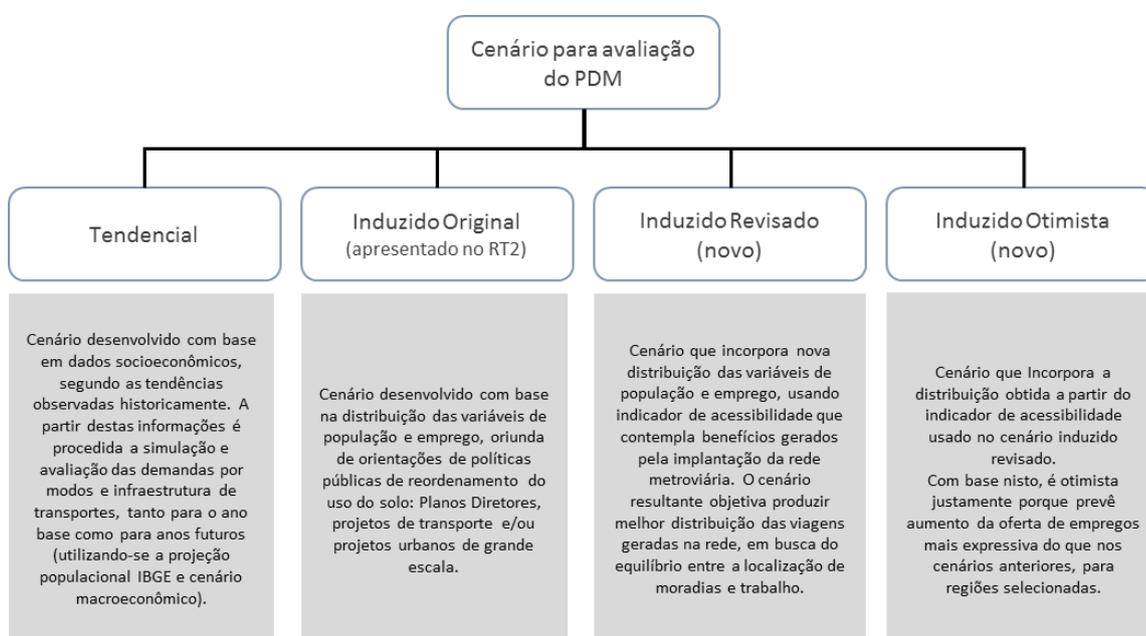
Sob esta perspectiva, pode-se definir que um Cenário Tendencial é aquele que contém a evolução natural do desenvolvimento econômico, aferido a partir de sua trajetória até o momento atual, sem intervenções de novas políticas significativas por parte das entidades governamentais. Por outro lado, um Cenário Induzido é desenvolvido a partir da evolução do desenvolvimento social e econômico, preconizando, em adição ao Cenário Tendencial, a aplicação de políticas e intervenções governamentais orientadas, visando a obtenção de resultados que atendam positivamente às metas relativas à aplicação destas políticas.

Assim, o Cenário de Desenvolvimento Urbano Induzido se baseia na hipótese de que pode existir uma melhor distribuição de população e atividades econômicas capaz de ampliar os benefícios gerados pela implantação de infraestrutura de transporte de massa com fomentação de centralidades urbanas, elevando, desta forma, a qualidade de vida da população. Este cenário busca reduzir as externalidades dos modelos urbanísticos que têm orientado historicamente o desenvolvimento das cidades.

No âmbito do Relatório Técnico 2 (RT2), houveram questionamentos por parte da equipe técnica da Rio Trilhos sobre o Cenário Induzido apresentado. Estes questionamentos basearam-se no fato de que os resultados de fluxos nas redes de transporte, fluxos na rede proposta de metrô e os indicadores de

mobilidade para o Cenário Induzido apresentavam diferenças marginais quando comparados com os resultados do cenário tendencial. Após a revisão dos resultados apresentados no RT2, optou-se por construir novos cenários induzidos alternativos, capazes de refletir os objetivos do planejamento orientado ao transporte. Como resultado desta etapa, obteve-se quatro cenários de desenvolvimento urbano para avaliação da Rede Metroviária Proposta pelo PDM, como descrito na [Figura 4](#) a seguir e detalhados nos itens subsequentes.

Figura 4: Cenários de avaliação da Rede Metroviária Proposta

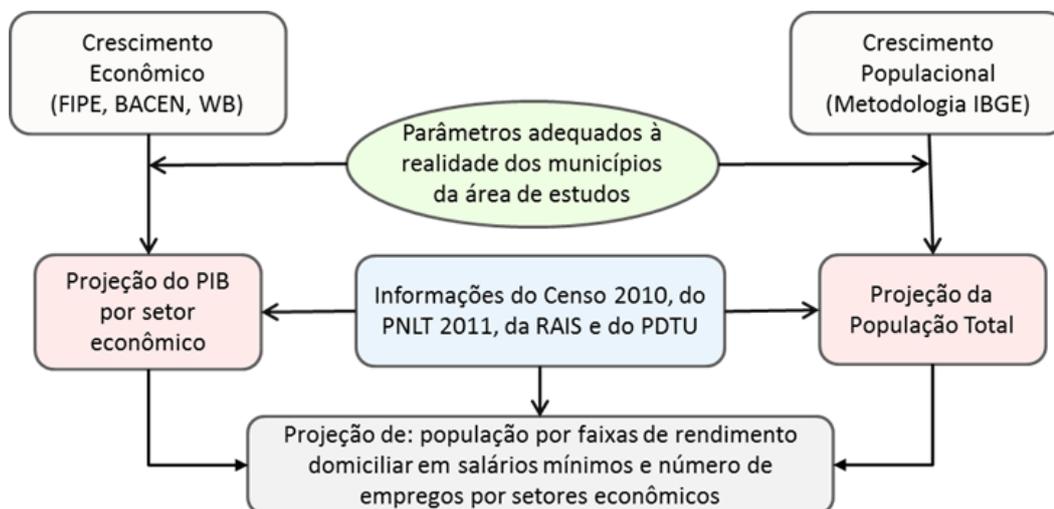


Fonte: Consórcio, 2015

3.2 CENÁRIO TENDENCIAL

Complementarmente a este item, o [item 2.4](#) do Relatório Técnico 2 deste estudo aborda os conceitos que sustentam o desenvolvimento do Cenário de Desenvolvimento Urbano Tendencial. A obtenção das variáveis explicativas da demanda por transportes (básicas e derivadas) para os anos futuros foram estruturadas a partir da metodologia de projeção populacional do IBGE e de um cenário macroeconômico especialmente desenvolvido para o presente trabalho. As etapas que compuseram o desenvolvimento deste cenário são apresentadas no diagrama ilustrado na [Figura 5](#).

Figura 5: Gênese da Obtenção das Variáveis Explicativas da Demanda por Transportes



Fonte: Elaboração Consórcio, 2015

Para desenvolvimento deste cenário, utilizou-se a metodologia de cálculo Top-Down, que consiste, em um primeiro momento, em estimar e projetar as variáveis básicas em um nível geográfico mais abrangente. Posteriormente, estima-se e projeta-se as informações em níveis geográficos menores, até ser atingido o nível desejado (no caso, zona de tráfego), compatibilizando os totais em nível agregado.

Da aplicação desta metodologia, foram obtidas as projeções de população, empregos e PIB, como apresentados, em nível de município, na [Tabela 2](#), [Tabela 3](#) e [Tabela 4](#) respectivamente.

Como a metodologia utilizada para projeção tendencial das variáveis explicativas da demanda por transportes é baseada em informações históricas de crescimento, considera-se este cenário como o mais provável de ocorrência, o que o faz ser comumente utilizado como referência em estudos de planejamento de sistemas de transporte.

Tabela 2: Projeção de população para municípios da Área de Estudos com base na metodologia de Cenário Tendencial – anos horizontes de 2015 a 2045.

PROJEÇÃO DE POPULAÇÃO PARA MUNICÍPIOS				
MUNICÍPIO	2015	2025	2035	2045
Belford Roxo	484.206	530.172	570.687	605.978
Duque de Caxias	886.842	965.796	1.035.055	1.095.868
Guapimirim	56.179	61.383	65.949	69.756
Itaboraí	229.202	247.846	263.373	276.455
Itaguaí	119.677	138.681	152.973	164.979
Japeri	100.275	111.423	121.796	131.325
Magé	235.702	255.693	273.621	288.996
Mangaratiba	40.747	46.631	50.839	54.208
Maricá	144.026	151.552	156.556	159.401
Mesquita	171.676	182.339	190.489	195.929
Nilópolis	159.190	166.407	171.239	174.304
Niterói	497.674	512.860	518.550	520.353
Nova Iguaçu	813.325	880.583	938.046	984.982
Paracambi	49.427	51.690	52.609	52.875
Queimados	144.372	160.606	176.166	191.897
Rio Bonito	57.808	62.355	65.996	69.025
Rio de Janeiro	6.492.294	6.808.139	7.033.182	7.184.638
São Gonçalo	1.038.201	1.088.114	1.116.230	1.124.665
São João de Meriti	464.331	497.233	523.871	545.111
Seropédica	83.600	95.601	103.651	108.729
Tanguá	32.423	35.049	37.235	38.815

Fonte: Consórcio, 2015

Tabela 3: Projeção de empregos para municípios da Área de Estudos com base na metodologia de Cenário Tendencial – anos horizontes de 2015 a 2045

PROJEÇÃO DE EMPREGOS PARA MUNICÍPIOS				
Município	2015	2025	2035	2045
Belford Roxo	107.199	118.193	129.476	141.571
Duque de Caxias	313.745	352.163	391.525	433.768
Guapimirim	17.182	18.681	20.213	21.863
Itaboraí	68.878	83.869	99.265	115.747
Itaguaí	39.351	44.813	50.418	56.429
Japeri	17.804	19.638	21.525	23.549
Magé	66.937	72.506	78.217	84.354
Mangaratiba	16.842	18.696	20.597	22.634
Maricá	44.304	46.893	49.556	52.414
Mesquita	35.653	38.182	40.777	43.561
Nilópolis	45.328	47.775	50.263	52.935
Niterói	309.749	323.483	337.528	352.659
Nova Iguaçu	248.527	272.865	297.829	324.608
Paracambi	15.216	15.841	16.485	17.175
Queimados	32.663	36.750	40.951	45.459
Rio Bonito	23.869	25.554	27.274	29.123
Rio de Janeiro	3.614.753	3.937.816	4.269.353	4.624.788
São Gonçalo	313.428	330.321	347.616	366.187
São João de Meriti	127.165	136.973	147.048	157.844
Seropédica	27.220	30.143	33.149	36.373
Tanguá	8.856	9.537	10.240	10.987

Fonte: Consórcio, 2015

Tabela 4: Projeção do PIB para municípios da Área de Estudos com base na metodologia de Cenário Tendencial – anos horizontes de 2015 a 2045 (R\$ Milhões de 2014).

PROJEÇÃO DO PIB PARA MUNICÍPIOS				
Município	2015	2025	2035	2045
Belford Roxo	6,794	8,121	9,473	10,742
Duque de Caxias	37,889	52,038	64,439	75,437
Guapimirim	724	828	915	972
Itaboraí	3,286	4,142	5,015	5,822
Itaguaí	5,980	7,867	9,842	11,746
Japeri	1,466	1,680	1,857	1,967
Magé	3,149	3,600	3,976	4,215
Mangaratiba	1,657	1,958	2,323	2,651
Maricá	2,458	3,091	3,638	3,950
Mesquita	2,316	2,692	3,028	3,281
Nilópolis	2,408	2,758	3,113	3,442
Niterói	15,384	19,037	23,986	30,500
Nova Iguaçu	14,454	17,588	20,700	23,544
Paracambi	712	812	908	975
Queimados	2,292	2,730	3,117	3,378
Rio Bonito	1,322	1,485	1,651	1,785
Rio de Janeiro	273,869	346,050	437,766	548,444
São Gonçalo	15,032	18,024	21,274	24,622
São João de Meriti	7,234	8,339	9,358	10,167
Seropédica	1,317	1,649	1,990	2,314
Tanguá	425	489	547	592

Fonte: Consórcio, 2015

A tabela a seguir apresenta de forma consolidada os resultados das projeções de população, empregos e PIB, destacando a taxa de crescimento anual para cada horizonte e o crescimento estimado para o período.

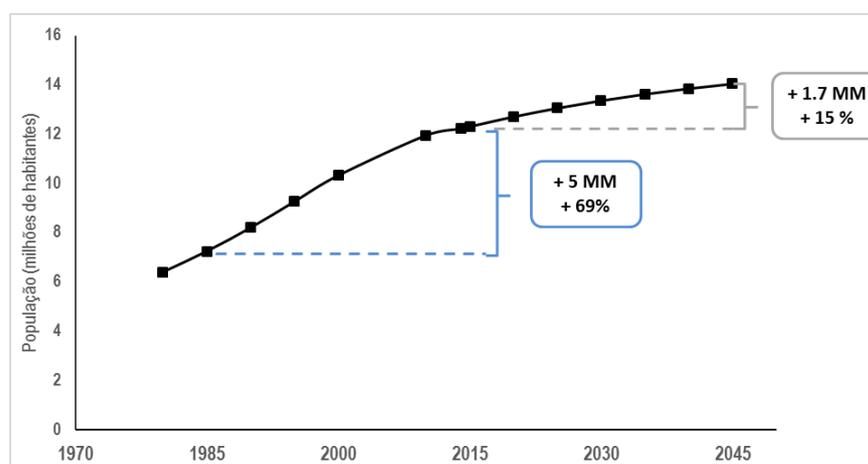
Tabela 5: Resumo da projeção das variáveis no Cenário Tendencial– 2015 a 2045.

: RESUMO DA PROJEÇÃO DAS VARIÁVEIS NO CENÁRIO TENDENCIAL– 2015 A 2045					
Resumo do cenário tendencial	2015	2025	2035	2045	Acumulado (2015 – 20045)
População total	12.301.177	13.050.153	13.618.113	14.038.289	-
Taxa anual (%)	-	0,59%	0,43%	0,30%	0.44%
Crescimento no período	-	6,09%	4,35%	3,09%	14.12%
Empregos totais	5.494.669	5.980.692	6.479.305	7.014.028	-
Taxa anual (%)	-	0,85%	0,80%	0,80%	0.82%
Crescimento no período	-	8,85%	8,34%	8,25%	27.65%
PIB total	402.183	507.003	630.951	772.591	-
Taxa anual (%)	-	2,34%	2,21%	2,05%	2.20%
Crescimento no período	-	26,06%	24,45%	22,45%	52.38%

Fonte: Elaboração Consórcio, 2015

A partir da análise dos resultados, observa-se um crescimento da população de 14,12% nos próximos 30 anos para a RMRJ, um ritmo 4 vezes menor que o experimentado nos últimos 30 anos, como ilustrado no [Gráfico 1](#). Esta tendência é esperada e coincide com o comportamento observado da população das grandes cidades e regiões metropolitanas, que experimentaram uma etapa de crescimento acelerado no século XX, enquanto que, no século XXI, há a tendência de uma desaceleração do crescimento, podendo em alguns casos, alcançar a estagnação ou até decréscimo da população.

Gráfico 1: Crescimento da População na Região Metropolitana de Rio de Janeiro 1970 a 2045.



Fonte: Elaboração Consórcio, 2016

3.3 CENÁRIO INDUZIDO

3.3.1 Cenário Induzido original

O cenário de desenvolvimento urbano induzido elaborado e apresentado no âmbito do [item 2.4](#) do Relatório Técnico 2 foi baseado, de forma resumida, nas previsões de comportamento das características de cada zona de planejamento considerando-se:

- 1) Os projetos de transporte transformadores;
- 2) Os projetos de desenvolvimento urbano e socioeconômicos de grande escala;
- 3) As políticas previstas por outros órgãos/instrumentos de planejamento.

Como mencionado anteriormente, os resultados obtidos na avaliação deste cenário não foram satisfatórios, já que os resultados foram marginalmente diferentes aos obtidos na avaliação do Cenário Tendencial, como destacado pelos técnicos da equipe de trabalho. Assim, mantendo-se este cenário como referência para futuros exercícios de planejamento, optou-se por construir novos cenários induzidos alternativos, que fossem capazes de refletir os objetivos do planejamento orientado ao transporte.

3.3.2 Revisão do Cenário Induzido

Tendo em vista que esta etapa busca a identificação de um cenário de distribuição espacial das variáveis socioeconômicas que consiga reduzir as externalidades que os modelos urbanísticos têm produzido historicamente, definiu-se em um primeiro momento, junto ao Grupo de Trabalho, a metodologia para elaboração destes cenários induzidos alternativos. Com isto, se fez evidente a necessidade de revisar o mecanismo através do qual se definiu a distribuição das variáveis socioeconômicas no “Cenário Induzido Original”.

Adicionalmente, discutiu-se a possibilidade de que os investimentos associados à expansão da rede metroviária, as melhorias em acessibilidade e competitividade da região e a mobilização de recursos econômicos pudessem significar um acréscimo no número de empregos e população, resultando em um

total superior ao previsto pelas projeções tendenciais destas variáveis. Como resultado, criou-se uma nova metodologia que atendesse as preocupações do Grupo de Trabalho. Esta metodologia aborda a consolidação de cenários induzidos alternativos em duas etapas:

- Metodologia de distribuição das variáveis de população e emprego;
- Estimativa de um novo valor global de população e emprego que incorpore a possibilidade da ocorrência de um crescimento mais expressivo ao previsto pela projeção tendencial.

A partir destas duas hipóteses, em conjunto com as definições que constituem o Cenário Induzido, definiu-se dois cenários induzidos alternativos resultantes desta nova metodologia:

- 1) Cenário Induzido Revisado: a partir da nova metodologia definida, estima-se uma nova distribuição das variáveis de população e emprego alternativa ao Cenário Tendencial. Porém, não importando quão diferente seja o processo de distribuição de variáveis de cada cenário, o total de população e emprego devem permanecer inalterados, conforme as projeções obtidas pelo método tendencial.
- 2) Novo Cenário Otimista: adicional à nova distribuição espacial, incorpora-se uma nova estimativa das variáveis socioeconômicas, definindo um novo total de população e emprego projetados para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

As metodologias e resultados que definem estes dois novos cenários induzidos são apresentados nos itens a seguir.

Cenário Induzido Revisado

Anteriormente, como apresentado no Relatório Técnico 02, testou-se um mecanismo de identificação de tendências por zona baseado em critérios estabelecidos pelos técnicos e especialistas que participaram da etapa. Nesta oportunidade, para desenvolvimento da revisão dos cenários induzidos, optou-se pela criação de uma metodologia baseada em critérios quantitativos para criação de categorias que definissem a tendência do comportamento das zonas de tráfego sob a ótica de população e de empregos. Em outras palavras, trata-se da criação de um indicador de acessibilidade para detectar as zonas que poderão ter maior ou menor variação de população e emprego em decorrência da implantação da Rede Metroviária Proposta.

Classificação da Tendência do Comportamento das Zonas de Tráfego

Usando o software de modelagem, foram estimadas as matrizes de tempo de viagem para o cenário base 2014, Cenário Prognóstico 2045 (não considera expansão da rede de Metrô) e Cenário com expansão da rede de Metrô 2045 (PDM). Dada a complexidade de trabalhar com essas matrizes, definiu-se os seguintes critérios:

- Para a formulação do critério que será associado à população, utilizou-se a acessibilidade dos bairros como ponto de partida/origem da viagem. Para isto foram agregados os resultados das matrizes de tempo de viagem nos três cenários para zona de origem, ponderando-se os valores pelo total de viagens da matriz de viagens de cada cenário;
- Para a formulação do critério que será associado ao emprego, utilizou-se a acessibilidade dos bairros como ponto de chegada/destino da viagem. Para isto foram agregados os resultados das matrizes de tempo de viagem nos três cenários para a zona de destino, ponderando-se os valores pelo total de viagens da matriz de viagens de cada cenário.

Entende-se que, para estes 3 cenários, o tempo de viagem de cada zona é muito diferente, pois as condições de oferta e demanda de transporte são amplamente distintas. Por exemplo, o aumento da população até 2045 sem nenhum aumento na oferta de transporte de alta capacidade implica em saturação da rede atual. Por outro lado, a hipótese de implantação de mais de 150 km de rede de Metrô adicionais mudaria diametralmente a acessibilidade de muitas áreas que atualmente não são atendidas por transporte de alta capacidade. Não obstante, mesmo nestes cenários destacados, existem zonas que continuam tendo melhor acessibilidade, outras que perderão relevância da sua acessibilidade atual e outras que continuarão com déficit de mobilidade.

Este raciocínio permite inferir que a distribuição da população e emprego numa região sempre será uma função da acessibilidade da zona em relação à acessibilidade das outras. Assim, optou-se por transformar o tempo de viagem agregado por zona em categorias em relação à média do tempo de viagem de cada cenário, ou seja, agregar o tempo de viagem de cada zona em categorias segundo o tempo de viagem médio obtido em cada cenário, seguindo os critérios apresentados na [Tabela 6](#).

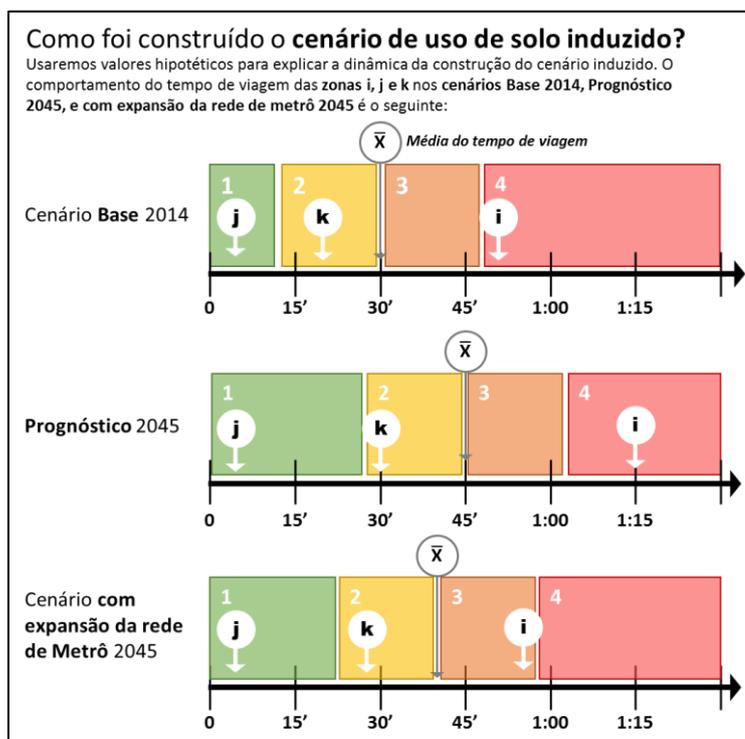
Tabela 6: Categorias para agregação de zonas e bairros segundo o tempo de viagem médio

CATEGORIAS PARA AGREGAÇÃO DE ZONAS E BAIRROS	
1	Zonas com tempo de viagem muito inferior que a média
2	Zonas com tempo de viagem inferior que a média
3	Zonas com tempo de viagem maior que a média
4	Zonas com tempo de viagem muito maior que a média

Fonte: Consórcio, 2015

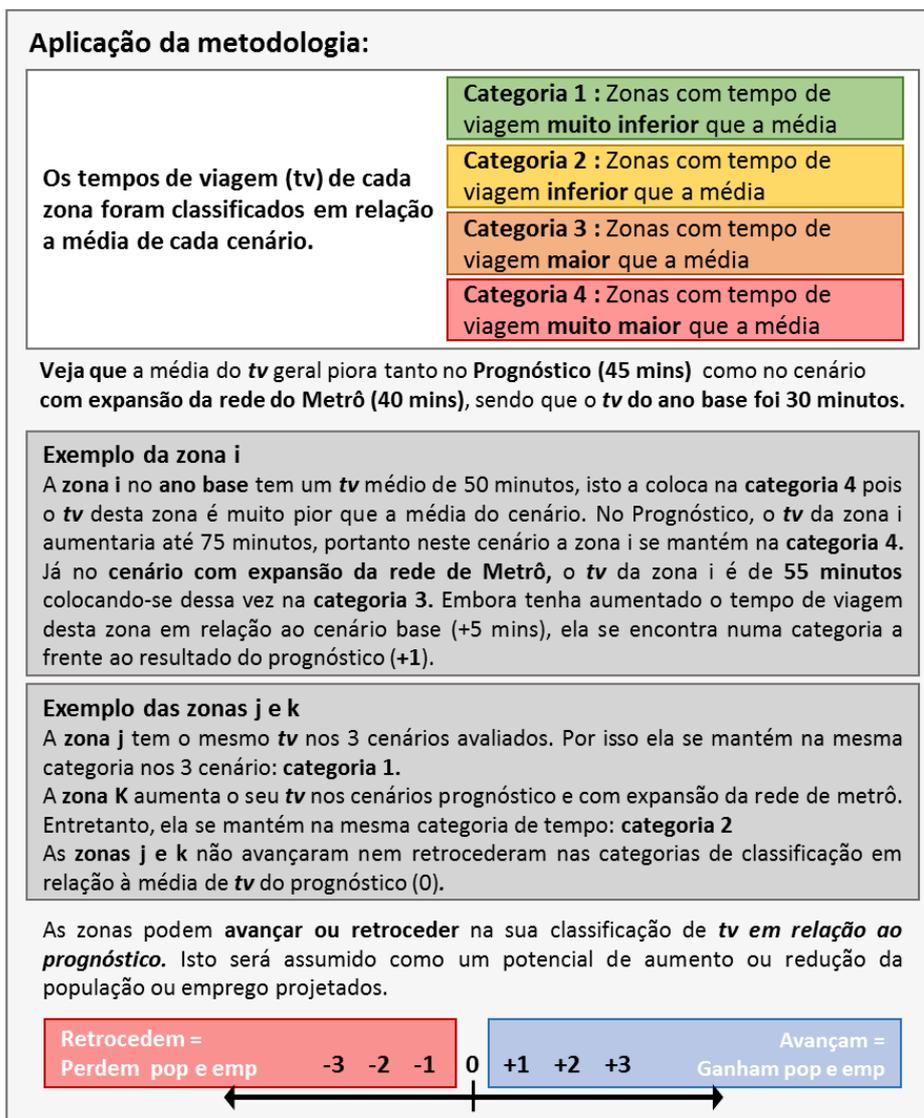
Posteriormente, comparou-se os resultados entre os dois cenários futuros: Prognóstico 2045 e cenário com expansão da rede de metrô 2045. A partir desta comparação, pode-se observar que uma mesma zona pode ser classificada em diferentes *categorias de acessibilidade* em diferentes cenários. A diferença das categorias obtidas por bairro para cada cenário resulta numa nova classificação (-2, -1, 0, +1, +2). Estas categorias descrevem se o bairro/zona teve uma melhoria na acessibilidade em comparação à acessibilidade média da área de estudo. Este procedimento está detalhado no seguinte diagrama.

Figura 6: Metodologia de Construção de Uso do Solo Induzido - Parte 1



Fonte: Consórcio, 2015

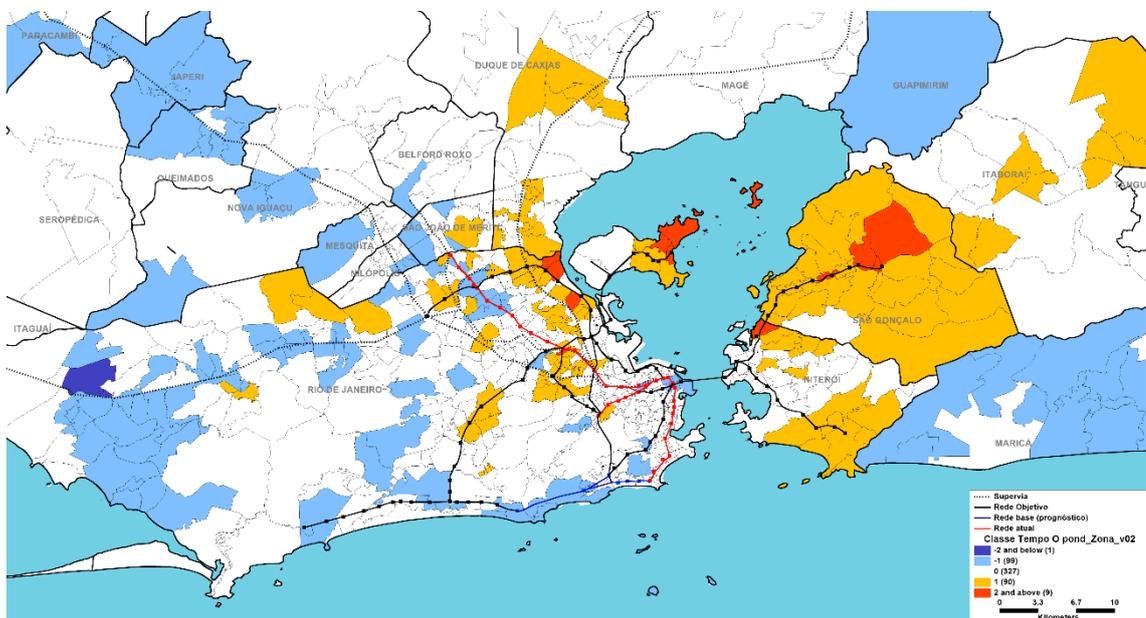
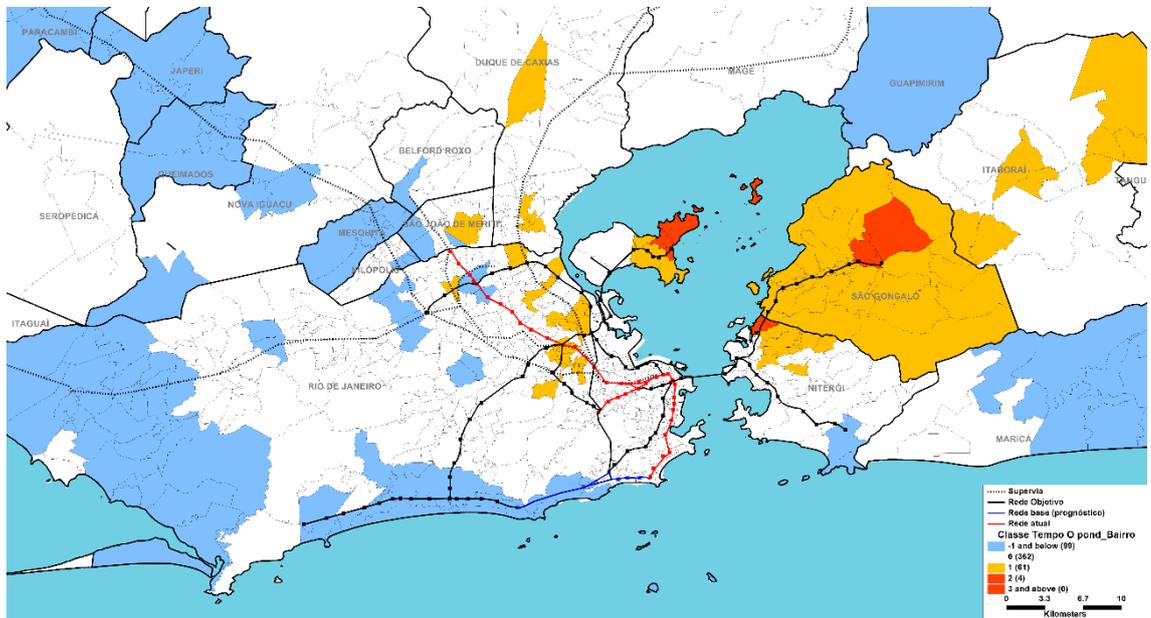
Figura 7: Metodologia de Construção de Uso do Solo Induzido - Parte 2



Fonte: Consórcio, 2015

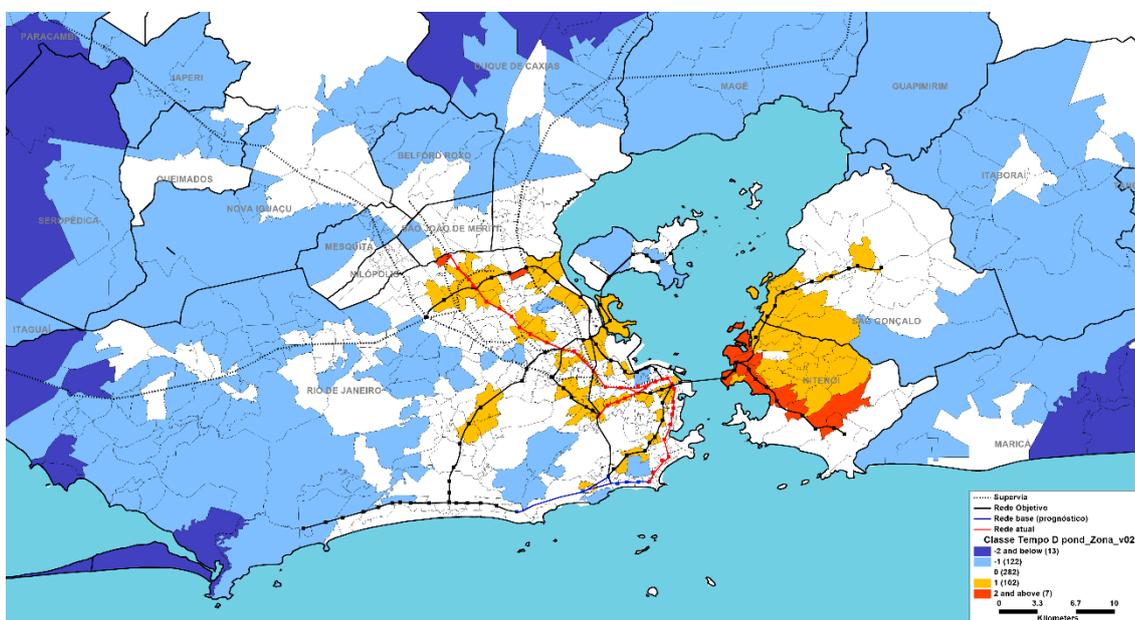
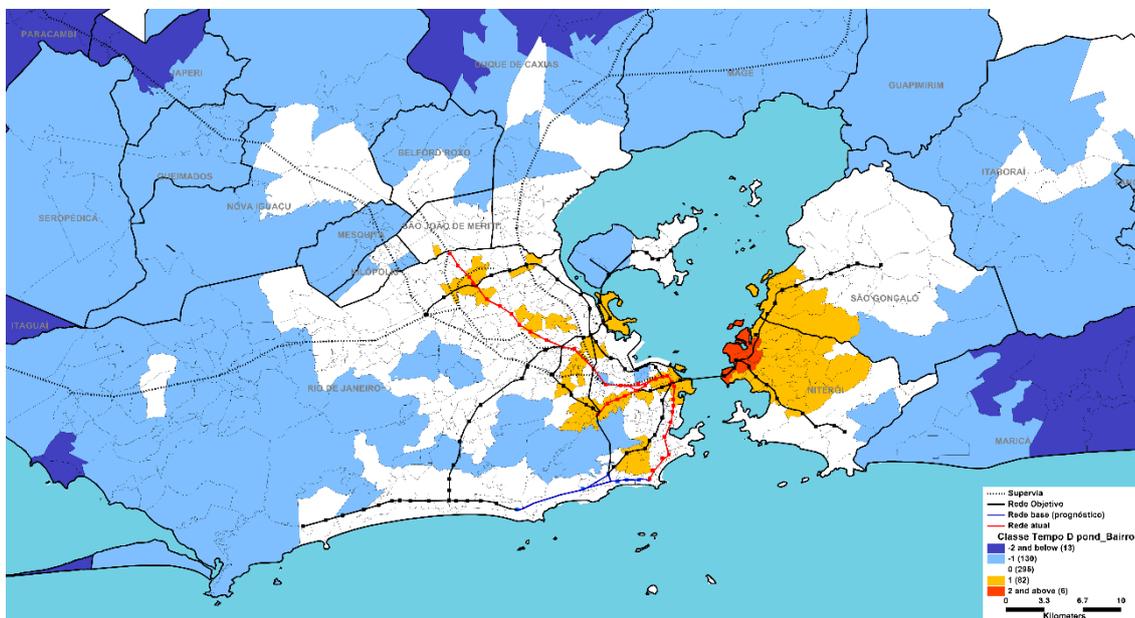
O processo descrito é realizado duas vezes: primeiramente, para o critério que será associado à população e, posteriormente, para o critério que será associado ao emprego. Adicionalmente, os resultados foram submetidos à revisão dos técnicos do Grupo de Trabalho para verificação dos resultados. O objetivo foi descartar distorções ou omissões do critério quantitativo. A seguir, apresenta-se as classes atribuídas a cada zona de tráfego segundo o critério de acessibilidade, antes e depois da revisão dos técnicos do Grupo de Trabalho.

Figura 8: Classificação das zonas para a variável de POPULAÇÃO calculado pelo indicador de acessibilidade associadas à ORIGEM das viagens (antes e depois da revisão dos técnicos)



Fonte: Consórcio, 2015

Figura 9 Classificação das zonas para a variável de EMPREGO calculado pelo indicador de acessibilidade associado ao DESTINO das viagens (antes e depois da revisão dos técnicos)



Fonte: Consórcio, 2015

Cálculo das Variáveis Socioeconômicas do Cenário Induzido

Esta etapa da nova metodologia adotada consiste na definição da metodologia de cálculo das variáveis socioeconômicas dos cenários induzidos.

Inicialmente, visando compará-lo ao cenário tendencial, realizou-se a definição de um intervalo de variação para cada classe (-2, 1, 0, +1 +2). Esse passo é de suma importância dado que, em decorrência da utilização conjunta do processo de normalização de variáveis e a distribuição de zonas dentro da classificação de comportamento, poder-se-ia criar distorções drásticas em relação aos objetivos definidos para o cenário, como, por exemplo, em situações que zonas dentro das classes em que se espera um ligeiro adensamento perca elementos devido à posterior etapa de normalização dos totais de população e emprego.

Neste contexto, os intervalos definidos necessitam abranger uma proporção capaz de alcançar os objetivos definidos para o Cenário Induzido, os quais irão criar uma melhor distribuição de população e emprego. Por fim, apresenta-se na tabela a seguir o resumo da classificação realizada para o zoneamento, assim como as taxas de adensamento utilizadas para o cálculo do cenário, como apresentado na tabela a seguir.

Tabela 7: Categorias para agregação de zonas e bairros segundo o tempo de viagem médio

CATEGORIAS PARA AGREGAÇÃO DE ZONAS E BAIRROS SEGUNDO O TEMPO DE VIAGEM MÉDIO			
CLASSE RESULTANTE	ZONAS POR CLASSES DE POPULAÇÃO	ZONAS POR CLASSES DE EMPREGO	IMPACTO*
-2	1	14	-14%
-1	100	128	-7%
0	337	279	-
1	81	96	+7%
2	6	9	+14%

* A taxa de impacto foi testada por análise de sensibilidade para os intervalos de 5%, 7% e 10%

Fonte: Consórcio, 2015

Definida a variação de cada classe, aplica-se o resultado estimado de cada zona nos valores obtidos para a projeção tendencial. A aplicação dessas taxas de variação sobre o valor estimado de população e emprego para o cenário tendencial de 2045 cria um resultado intermediário que não conserva o total de população e emprego inicialmente estimados. Por fim, normaliza-se o resultado obtido por zona de tráfego com a população e emprego total da região de estudo, evitando-se assim que os totais diverjam dos valores estabelecidos no cenário tendencial.

Cenário Induzido Otimista

Como descrito anteriormente, a concepção deste cenário incorpora tanto a distribuição de variáveis socioeconômicas obtida na construção do Cenário Induzido Revisado quanto o adicional de estimativa das variáveis socioeconômicas, definindo-se um novo valor total global de população e emprego, considerando a possibilidade da ocorrência de um crescimento mais expressivo ao previsto pela projeção tendencial.

Nesta seção, descreve-se a metodologia e procedimentos utilizados para o cálculo dos novos valores globais de população e emprego.

Descrição da Metodologia Adotada

As projeções tendenciais das variáveis socioeconômicas do estado do Rio de Janeiro, realizadas para elaboração do Cenário Tendencial no âmbito do PDM, foram feitas com base em uma metodologia do tipo Top-Down, que consiste em estimar, inicialmente, os valores das variáveis socioeconômicas para as áreas geográficas agregadas e, posteriormente, distribuir e alinhar estes valores entre as áreas geográficas inferiores que compõem a rede que se consolida nesta área.

Adotou-se também uma abordagem teórica que define o desenvolvimento econômico como sendo uma combinação do crescimento sustentado da renda per capita de um processo de reestruturação produtiva com a melhoria dos indicadores sociais da população em geral. Sob este enfoque, assumiu-se que o PIB projetado no cenário tendencial para os anos horizontes do projeto guardaria forte correlação com as variáveis socioeconômicas utilizadas nos processos de modelagens de transporte, sendo, juntamente com a população, determinante na projeção das variáveis condicionantes que determinarão as demandas futuras.

Para o Cenário Induzido, pensando na hipótese de um possível aumento no número de empregos e de população, assumiu-se a premissa de que ocorre um crescimento da massa de riqueza produzida em uma determinada região em decorrência da implantação de novos investimentos em infraestrutura de transportes. Desta forma, o PIB projetado para a área de estudos foi acrescido de um valor decorrente da implementação dos investimentos metroviários preconizados pelo PDM para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

Com a mesma abordagem estruturante adotada na construção do Cenário Tendencial, que subsidia uma visão de futuro no contexto da evolução da sociedade e da economia analisada como um todo, o possível aumento no PIB da região de estudo, advindo do aumento dos investimentos metroviários,

implicará em aumento da população (a partir da premissa de que mais riqueza, além de atrair mais imigrantes, implica também em mais saúde que, por sua vez, induz a menos mortes prematuras e mais nascimentos) e no aumento de empregos (a partir da premissa de que o crescimento da riqueza deve gerar também o crescimento da oferta de novos postos de trabalho), como detalhado no [Apêndice A](#) deste estudo e descrito brevemente a seguir.

Toda a fundamentação teórica e os parâmetros utilizados para quantificar o efeito da implantação dos empreendimentos metroviários, objeto do presente estudo, sobre a riqueza produzida em sua área de influência, mensurada por intermédio do PIB, baseia-se em estudos realizados e apresentados no âmbito do “Estudo dos Eixos de Integração e Desenvolvimento” do Avança-Brasil, concluídos em 1998 e publicados em 2000.

O principal produto do referido estudo foi um portfólio de investimento nos setores considerados essenciais ao desenvolvimento social e econômico, estimando o valor total dos investimentos para atender as demandas e necessidades identificadas em aproximadamente US\$ 229 bilhões no âmbito nacional, com o objetivo de ser implementado no período de 2000 a 2007. Deste total, o valor contemplado pela Rede Sudeste no portfólio foi de US\$ 68 bilhões (aproximadamente R\$ 227 bilhões, adotando-se média do câmbio do ano de R\$ 3,34¹). As previsões de crescimento do PIB, apresentados no estudo, para cada um dos eixos de integração e desenvolvimento, estavam condicionadas à efetiva conclusão e operação dos empreendimentos integrantes deste portfólio. Neste contexto, a Rede Sudeste, eixo onde se insere a Região Metropolitana do Rio de Janeiro, devido à saturação das relações do tecido socioeconômico, característico de regiões mais desenvolvidas, obteve a menor previsão de crescimento: 0,28% ao ano.

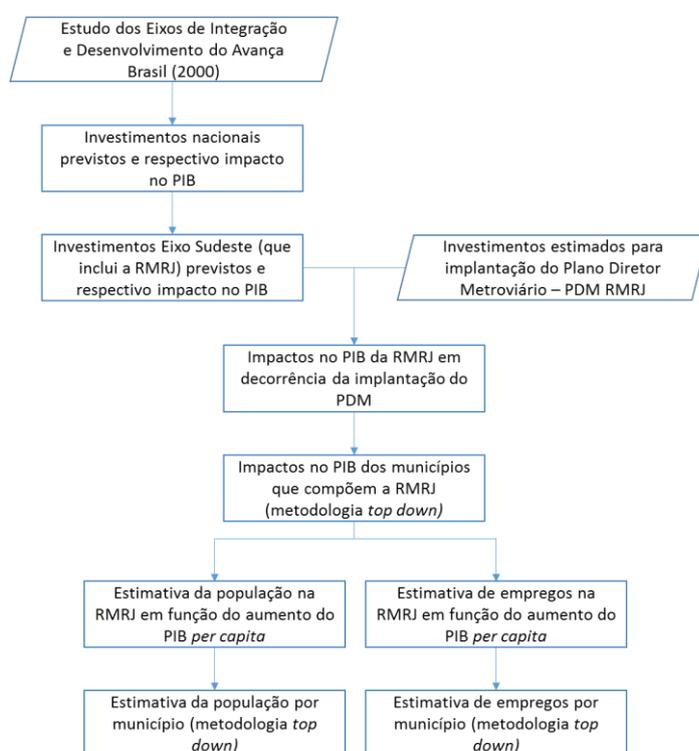
Em seguida, quantificou-se a dimensão do volume de investimentos estimados para implantação da rede metroviária proposta no PDM no presente trabalho, cerca de R\$ 70 bilhões, no contexto do portfólio sugerido pelo Estudo dos Eixos para a Rede Sudeste, o que resultou em 37,39%.

Concomitantemente, apurou-se os valores de contribuição ao crescimento do PIB de cada grupo de intervenção em cada ano de referência no horizonte de projeto do PDM. O resultado da RMRJ foi então distribuído entre os municípios da RMRJ a partir da metodologia *Top Down*. A partir das definições de valores de PIB majorados, estimou-se a população para todos os municípios da Área de Estudos do PDM para o Cenário Induzido Otimista.

¹ Fonte: Sisbacen PTAX800

Similarmente, a projeção dos empregos também foi realizada assumindo-se a premissa de que, no Cenário Induzido, a relação do número de empregos por habitante projetada no Cenário Tendencial sofreu aumento no decorrer dos anos de horizontes do PDM na mesma proporção que a taxa do PIB projetada para os municípios. O fluxograma apresentado na figura a seguir ilustra as principais etapas da aplicação desta metodologia, que é detalhada no [Apêndice A](#).

Figura 10: Fluxograma das etapas de estimativa de população e emprego nos municípios da área de estudo para elaboração do Cenário Induzido Otimista.



Fonte: Consórcio, 2015

São apresentados na tabela a seguir os valores projetados para população, PIB per-capita, empregos e o indicador de “número de empregos por 100 habitantes”, estimados para a Área de Estudos do PDM na data base e no horizonte final, discriminando-se tanto as informações para o Cenário Tendencial quanto para o Cenário Induzido. Apresenta-se ainda as respectivas variações percentuais ao ano no decorrer do período de análise. Como esperado, a evolução projetada para estas variáveis socioeconômicas é maior no Cenário Induzido Otimista que no Cenário Tendencial.

Tabela 8: Evolução das Projeções da População, PIB per-capita e Empregos da Área de Estudo nos dois cenários avaliados

EVOLUÇÃO DAS PROJEÇÕES DA POPULAÇÃO			
CENÁRIO		TOTAL	
População	Cenário Induzido Otimista	2015	12,301,177
		2045	14,375,214
		Ev % aa	0.52
	Cenário Tendencial	2015	12,301,177
		2045	14,038,289
		Ev % aa	0.44
PIB per Capita	Cenário Induzido Otimista	2015	35,124
		2045	59,517
		Ev % aa	1.7735
	Cenário Tendencial	2015	35,124
		2045	59,264
		Ev % aa	1.759
Empregos	Cenário Induzido Otimista	2015	5,494,669
		2045	7,239,018
		Ev % aa	0.92
	Cenário Tendencial	2015	5,494,669
		2045	7,014,028
		Ev % aa	0.82
Empregos / 100 habitantes	Cenário Induzido Otimista	2015	44.67
		2045	50.36
		Ev % aa	0.4005
	Cenário Tendencial	2015	44.67
		2045	49.96
		Ev % aa	0.3742

Fonte: Consórcio, 2015

4. DEFINIÇÃO DA REDE METROVIÁRIA PROPOSTA

A metodologia usada para a elaboração do Plano Diretor Metroviário se baseia fortemente na utilização do modelo de uso do solo e transporte, o qual permite obter resultados e indicadores numéricos dos cenários com e sem alternativas de expansão metroviária identificadas, e posteriormente, com a análise dos resultados produzidos. O modelo de transporte desenvolvido e usado pelo PDM é uma ferramenta de planejamento estratégico cujas características se detalham nos Relatórios Técnicos 1 e 2.

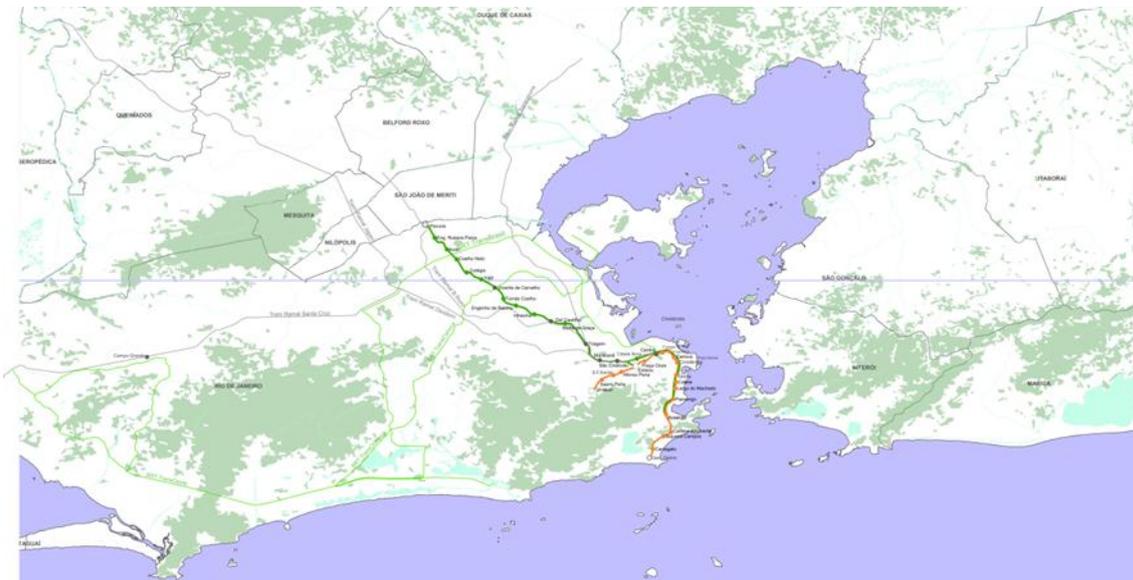
Pela natureza desta ferramenta se faz necessário a definição de premissas, cenários de oferta e demanda, e horizontes temporais que permitam estimar as variáveis determinantes da demanda de transporte e que servem como insumo de simulação destes cenários. Neste contexto, este capítulo compreende a metodologia adotada para a utilização do modelo de uso do solo e transporte e a extração dos resultados e indicadores encaminhados à definição da prioridade das alternativas de expansão metroviária.

4.1 METODOLOGIA

Inicialmente, para o desenvolvimento do PDM, utilizou-se a rede metroviária existente para a constituição do cenário de calibração do modelo de simulação, já que o processo de calibração requer dados observados para validação da rede de simulação. Esta rede é denominada de Rede de Cenário Base ou Rede de Calibração e é apresentada na figura a seguir.

Inicialmente, para o desenvolvimento do PDM, utilizou-se a rede metroviária existente para a constituição do cenário de calibração do modelo de simulação, já que o processo de calibração requer dados observados para validação da rede de simulação. Esta rede é denominada de Rede de Cenário Base ou Rede de Calibração e é apresentada na figura a seguir

Figura 11: Rede metroviária considerada no cenário base e de calibração do PDM.



Fonte: Consórcio, 2016

Para a utilização do modelo de transporte, foi necessária a definição de um cenário inicial para a avaliação da rede metroviária proposta. Este cenário não necessariamente coincide com o cenário base do

estudo ou o cenário de calibração do modelo, pois, em geral, existem projetos e políticas em processo de execução que se espera que estejam concluídos e que devem ser considerados dentro do marco de avaliação das alternativas. Tal foi o caso da Linha 4 do metrô do RJ, que se encontrava em fase de construção no início do estudo e que começou sua operação em 01 de agosto de 2016, por ocasião dos Jogos Olímpicos Rio 2016. Neste contexto, definiu-se então a rede metroviária em operação, que inclui os trechos em obras, como ilustrado na [Figura 12](#) a seguir.

As linhas ou trechos de linhas propostos pelo PDM e que passaram pelo processo de depuração da rede proposta foram agrupados em duas categorias:

- Linhas consideradas indiscutíveis, com implantação já deflagrada, seja em nível de estudo conceitual, seja com processo administrativo visando contratação já iniciado;
- Linhas ou trechos propostos pelo PDM de maneira original, não tendo nenhum processo deflagrado.

A partir desse momento apenas as linhas do segundo grupo passaram a ser consideradas para a aplicação do método AHP visando à priorização da implantação das linhas. O primeiro grupo supracitado compreendeu apenas o trecho Estácio – Praça Quinze da Linha 2.

Esta Linha atualmente opera entre Pavuna e Estácio nos finais de semana e feriados e entre Pavuna e Botafogo nos dias úteis, compartilhando infraestrutura com a linha 1 entre as estações Central e Botafogo.

Trecho Estácio – Praça Quinze

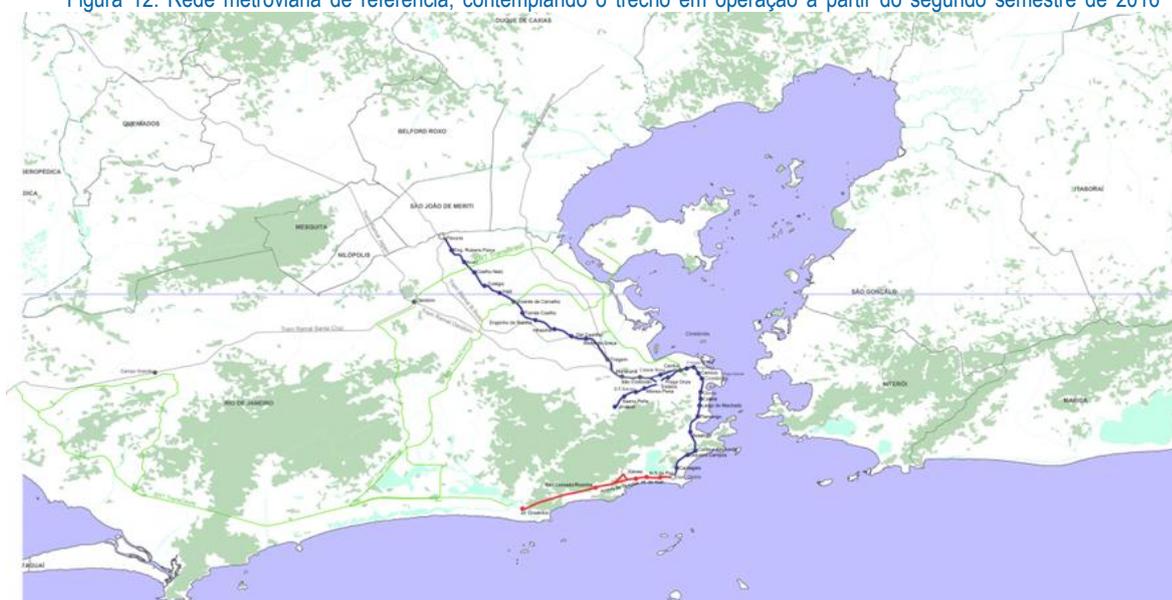
O trecho Estácio – Praça Quinze já se encontra em processo de contratação dos projetos básico e executivo, uma vez que o projeto funcional já se encontra disponível. A decisão de iniciar o processo de implantação do referido trecho data de Junho de 2015. Pode-se considerar o trecho em questão a mais alta prioridade do metrô do Rio de Janeiro no que concerne à ampliação da rede e de seus serviços. O trecho Estácio – Praça Quinze é integrante da rede prioritária proposta pelo Estudo de Viabilidade do Metrô finalizado em 1968. No atual momento se tornou ainda mais necessário, na medida em que a Linha 1 apresenta sinais de saturação no trecho Central – Cinelândia e há limitações técnicas à ampliação da oferta (aumento da frota e em consequência no número de partidas), ocasionadas pela operação das Linhas 1 e 2 com compartilhamento de via.

Do exposto conclui-se que a implantação do trecho atende a dois objetivos muito importantes: a eliminação da saturação de trecho da Linha 1 na área central da cidade e a possibilidade de ampliação

imediate da oferta do sistema. A isso some-se a conquista de novos usuários na região do Catumbi e cercanias da Praça da Cruz Vermelha e a recuperação de usuários ao longo da Linha 2, que atualmente se vêm alijados do serviço devido à lotação das composições nos horários de pico.

A Figura a seguir mostra a rede metroviária de referência do Rio de Janeiro que serviu de base para todo processo de simulação e priorização das linhas e trechos metroviários ao longo dos horizontes de análise. Esta rede inclui a implantação da Linha 4, interligando as estações: General Osório e Gávea; e Gávea e Jardim Oceânico e a implantação do trecho Estácio – Praça XV da Linha 2

Figura 12: Rede metroviária de referência, contemplando o trecho em operação a partir do segundo semestre de 2016



Fonte: Consórcio, 2016

É importante destacar que na concepção do Cenário de Referência foi levado em consideração o conceito de integração entre os modos de transporte coletivo, ou seja, tarifa única para o usuário entrar no sistema de transporte coletivo, podendo fazer integração gratuita entre os modos de transporte disponíveis.

No [Apêndice B](#) - Resultados das Simulações do Cenário de Prognóstico e Cenários Complementares, apresentam-se os resultados das simulações de cada um dos projetos e políticas de oferta supracitadas. Neste Apêndice, podem ainda ser observados os efeitos esperados da implantação de cada uma destas intervenções individualmente. Adicionalmente às intervenções na rede metroviária, descreve-se a seguir as considerações adotadas para a realização das simulações:

Foram estudadas as alternativas de ampliação da rede metroviária no contexto dos anos horizontes de 2025, 2035 e 2045 para a definição da demanda de transporte;

No âmbito da avaliação de demanda para definição da ordem de prioridade das alternativas, as matrizes utilizadas para os anos horizontes de projeto seguiram crescimento tendencial, estimadas a partir da aplicação de modelos de geração de viagens que utilizam como insumos dados socioeconômicos. Esta etapa é realizada diretamente no programa TRANUS, como descrito no Relatório Técnico 2 deste estudo. As mesmas matrizes foram utilizadas para as simulações de todos os cenários estudados no mesmo ano horizonte. Desta forma, o número de viagens totais é equivalente, variando apenas a alocação desta entre os meios de transportes disponíveis em cada cenário;

A oferta do sistema de transportes dos cenários futuros é desenvolvida com base no cenário ofertado no ano-base, acrescido de alguns projetos de melhorias no sistema viário já previsto ou em andamento. Mesmo não fazendo parte do Plano Diretor Metroviário, estes projetos ampliam a rede de oferta de transportes e impactam na mobilidade urbana e no planejamento estratégico. Assim, a partir do cenário de calibração, levantaram-se, então, os projetos já previstos de oferta de transportes na RMRJ para atualização da rede de transportes. As intervenções no sistema de transportes previstos para a área de estudo se encontram descritos no [Apêndice B](#) - Resultados das Simulações do Cenário de Prognóstico e Cenários Complementares deste relatório.

A consolidação de todos estes projetos e premissas assumidas compõe um cenário futuro que é o ponto de partida da avaliação das alternativas propostas. Este cenário supõe mudanças expressivas no comportamento da rede metroviária. No entanto, deve-se ressaltar que estas medidas trazem consigo uma quantidade de benefícios que não pode ser associada à proposta de expansão metroviária, já que não são resultantes do processo de planejamento. Este cenário também é considerado como ponto de partida para a avaliação do Cenário Prognóstico. Conforme já destacado, este cenário é denominado como Cenário de Referência e é constituído da Linha 1 operando entre Uruguai e General Osório, da Linha 4 entre General Osório e Jardim Oceânico, incluindo as interligações entre General Osório e Gávea; Gávea e Carioca; e Gávea e Jardim Oceânico, e a Linha 2 entre Pavuna e Praça XV, conforme ilustrado na [figura 12](#).

Definido o processo de partida das avaliações, é possível começar a avaliação da Rede Básica Proposta. Como descrito no capítulo 2 deste relatório, o processo de consolidação da Rede Básica Proposta não considerou, no âmbito do RT2, análise de desempenho ou de resultados da rede proposta. A Rede Básica Proposta inicialmente é apresentada na [Figura 13](#).

Figura 13 – Rede Básica Proposta.



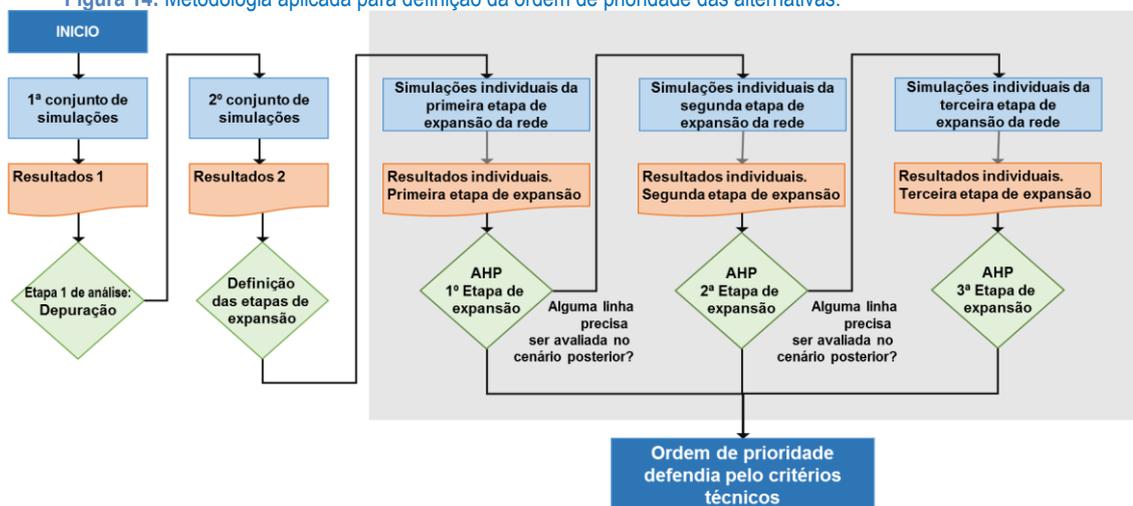
Fonte: Consórcio, 2016.

Assim é necessário realizar uma análise objetiva dos resultados e impactos que esta rede supõe, bem como de cada uma das linhas e trechos que a compõe. Desse modo, faz-se necessária uma metodologia que permita decompor o processo em etapas, a fim de criar uma cadeia de decisões que culmine na definição do PDM. O processo de avaliação da Rede Base Proposta é composto de 3 (três) etapas de análise:

- Etapa 1: Análise inicial da rede base proposta e depuração de Rede Base, com a remoção de linhas e trechos que não se mostraram viáveis no horizonte de análise. Este processo busca definir a Rede Objetivo que será proposta por este estudo.
- Etapa 2: Seleção de linhas/trechos para cada etapa de expansão da rede.
- Etapa 3: Priorização de linhas para a definição do Plano Diretor Metroviário.

A figura a seguir ilustra o fluxograma da metodologia aplicada para definição da ordem de prioridade das alternativas.

Figura 14: Metodologia aplicada para definição da ordem de prioridade das alternativas.



Fonte: Consórcio, 2016.

4.2 ETAPA 1

Dadas as características específicas de custo e operação dos sistemas sobre trilhos, faz-se necessário definir as características dos corredores que foram identificados dentro da Rede Base Proposta, tornando-os susceptíveis à implantação de um sistema, tal como o metrôviário.

Se o procedimento de análise de viabilidade de uma linha de metrô é extremamente complexo, para início de todas as análises de conformação do Plano Diretor a problemática pode ser resumida no seguinte propósito: definir qual deve ser o objetivo da Rede Metroviária da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

Esta primeira etapa de análise tem isso como meta. Assim, dada à definição de uma Rede Base Proposta, deve-se elaborar critérios para a definição desta Rede Objetivo. Espera-se que, de todos os corredores identificados, possam existir alguns trechos onde os critérios de demanda e volumes de passageiros não justifiquem a implantação de um corredor de Metrô ao longo do horizonte de análise.

Nesta etapa busca-se descartar alguns trechos ou linhas para os quais a tecnologia de sistema de metrô não é a mais apropriada, considerando o horizonte de análise. Primeiramente são definidos todos os trechos nos quais será desagregada a Rede Base Proposta, como apresentado na figura a seguir.

Figura 15 - Trechos que serão avaliados para composição da rede do PDM



Fonte: Consórcio, 2016

Com essa definição de trechos e os resultados da simulação inicial realiza-se uma comparação de indicadores de desempenho de cada trecho. Esta análise comparativa busca identificar quais são os segmentos da rede proposta que geram os maiores benefícios por estarem localizados onde acontece a maior captação de usuários ou a maior concentração de fluxos.

A princípio, cada trecho poderia ter uma alta atração de demanda, um alto volume de passageiros ou ambas as características para ser considerado como um tramo viável para a implantação do Metrô no horizonte considerado.

Vale mencionar que também existem requerimentos de tipo estrutural para a configuração de uma rede. Ou seja, alguns trechos podem depender substancialmente de outros para manter o funcionamento desejado da rede. Por exemplo, no caso de trechos que funcionam exclusivamente como alimentadores da rede ou troncalizadores da demanda de alguma bacia, pode ser observado que a captação de passageiros e o volume dos fluxos sejam baixos. Neste caso, este trecho poderia ser substituído por outra alternativa para realizar a alimentação da rede.

Por outro lado, um trecho intermediário ou algum que sirva como ligação de outras duas linhas poderia ter uma baixa captação de demanda lindeira, no entanto, é vital para o funcionamento desejado dessa rede. Por estes motivos, o descarte de trechos para a definição da Rede Objetivo Final proposta

pelo PDM realiza-se também depois de uma análise conjunta com a equipe técnica contratante. Os indicadores que são considerados nesta etapa são os seguintes:

- Carregamento máximo do trecho
- Média dos embarques e desembarques lindeiros do trecho
- Total de distância percorrida pelos passageiros captados pelo trecho (passageiros x quilômetro)

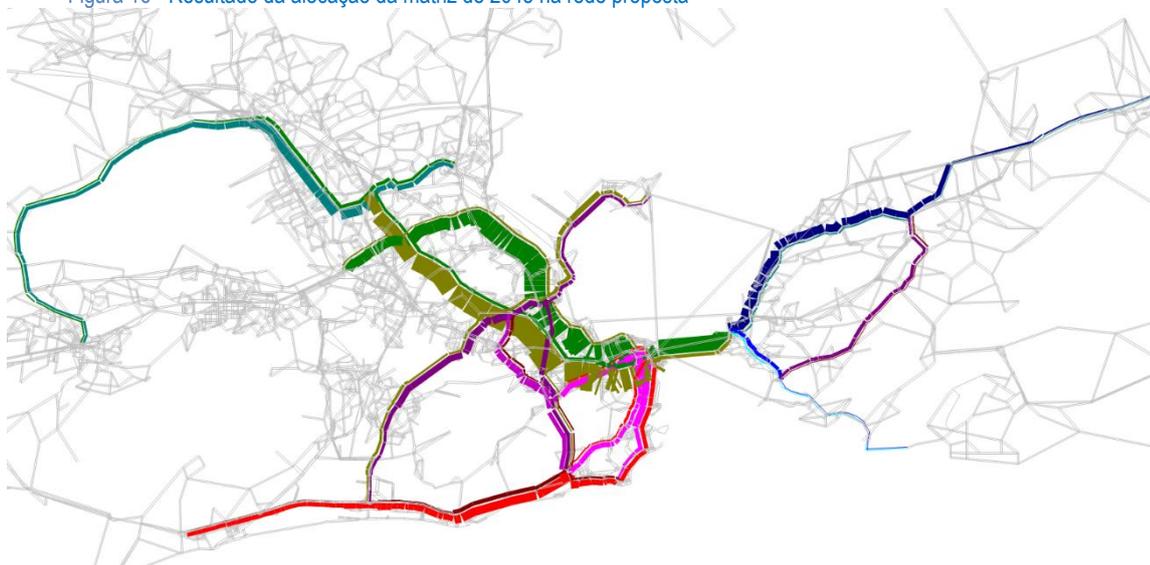
A seguir são apresentados os resultados dos processos de avaliação da Rede Base Proposta. Primeiramente, apresenta-se, a título de ilustração, o mapa dos carregamentos da rede básica proposta para a simulação realizada.

Foram avaliados os seguintes trechos:

- Uruguai – General Osório
- Pavuna – Arariboia
- Arariboia – Guaxindiba
- General Osório – Recreio
- Gávea – Carioca
- Alvorada – Cocotá
- Deodoro – Presidente Vargas
- Uruguai – Del Castilho
- Arariboia – Itaipuaçu
- São Francisco – Alcântara
- Duque de Caxias – Campo Grande
- Gávea – Avenida Brasil

O mapa a seguir ilustra os carregamentos obtidos nessa rede:

Figura 16 - Resultado da alocação da matriz de 2045 na rede proposta



Fonte: Consórcio, 2015

Uma vez realizada as simulações, foram extraídos os resultados e processados os indicadores elaborados para a análise. Os trechos foram então classificados em ordem decrescente segundo cada indicador, permitindo identificar aqueles que apresentaram menor desempenho operacional em cada ponto avaliado. A seguir são apresentados os indicadores de desempenho para cada trecho definido:

Figura 17– Resultados dos indicadores de carregamento máximo, media de embarques e desembarques por quilômetro, passageiro-quilômetro por quilômetro dos trechos com marcação em 70% da quilometragem da rede

Trecho	km	Carregamento Crítico	Extensão acumulada	Trecho	km	Média de embarques e desembarques / km	Extensão acumulada	Trecho	km	passkm / km	Extensão acumulada
linha1	17,2	60.493	6%	linha1	17,2	2.675	6%	linha1	17,2	26.992	6%
linha2	23,0	56.126	13%	linha2	23,0	959	13%	linha2	23,0	49.063	13%
2c	1,7	60.237	14%	2c	1,7	2.770	14%	2c	1,7	65.323	14%
4a	8,5	18.317	16%	4a	8,5	805	16%	4a	8,5	32.503	16%
1a	5,2	16.437	18%	1a	5,2	1.182	18%	1a	5,2	17.905	18%
7a	8,3	48.773	21%	2b	3,1	3.457	19%	2b	3,1	46.308	19%
2b	3,1	48.176	22%	2a	6,5	2.311	21%	7a	8,3	43.416	22%
7b	14,2	44.385	26%	7a	8,3	1.930	24%	2a	6,5	37.514	24%
2a	6,5	33.299	28%	11c	6,8	1.415	26%	7b	14,2	32.581	28%
11a	11,8	21.880	32%	8	6,7	1.404	28%	11a	11,8	27.086	32%
7c	5,3	21.316	34%	7b	14,2	377	33%	12b	4,2	23.579	34%
3a	8,0	21.303	37%	7c	5,3	951	35%	8	6,7	19.992	36%
3c	9,3	17.870	40%	12a	3,0	896	36%	3a	8,0	19.644	38%
12c	13,3	17.561	44%	6c	18,2	874	41%	6b	6,6	16.428	41%
8	6,7	16.947	46%	3c	9,3	836	44%	4b	6,0	16.170	42%
6b	6,6	16.178	48%	11a	11,8	742	48%	3c	9,3	16.128	45%
6a	14,5	14.988	53%	3a	8,0	710	51%	5	10,4	14.035	49%
4b	6,0	14.924	55%	6a	14,5	690	56%	7c	5,3	13.977	51%
11b	29,6	13.381	64%	12b	4,2	581	57%	6a	14,5	13.693	55%
6c	18,2	12.172	70%	4b	6,0	554	59%	11c	6,8	13.488	57%
3b	20,0	11.973	77%	4c	12,9	502	63%	6c	18,2	10.893	63%
4c	12,9	11.293	81%	9a	5,1	484	65%	4c	12,9	10.717	70%
12b	4,2	11.220	82%	6b	6,6	479	67%	11b	29,6	9.903	77%
5	10,4	10.728	86%	5	10,4	455	70%	9a	5,1	9.033	79%
11c	6,8	10.716	88%	10	17,3	377	76%	12a	3,0	8.170	80%
9a	5,1	8.455	90%	3b	20,0	370	82%	10	17,3	7.164	85%
10	17,3	7.460	95%	12c	13,3	341	87%	3b	20,0	5.434	92%
12a	3,0	7.222	96%	11b	29,6	331	96%	12c	13,3	5.434	96%
9b	11,8	1.587	100%	9b	11,8	105	100%	9b	11,8	1.486	100%

Fonte: Consórcio, 2015

Posteriormente, para cada trecho, foram contabilizados os critérios para os quais se obteve um desempenho significativo. Observa-se que o máximo de critérios para os quais um trecho poderia ser definido é 3 (três), concluindo-se, neste caso, que se trata de um trecho com baixo desempenho operacional segundo os indicadores avaliados. Também podem existir trechos sem marcação; sendo, neste caso, trechos com bom desempenho operacional segundo os indicadores avaliados. Apresenta-se a seguir os resultados consolidados deste processo:

Figura 18- Resumo dos indicadores por trechos com marcação de critérios reprovados

Trecho	Código do trecho	Marcação final	km	Carregamento Crítico	Média de embarques e desembarques / km	passkm / km	Críticos reprovados
Uruguai - Gen. Osório	linha1		17,2	60.493	2.875	26.992	0
Pavuna - São Cristovão	linha2		23,0	56.126	959	49.063	0
Estácio - São Cristovão	2c		1,7	60.237	2.770	65.323	0
Gávea - Jd. Oceânico	4a		8,5	18.317	805	32.503	0
Gen. Osório - Gávea	1a		5,2	16.437	1.182	17.905	0
Praça XV- Arariboia	2a		6,5	33.299	2.311	37.514	0
Estácio - Praça XV	2b		3,1	48.176	3.457	46.308	0
Arariboia - Paraíso	3a		8,0	21.303	710	19.644	0
Paraíso - Alcântara	3c		9,3	17.870	836	16.128	0
Alcântara - Vendas das Pedras	3b	X	20,0	11.973	370	5.434	3
Jd. Oceânico - Alvorada	4b		6,0	14.924	554	16.170	0
Alvorada - Recreio	4c	X	12,9	11.293	502	10.717	2
Gávea - Carioca	5,0	X	10,4	10.728	455	14.035	2
Alvorada - Del Castilho	6a		14,5	14.988	690	13.693	0
Del Castilho - Av. Brasil	6b		6,6	16.178	479	16.428	0
Av. Brasil - Cocotá	6c		18,2	12.172	874	10.993	1
Pres. Vargas - Av. Brasil	7a		8,3	48.773	1.930	43.416	0
Av. Brasil - Coelho Neto	7b		14,2	44.385	1.377	32.681	0
Coelho Neto - Deodoro	7c		5,3	21.316	951	13.977	0
Uruguai - Del Castilho	8,0		6,7	16.947	1.404	18.992	0
Arariboia - São Francisco	9a	X	5,1	8.455	484	9.033	2
São Francisco - Itaipuaçu	9b	X	11,8	1.587	105	1.486	3
São Francisco - Alcântara	10,0	X	17,3	7.460	377	7.164	3
Pavuna - Nova Iguaçu II	11a		11,8	21.880	742	27.086	0
Nova Iguaçu - Campo Grande	11b	X	29,6	13.381	331	9.903	2
Pavuna - Duque de Caxias	11c		6,8	10.716	1.415	13.488	1
Av. Brasil - Triagem	12a	X	3,0	7.222	896	8.170	2
Triagem - Uruguai	12b		4,2	11.220	581	23.579	1
Uruguai - Gávea	12c	X	13,3	17.561	341	26.474	2

Fonte: Consórcio, 2015

Finalmente, estes resultados foram submetidos à análise detalhadas pelo Grupo de Trabalho, pois a utilização de indicadores agregados como único critério poderia desconsiderar outros elementos importantes para análise. A seguir, apresenta-se a análise específica de alguns trechos que foram identificados com baixo desempenho, mas que permanecem nas alternativas estudadas por vários motivos:

- **Trecho Gávea - Carioca (identificado como trecho 5)**

Este trecho apresentou resultados de demanda relativamente baixos em relação aos outros trechos da rede. Entretanto, apresenta indicadores operacionais bons e alta conectividade. Adicionalmente, esta linha representa também um reforço de oferta à linha 1, que se encontra próxima à saturação. Por outro

lado esse trecho representa o traçado original no que se refere ao atendimento do par origem-destino Centro – Barra da Tijuca, e nesse sentido constitui um vetor de deslocamentos importante, que pode servir para “equilibrar” os carregamentos da rede e protegê-la de trechos localizados de saturação que acabam por afugentar a demanda cativa.

Frente a estas observações, optou-se por manter este trecho para futuras etapas de análise.

- **Trechos Uruguai – Del Castilho e Gávea – Avenida Brasil (identificado como trechos 8 e 12)**

Ambos os trechos oferecem cobertura espacial à zona norte do Rio de Janeiro ligando a linha proposta “Alvorada-Cocotá” com traçado sobre a Linha Amarela e o nó Uruguai. Neste sentido, quando ambos os trechos têm destinos terminais em diferentes pontos da zona norte do RJ, pode-se dizer que cumprem funções semelhantes na Rede Básica Proposta. Uma vez obtidos os resultados das simulações iniciais, confirma-se que os indicadores operacionais de ambas as linhas são baixos em relação a outras alternativas propostas (principalmente o carregamento máximo de ambos os trechos). Adicionalmente, a análise do fluxo de passageiros permite mostrar que ambos os trechos dividem parcialmente a demanda que atendem conjuntamente.

Sem dúvida, estes elementos não permitem decidir se é necessário retirá-los, mantê-los ou, ainda, eliminar algum deles da Rede Básica Proposta. Esta decisão se complica quando se considera nesta equação a ligação Uruguai-Gávea, que é alimentada pelos ramais desde Del Castilho até Av. Brasil, e que terá um funcionamento diferente caso seja eliminado algum destes trechos.

Por estes motivos, decidiu-se avançar com ambos os trechos na Rede em estudo para que em futuras etapas de análise se pudesse contar com maiores elementos que permitissem tomar uma decisão a respeito destas ligações.

- **Recreio – Alvorada (identificado como trecho 4c)**

Este trecho apresentou resultados operacionais baixos em relação a outros trechos da rede metroviária proposta. Sem dúvida, seu carregamento máximo se observou no ranking de carregamento máximo aceito. Adicionalmente, esta ligação seria um alimentador natural do Terminal Alvorada com 2 (duas) linhas de metrô. Simultaneamente, o traçado desta ligação proposta coincide com um dos vetores de maior crescimento da região de estudo.

Dado que estes critérios não são levados em conta por esta etapa de avaliação da metodologia, se preferiu manter este trecho para futuras etapas de análise.

- **Arariboia – Itaipuaçu- (identificado como trecho 9 e parte do 9b)**

A ligação Arariboia – Itaipuaçu constitui um eixo de transportes que conecta a região central do município de Niterói, a região oceânica do mesmo município e o bairro de Itaipuaçu, localizado no município de Maricá, na divisa com Niterói. Ao longo de seu traçado, a ligação atenderia as demandas entre as zonas mais adensadas dos bairros de Icaraí e São Francisco com o centro da cidade, onde poderiam integrar tanto com a Linha 3, rumo a São Gonçalo, quanto com a Linha 2, rumo à cidade do Rio de Janeiro, especificamente sua região central, onde poderiam usufruir de toda a rede metroviária já existente na cidade.

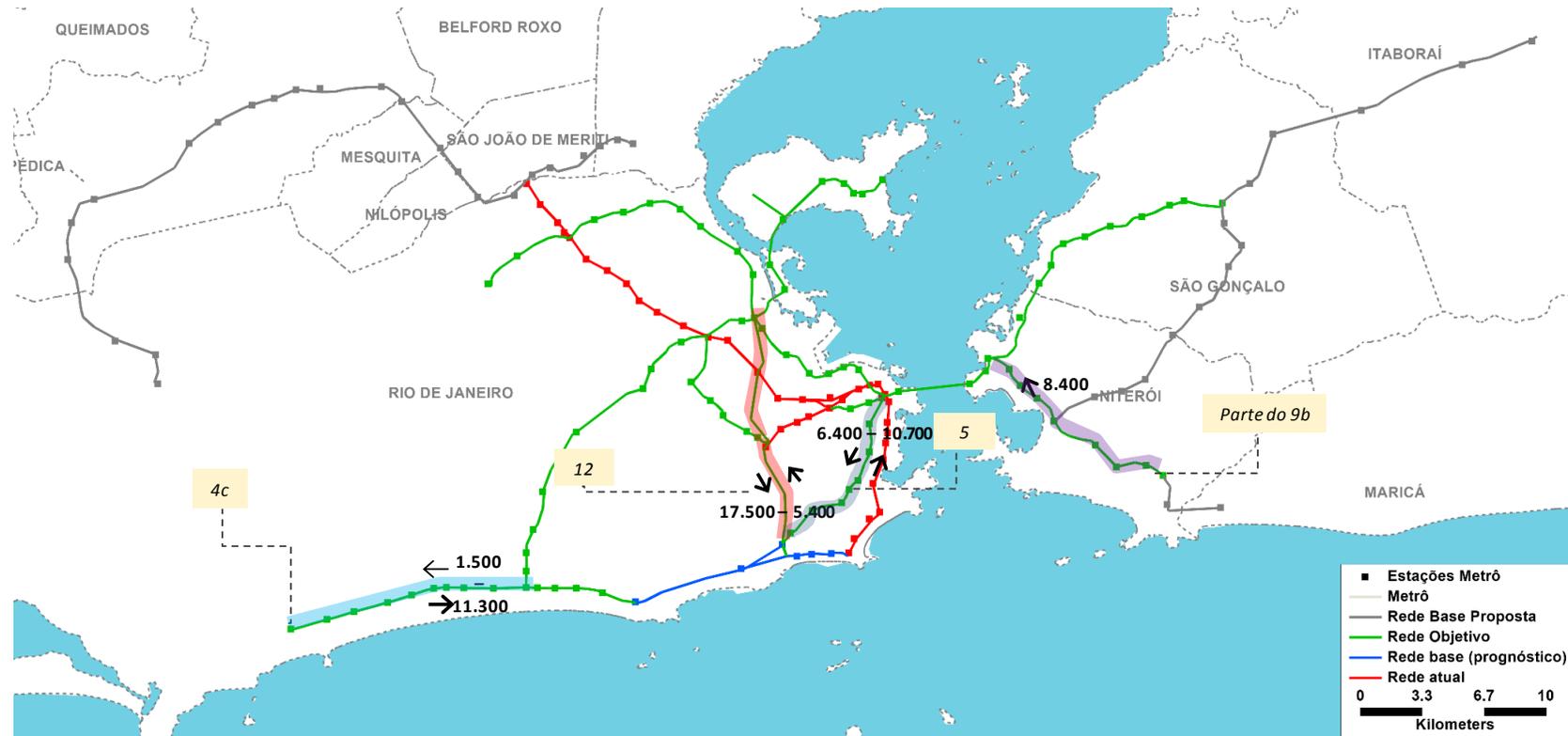
Ao avaliar as simulações da rede básica proposta, para o horizonte temporal 2045, verificou-se que o carregamento máximo da linha em análise é da ordem de 8.400 passageiros por sentido no pico da manhã. Ao mesmo tempo, os outros indicadores operacionais da linha sugerem que este corredor não justifica a implantação de uma linha de metrô.

Contudo é importante considerar que a Região Oceânica é a porção do território niteroiense e de toda a margem leste da Baía de Guanabara com maior crescimento populacional e que a ocupação crescente demanda uma solução de mobilidade mais robusta do que a que se encontra em implantação – um sistema rodoviário do tipo BHLS. Por essa razão a equipe técnica do PDM concordou em manter a linha em análise.

Não obstante, existe o entendimento de que facilitando a acessibilidade Rio-Niterói através da implantação de uma ligação metroviária possa produzir-se um processo de adensamento acelerado desta região. Esta hipótese parece justificar a manutenção desta linha nas etapas seguintes de análise. O que poderia ser esperado é que ocorra na Região Oceânica de Niterói um adensamento semelhante ao ocorrido nos últimos 30 (trinta) anos na região da Baixada de Jacarepaguá e Barra da Tijuca, na cidade do RJ.

A seguir, apresenta-se o mapa com a localização dos trechos definidos pelos critérios técnicos para exclusão da Rede Proposta, porém mantidos segundo as argumentações expressas anteriormente:

Figura 19- Resumo dos trechos definidos pelos critérios técnicos para exclusão da Rede Proposta, porém mantidos



Fonte: Consórcio, 2016

Assim como foi feito na análise dos trechos supracitados, decidiu-se manter os mesmos na rede de estudo para futuras etapas de trabalho. Apresenta-se a seguir a análise específica de alguns trechos que se decidiu excluir da rede estudada.

- **Campo Grande – Nova Iguaçu II e Pavuna – Duque de Caxias**

Estes trechos fazem parte da proposta de ligação Duque de Caxias – Campo Grande, um extenso arco ferroviário, cuja função é a de integrar a Baixada Fluminense com uma ligação sobre trilhos e ao mesmo tempo permitir melhores conexões ferroviárias do que as realizadas hoje entre os trens da SuperVia e a extensa rede operada por ônibus.

Esta proposta de ligação metroviária surgiu após ser detectada a carência de ligações entre os dois principais polos de comércio e serviços da Baixada Fluminense – os centros de Nova Iguaçu e de Duque de Caxias, assim como a falta de interligação entre os ramais ferroviários de Saracuruna, Belford Roxo e Japeri dentro da Baixada Fluminense.

Além disso, observou-se, com respaldo no PDTU, a carência de ligações de transporte público de qualidade para os moradores da porção Oeste de Nova Iguaçu com o centro do município. Observou-se ainda a forte correlação entre essa porção oeste de Nova Iguaçu e a zona oeste da Cidade do Rio de Janeiro, especialmente com Campo Grande, outra importante centralidade em pleno desenvolvimento.

Não obstante, após a análise das simulações, observou-se que estes trechos funcionavam como alimentadores da Linha 2 e de diversos ramais da SuperVia em direção ao centro do Rio de Janeiro, pois os principais fluxos de passageiros convergem na estação Pavuna e transferem para a Linha 2 do Metrô em direção ao centro. Entretanto, os fluxos entre Campo Grande, Duque de Caxias e os pontos intermediários são baixos para os parâmetros operacionais de um sistema de metrô. Adicionalmente, pode ser observado que a extensão total desta linha é de quase 40 quilômetros, uma das maiores ligações propostas, que por tanto implicaria um alto nível de investimento, principalmente na procura da centralidade de Campo Grande.

Desta forma, a análise da equipe técnica concluiu que existe a necessidade de implantar ligações entre os polos geradores de viagens da Baixada Fluminense. Sem dúvida, as condições de conectividade atual da região e os indicadores operacionais observados nas simulações sugerem que deveria investir-se inicialmente em medidas de consolidação do entorno urbano e sistemas de transporte do tipo suburbano (baseado em ônibus) que respondam às necessidades destes centros urbanos.

- **Pavuna – Nova Iguaçu II**

Este é o trecho central da ligação metroviária proposta entre Duque de Caxias-Campo Grande. Este trecho cumpre a importante função de permitir a ligação de Nova Iguaçu com o terminal Pavuna da Linha 2 do Metro. Em consequência, as simulações permitem observar um grande fluxo de demanda captada por este trecho, que se soma à demanda que a linha capta desde sua origem em Campo Grande em direção à Pavuna, e que realiza a transferência para ingressar na Linha 2 do metrô, continuando sua viagem até o centro.

A análise dos resultados das simulações permite entender que este trecho que apresenta um carregamento máximo expressivo, compete com os ramais Belford Roxo e Japeri da SuperVia, captando demanda atualmente atendida por estes serviços. Vale a pena ressaltar que, no momento da análise, as simulações buscam observar a demanda potencial da rede estudada. Desta forma, a atratividade teórica da Rede de Metrô simulada é maior que a da SuperVia, principalmente devido à frequência do serviço observada e projetada para os cenários futuros dos diversos serviços da SuperVia.

Desta forma, o entendimento do Grupo de Trabalho e das equipes de planejamento de transporte do estado do RJ levou a adotar como premissa a desconsideração de trechos que fomentaram a competência nociva entre serviços ferroviários. Toda vez que esta região conta com uma cobertura espacial da SuperVia, deveria fomentar-se a inversão e melhora dos intervalos de operação dos serviços supracitados desta operadora, considerando que ainda existe demanda potencial não atendida, segundo os resultados obtidos.

- **Maravista – Itaipuaçu**

Como já foi descrito anteriormente, o contexto da ligação proposta Arariboia - Itaipuaçu nos leva a continuar seu estudo nas seguintes etapas desta metodologia, mesmo que o volume de passageiros seja baixo para os parâmetros operacionais de um sistema de alta, e, inclusive de média capacidade. Esta circunstância leva a repensar a extensão final da ligação proposta. Ainda que seja desejável contar com a maior cobertura possível da rede de metrô, o alto custo dessa infraestrutura e sua natureza como sistema troncalizador de viagens levam novamente ao questionamento sobre a localização dos extremos da ligação proposta, de forma que se otimizem custos e impactos. Com este objetivo, o Grupo de Trabalho decidiu segmentar esta linha em um primeiro ponto que lhe permitiria cumprir a função de corredor troncal, sendo esta a estação Maravista.

- **Alcântara – Itaboraí**

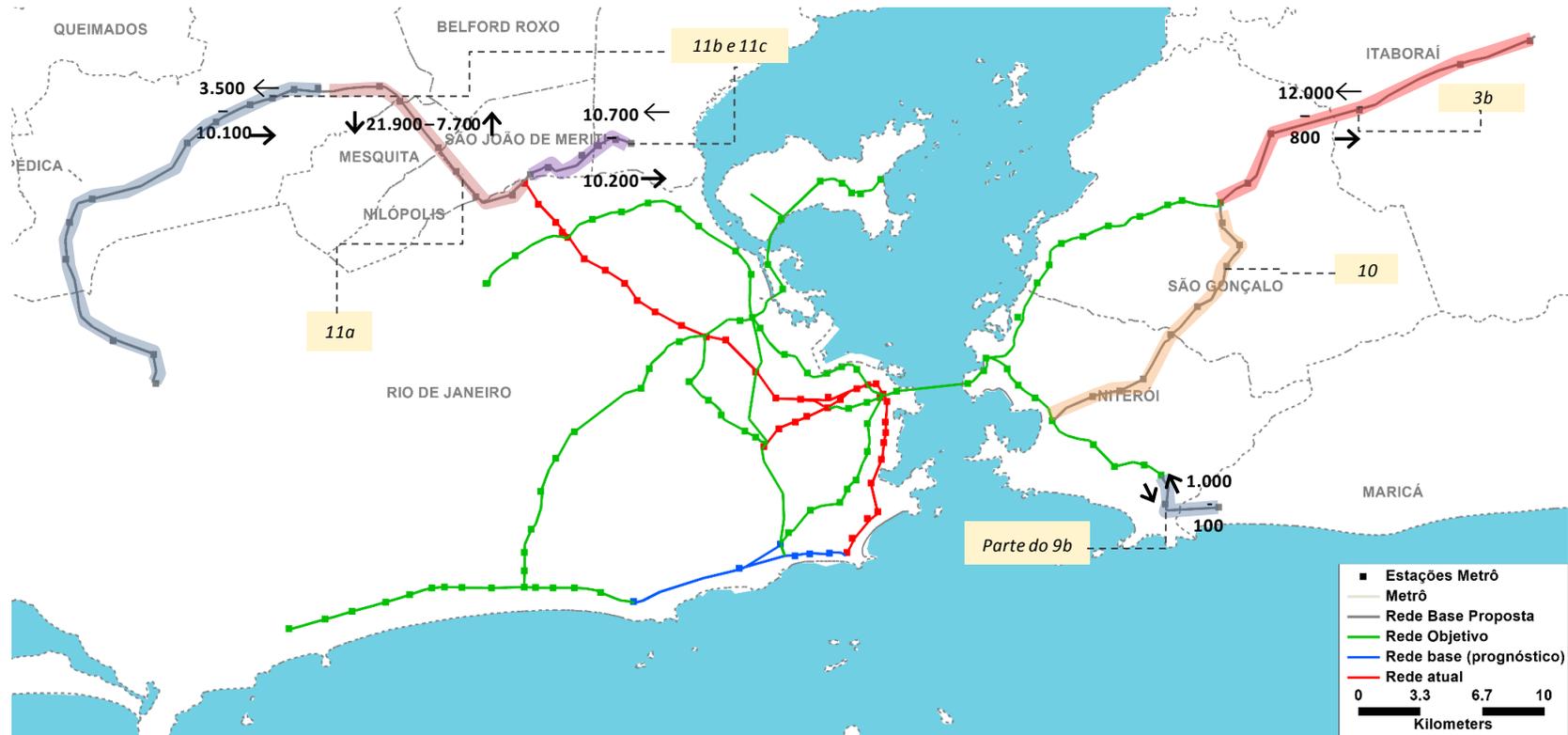
Neste caso, ainda que a Linha 3 de Niterói seja um projeto antigo que tenha sido estudado em várias ocasiões e que mostra que tem uma demanda potencial que permite a implantação de um sistema metroviário, ainda está em aberto a análise sobre qual deveria ser o ponto terminal destas linhas. A análise dos resultados das simulações e o contexto urbano mostram que em Alcântara a linha alcança uma extensão que lhe permite cumprir a função de corredor troncal, dando uma cobertura suficiente para os principais grupos de usuários. É a partir da estação Alcântara que os fluxos de passageiros caem consideravelmente.

Com a existência do Pátio Neves, esta linha teria a possibilidade de decidir seu ponto terminal em praticamente qualquer ponto posterior ao encontro com este Pátio. Assim, propõe-se a segmentação da conhecida Linha 3 na estação Alcântara, localizada no município de São Gonçalo.

- **Alcântara – São Francisco**

Este corredor é uma segunda ligação metroviária entre o município de São Gonçalo e o centro de Niterói. Ainda que tenha um traçado diferente ao da Linha 3, Arariboia-Alcântara-Itaboraí, existe certo paralelismo para um conjunto de viagens que têm como origem o município de São Gonçalo e como destino o centro de Niterói e o centro do Rio de Janeiro. Desta forma, estes corredores competem pela captação da mesma demanda, sendo o corredor Alcântara-São Francisco o que apresenta os menores volumes de passageiros, entre outros motivos, pela necessidade de realizar transferência adicional para continuar sua viagem (transferência na estação São Francisco). Assim como outros trechos, propõe-se o estudo de outras tecnologias para a implantação de um sistema de transporte de média ou alta capacidade neste corredor. Apresenta-se a seguir o mapa com a localização dos trechos excluídos da Rede em Estudo dentro do horizonte de avaliação, segundo as ponderações expressadas anteriormente.

Figura 20: Resumo dos trechos excluídos da Rede em Estudo dentro do horizonte de avaliação



Fonte: Consórcio, 2016

Finalmente apresenta-se a rede definida como Rede Objetivo dentro do horizonte estudado, igualmente a que se obtém após o processo de depuração dos trechos anteriormente descrito.

Figura 21 - Rede Objetivo proposta do horizonte 2045



Fonte: Consórcio, 2016

Cabe informar que os resultados das simulações materializados em arquivo digital Excel (formato xlsx) de todas as simulações realizadas se encontram no ANEXO DIGITAL I - Cap. 4 - Resultados Simulações que consta do conjunto de anexos digitais deste relatório.

4.3 ETAPA 2

Entende-se que o funcionamento da Rede Metroviária será o esperado uma vez que sejam implantadas todas as linhas projetadas. No entanto, é evidente que as linhas serão implantadas em alguma ordem, com defasagem temporal entre a construção e início de operações de cada linha.

Assim, um dos problemas a serem resolvidos é definir um plano de implantação da Rede Metroviária que determine a sequência de linhas propostas, bem como os horizontes para os quais é recomendada a execução de cada projeto.

Dada complexidade de realizar simulações que considerem todas as possíveis combinações de linhas para todos os horizontes de planejamento, esta metodologia busca reduzir este problema e definir subconjuntos de linhas de acordo com os seus indicadores de desempenho em cada horizonte de planejamento para posteriormente serem testadas individualmente dentro do horizonte selecionado.

Nesta análise, se espera a identificação do horizonte em que os indicadores de desempenho operacional de cada linha alcançam os níveis nos quais é recomendável a implantação de um sistema de metrô. Esta análise é semelhante àquela realizada durante a Etapa 1 desta metodologia, realizado para a seleção de trechos que comandarão a Rede Metroviária Proposta. Desse modo, os critérios de seleção propostos são semelhantes aos utilizados anteriormente.

Para obter-se o comportamento histórico esperado de cada linha, o procedimento implica simular a mesma rede (a rede objetivo obtida da etapa anterior desta metodologia) com as matrizes de demanda dos horizontes 2025, 2035 e 2045.

Realizadas as simulações, são obtidos os resultados operacionais de cada linha para cada horizonte, o que permite analisar qual é o comportamento histórico esperado de cada linha e determinar em que horizonte a linha conta com características operacionais que são recomendadas para a implantação de um sistema de metrô. Esta análise pode ser realizada também em nível de segmento de linhas.

Adicionalmente, devem ser estudados possíveis requerimentos de lógica de implantação, isto é, detectar aqueles segmentos da rede que requerem a implantação prévia ou simultânea de outro segmento para garantir a obtenção dos resultados observados nas simulações.

Nestes casos, existe a possibilidade de determinar a implantação dentro de algum horizonte de um trecho em que a princípio não conta com resultados que justifiquem sua implantação, assim como também é possível postergar a implantação de ambos os segmentos vinculados, dependendo das características específicas do caso. Os indicadores a serem considerados nessa etapa são os seguintes:

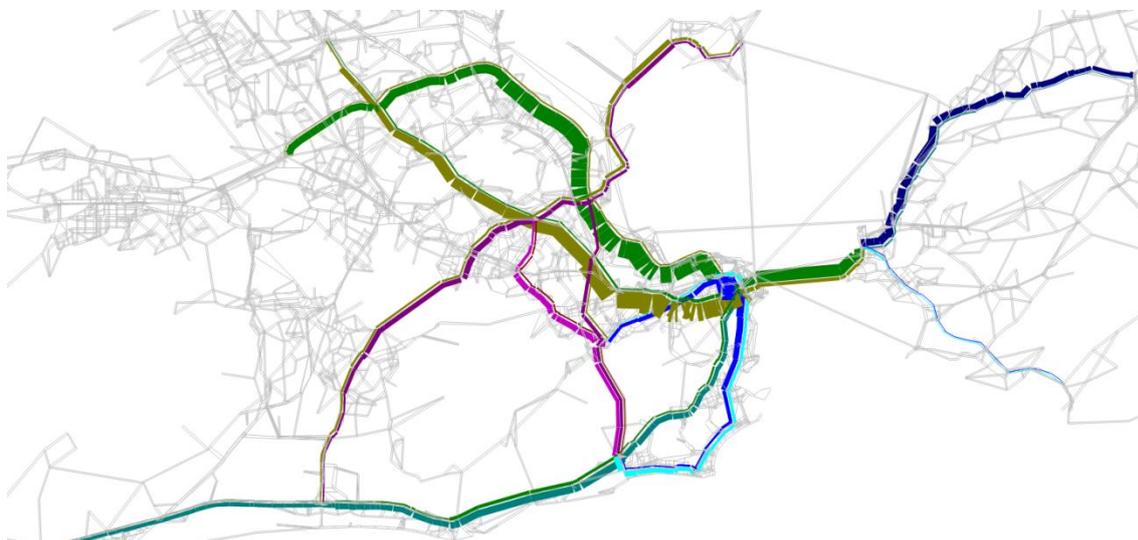
- Carregamento máximo do trecho;
- Média dos embarques e desembarques lindeiros do trecho;
- Distância total percorrida pelos passageiros captados pelo trecho (passageiros x quilômetro).

Adicionalmente, com a determinação dos horizontes de implantação, tem-se por objetivo equilibrar os custos dos investimentos e a expansão da rede com a métrica de aproximadamente 1/3 dos investimentos e 1/3 da quilometragem da rede para cada horizonte.

4.3.1 Horizonte 2025

Para o primeiro horizonte, busca-se definir os trechos com maior urgência de implantação, portanto os que indicam maiores carregamentos. O procedimento como descrito anteriormente consiste em simular a Rede Objetivo Proposta (objetivo da etapa de análise anterior), com o cenário de demanda do horizonte 2025. A seguir são apresentados de forma ilustrativa, os mapas dos carregamentos da Rede Objetivo Proposta para o horizonte 2025.

Figura 22- Resultado da alocação da matriz 2025 na rede objetivo para definição dos horizontes de implantação dos trechos



Fonte: Consórcio, 2015

A seguir apresentam-se os resultados do carregamento máximo para os diferentes trechos da rede estudada no horizonte 2025.

Tabela 9: Carregamentos máximos de cada linha com a matriz 2025 na rede objetivo

Código	Trechos	2025
linha1	Uruguai - Gen. Osório	49.200
linha2	Pavuna - Estácio	45.700
4a	Jd. Oceânico - Gávea	15.600
1a	Gávea - Gen. Osório	11.500
2b	Estácio - Praça XV	37.700
2a	Praça XV- Arariboia	25.700
3a	Arariboia - Paraíso	17.200
3c	Paraíso - Alcântara	13.800
4b	Jd. Oceânico - Alvorada	12.900
4c	Alvorada - Recreio	9.500
5,0	Gávea - Carioca	12.400
6a	Alvorada - Del Castilho	11.500
6b	Del Castilho - Av. Brasil	12.400
6c	Av. Brasil - Cocotá	10.500
7a	Pres. Vargas - Av. Brasil	37.200
7b	Av. Brasil - Coelho Neto	32.900
7c	Coelho Neto - Deodoro	15.600
8b	Uruguai - Del Castilho	13.500
12c	Uruguai - Gávea	14.300
12a	Av. Brasil - Triagem	5.500
12b	Triagem - Uruguai	8.200
9a	Arariboia - São Francisco	2.300
9b	São Francisco - Itaipuaçu	1.300

← Linha 2 – Praça XV – Arariboia
← Linha 3 Arariboia – Alcântara
← Av. Brasil: Pres. Vargas - Deodoro

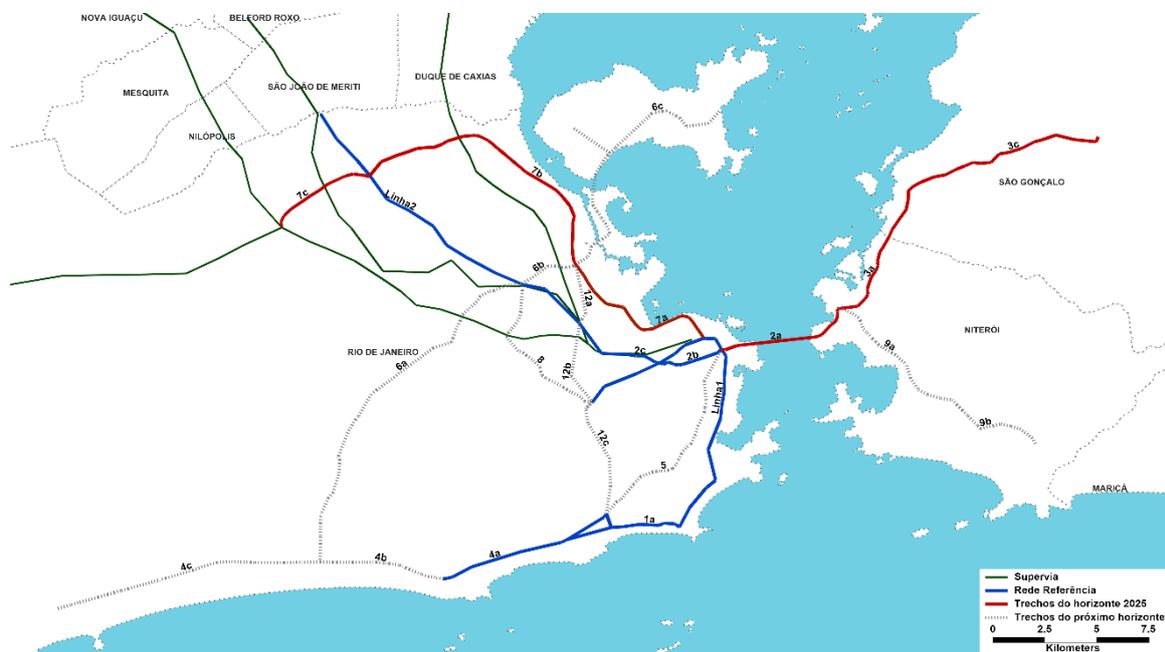
Fonte: Consórcio, 2015

Como se pode ver na Tabela 9 apenas alguns poucos trechos superam o carregamento de 10.000 passageiros por hora sentido para o primeiro horizonte de simulação. Estes resultados permitem identificar facilmente os trechos que têm uma função de maior relevância dentro da Rede.

Os trechos priorizados através destes resultados são as extensões da Linha 2, de Estácio à Praça XV e de Praça XV à Arariboia; a Linha 3 de Niterói, de Arariboia até Alcântara; e a linha proposta com traçado sobre a Av. Brasil, desde Presidente Vargas.

Estes resultados são consistentes com o entendimento da demanda de transporte obtida de outros estudos, tal como o PDTU, onde estes corredores ou trechos foram identificados historicamente como grandes concentradores de demanda e, no caso das Linhas 2 e 3, identificados como futuras expansões do metrô do RJ. Já no caso da Av. Brasil, também existe consenso sobre o grande volume de demanda deste corredor, o que justificaria a implantação de um sistema de alta capacidade. Portanto, a rede definida para o horizonte 2025 é composta pela rede referência adicionada dos trechos 2a, 2b, 3a, 3c, 7a, 7b e 7c, como apresentado no mapa a seguir.

Figura 23- Rede objetivo do horizonte 2025



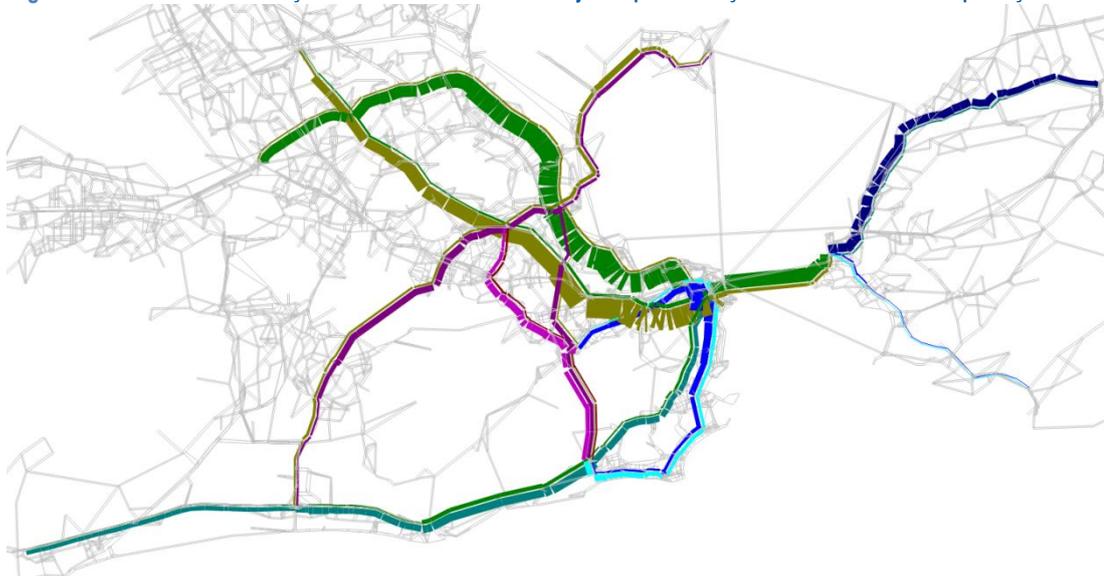
Fonte: Consórcio, 2015

4.3.2 Horizonte 2035

No segundo horizonte, 2035, o processo de obtenção dos resultados é o mesmo que no horizonte anterior, substituindo-se a matriz de demanda por aquela referente ao horizonte 2035. Busca-se identificar o seguinte bloco de trechos que definirão a segunda fase de expansão da rede metroviária.

A seguir são apresentados, de forma ilustrativa, os mapas dos carregamentos da Rede Objetivo Proposta para o horizonte 2035. E os resultados de carregamento máximo para os diferentes trechos da rede estudada no horizonte 2035.

Figura 24- Resultado da alocação da matriz 2035 na rede objetivo para definição dos horizontes de implantação dos trechos



Fonte: Consórcio, 2015

Tabela 10: Carregamentos máximos de cada linha com a matriz 2035 na rede objetivo

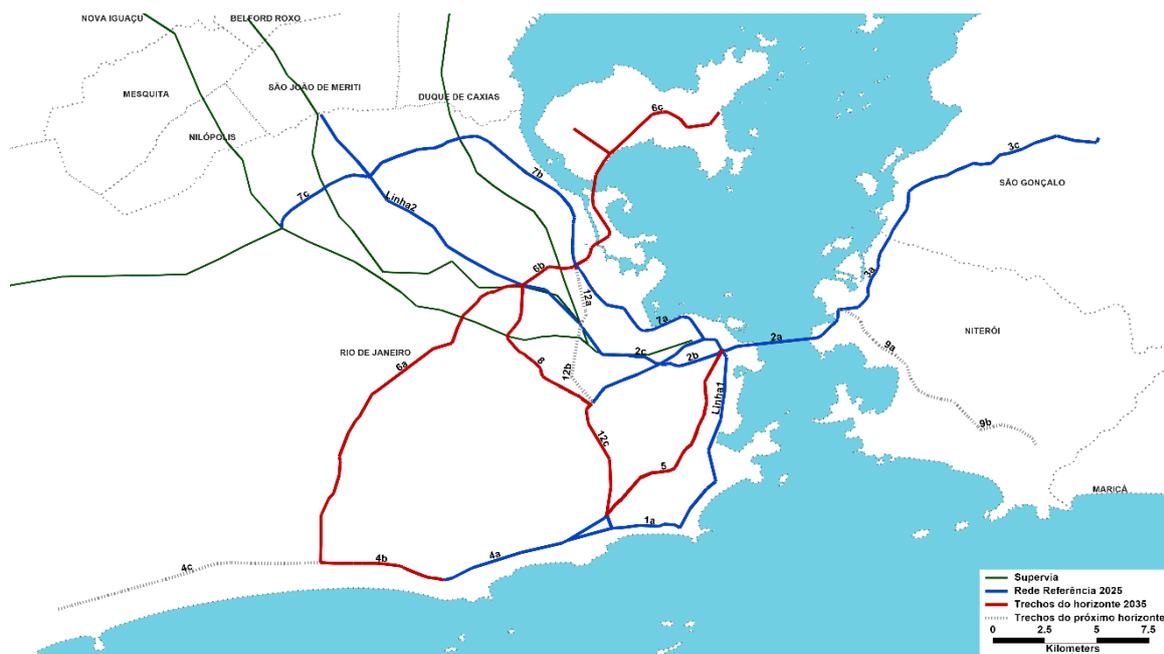
Código	Trechos	2025	2035	
linha1	Urugui - Gen. Osório	49.200	56.300	
linha2	Pavuna - Estácio	45.700	52.800	
4a	Jd. Oceânico - Gávea	15.600	17.500	
1a	Gávea - Gen. Osório	11.500	13.100	
2b	Estácio - Praça XV	37.700	43.600	
2a	Praça XV- Arariboia	25.700	29.600	
3a	Arariboia - Paraíso	17.200	20.800	
3c	Paraíso - Alcântara	13.800	16.700	
4b	Jd. Oceânico - Alvorada	12.900	14.700	← Linha 4 prolong. Jd. Oceânico – Alvorada
4c	Alvorada - Recreio	9.500	11.000	
5,0	Gávea - Carioca	12.400	14.100	← Gávea – Carioca
6a	Alvorada - Del Castilho	11.500	13.800	
6b	Del Castilho - Av. Brasil	12.400	14.900	← Alvorada – Cocotá (Linha Amarela)
6c	Av. Brasil - Cocotá	10.500	11.500	
7a	Pres. Vargas - Av. Brasil	37.200	44.600	
7b	Av. Brasil - Coelho Neto	32.900	39.500	
7c	Coelho Neto - Deodoro	15.600	19.600	
8b	Urugui - Del Castilho	13.500	15.700	← Urugui – Del Castilho Gávea
12c	Urugui - Gávea	14.300	16.800	
12a	Av. Brasil - Triagem	5.500	6.200	
12b	Triagem - Urugui	8.200	9.900	
9a	Arariboia - São Francisco	2.300	2.700	
9b	São Francisco - Itaipuaçu	1.300	1.600	

Fonte: Consórcio, 2015

Como se pode observar na Tabela 10 para o segundo horizonte de simulação, os trechos com maior carregamento de passageiros são: as extensões da Linha 4 até Alvorada; o trecho que liga Gávea à estação Carioca; o corredor da Linha Amarela Alvorada-Del Castilho-Cocotá e os trechos Gávea a Uruguai e Uruguai à Del Castilho. Adicionalmente, pode-se observar que os volumes máximos de alguns trechos começam a diminuir drasticamente. Este resultado é previsível, pois, pelo mesmo processo de seleção das alternativas, à medida que se selecionam os trechos mais carregados, os trechos residuais, acabam sendo os de pior desempenho operacional.

Em resumo, a rede definida para o horizonte 2035 é composta pela rede objetivo de 2025 adicionada dos trechos 4b, 5, 6a, 6b, 6c, 8, e 12c, como apresentado no mapa a seguir.

Figura 25 - Rede objetivo do horizonte 2035



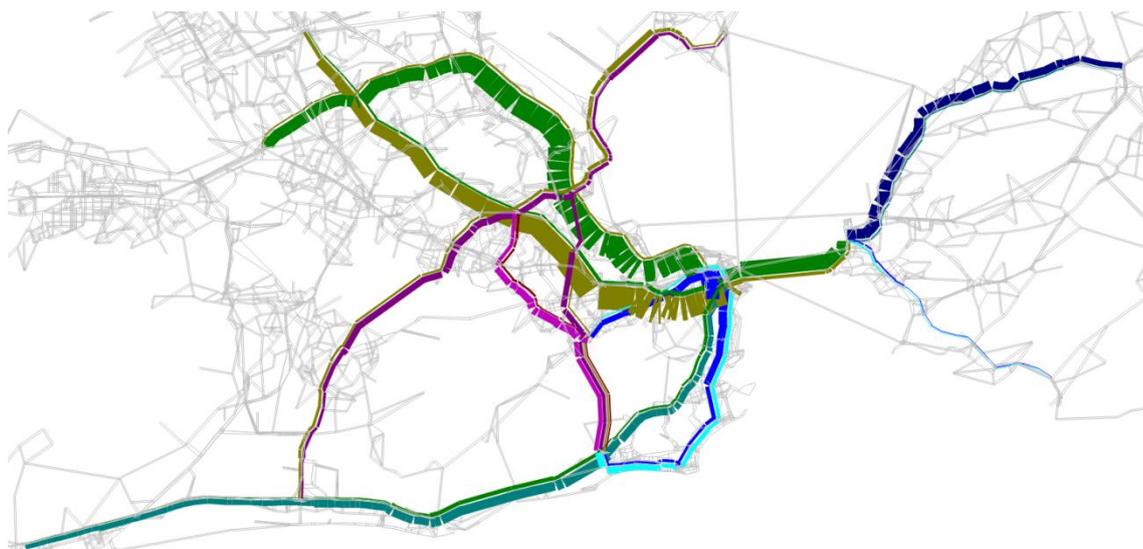
Fonte: Consórcio, 2015

4.3.3 Horizonte 2045

No terceiro horizonte, o processo de obtenção de resultados é o mesmo que nos horizontes anteriores, desta vez substituindo a matriz de demanda pela correspondente ao ano de 2045. Busca-se identificar o seguinte bloco de trechos que definirão a terceira fase de expansão da rede metroviária.

A seguir são apresentados de maneira ilustrativa os mapas dos carregamentos da Rede Objetivo Proposta para o horizonte 2045.

Figura 26 - Resultado da alocação da matriz 2045 na rede objetivo para definição dos horizontes de implantação dos trechos



Fonte: Consórcio, 2015

A seguir, apresentam-se os resultados de carregamento máximo para os diferentes trechos da rede estudada no horizonte 2045. Por fim, a rede definida para o horizonte 2045 é composta pela rede objetivo de 2035 adicionada dos trechos 4c, 9a e 9b, como apresentado na figura a seguir.

Tabela 11: Carregamentos máximos de cada linha com a matriz 2045 na rede objetivo

Código	Trechos	2025	2035	2045
linha1	Uruguai - Gen. Osório	49'200	56'300	59'400
linha2	Pavuna - Estácio	45'700	52'800	60'400
4a	Jd. Oceânico - Gávea	15'600	17'500	20'400
1a	Gávea - Gen. Osório	11'500	13'100	14'300
2b	Estácio - Praça XV	37'700	43'600	49'000
2a	Praça XV- Arariboia	25'700	29'600	32'700
3a	Arariboia - Paraíso	17'200	20'800	23'500
3c	Paraíso - Alcântara	13'800	16'700	19'300
4b	Jd. Oceânico - Alvorada	12'900	14'700	16'800
4c	Alvorada - Recreio	9'500	11'000	12'800
5.0	Gávea - Carioca	12'400	14'100	16'400
6a	Alvorada - Del Castilho	11'500	13'800	14'400
6b	Del Castilho - Av. Brasil	12'400	14'900	15'600
6c	Av. Brasil - Cocotá	10'500	11'500	12'200
7a	Pres. Vargas - Av. Brasil	37'200	44'600	50'200
7b	Av. Brasil - Coelho Neto	32'900	39'500	47'100
7c	Coelho Neto - Deodoro	15'600	19'600	24'200
8b	Uruguai - Del Castilho	13'500	15'700	17'000
12c	Uruguai - Gávea	14'300	16'800	17'900
12a	Av. Brasil - Triagem	5'500	6'200	8'000
12b	Triagem - Uruguai	8'200	9'900	11'600
9a	Arariboia - São Francisco	2'300	2'700	3'100
9b	São Francisco - Itaipuaçu	1'300	1'600	1'900

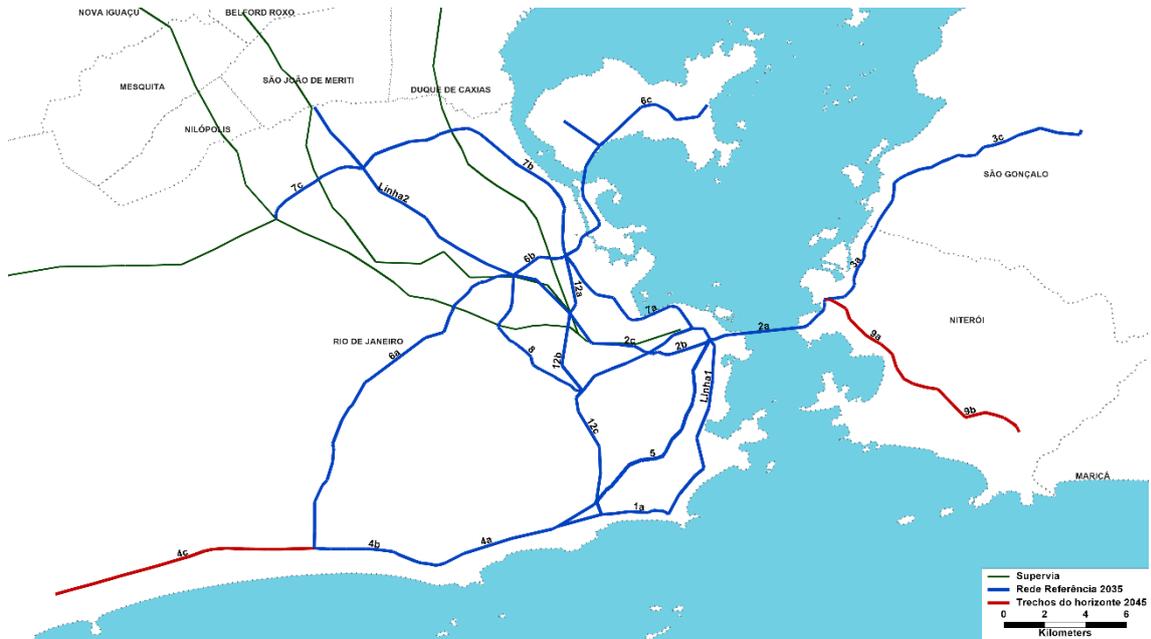
← Linha 4 prolong.
Alvorada - Recreio

← Av. Brasil - Uruguai

← Arariboia – Maravista

Fonte: Consórcio, 2015

Figura 27- Rede objetivo do horizonte 2045



Fonte: Consórcio, 2015

4.4 ETAPA 3

A etapa final do modelo de transporte para análise da Rede Proposta consistiu em realizar a simulação das linhas propostas individualmente, já que, até este ponto do estudo, analisou-se apenas o comportamento conjunto das linhas em cada horizonte. Nesta etapa, então, são realizadas as simulações de cada linha individualmente sobre uma rede de referência definida segundo a metodologia aplicada pelo presente estudo.

A partir da comparação entre os resultados da rede de referência e a simulação da alternativa avaliada pode-se obter o conjunto de indicadores de desempenho de cada uma das linhas propostas. Os indicadores observados nesta avaliação foram:

- Usuários que ingressam na rede de metrô;
- Aumento dos usuários na rede de metrô;
- Passageiros por linha para cada horizonte de simulação;
- Redução do tempo de viagem (passageiro x hora total da área de estudo);
- Redução da distância percorrida pelos veículos (veículo x quilômetro total da área de estudo);
- Distância percorrida pelos usuários da linha avaliada (passageiro x quilômetro);
- Aumento da distância percorrida pelos usuários da rede de metrô;
- Pendularidade da linha avaliada;
- Renovação da linha avaliada;
- Volume máximo de passageiros de cada linha;
- Embarques em cada linha.

4.4.1 Horizonte 2025

Com o objetivo de aferir os resultados das alternativas avaliadas para elaboração da Rede Proposta para o Cenário 2025, definiu-se inicialmente a Rede de Referência com base na rede de metrô implantada atualmente e as linhas que estão em fase de projeto e implantação, como detalhado anteriormente neste

documento. As linhas que compõem a Rede de Referência são apresentadas na tabela 12 a seguir. A Rede de Referência será a base para simulação individual de cada alternativa que compõe este horizonte, ou seja, cada alternativa será individualmente inserida nesta rede para avaliação.

Tabela 12. Linhas que compõem a Rede de Referência, base de comparação para as alternativas avaliadas no horizonte 2025

Linhas
General Osório - Uruguai
Pavuna - Praça XV
General Osório - Jd. Oceânico
Gávea - Carioca

Fonte: Consórcio, 2016.

As linhas que compõem as alternativas analisadas individualmente para este horizonte são:

- Arariboia – Alcântara
- Prolongamento da Linha 2: Pavuna – Arariboia
- Presidente Vargas – Deodoro

A tabela a seguir apresenta a comparação dos resultados obtidos na avaliação de cada alternativa.

Tabela 13. Resultados da avaliação individual das alternativas para elaboração da Rede Proposta para o Cenário 2025

Rede Referência + Arariboia - Alcântara			Rede Referência +Prolongamento da Linha 2: Pavuna – Arariboia			Rede Referência +Presidente Vargas – Deodoro		
Usuários da rede de metrô	150.957	na hora pico	Usuários da rede de metrô	157.306	na hora pico	Usuários da rede de metrô	175.310	na hora pico
	1.886.961	no dia		1.966.330	no dia		2.191.374	no dia
Acréscimo de demanda	13.650	pass.	Acréscimo de demanda	20.000	pass	Acréscimo de demanda	38.003	pass
Extensão do trecho	16.4	Km	Extensão do trecho	5.8	Km	Extensão do trecho	28.1	Km
Indicadores Gerais (hora pico)			Indicadores Gerais (hora pico)			Indicadores Gerais (hora pico)		
Pass-hora	1.453.041	pass-hora	Pass-hora	1.458.668	pass-hora	Pass-hora	1.401.171	pass-hora
Diferença em relação à rede referência	- 13.177	pass-hora	Diferença em relação à rede referência	-7.551	pass-hora	Diferença em relação à rede referência	- 65.048	pass-hora
Diferença em relação à rede referência por Km	- 800	pass-hora/Km	Diferença em relação à rede referência por Km	-1.337	pass-hora/Km	Diferença em relação à rede referência por Km	-2.409	pass-hora/Km
Veic-Km de auto na rede	3.543.870	veic-Km	Veic-Km de auto na rede	3.561.279	veic-Km	Veic-Km de auto na rede	3.424.909	veic-Km
Diferença de Veic-Km	94.362	veic-Km	Diferença de Veic-Km	111.772	veic-Km	Diferença de Veic-Km	- 24.598	veic-Km
Pass-Km (rede de metrô)	1.796.984	pass-Km	Pass-Km (rede de metrô)	1.759.708	pass-Km	Pass-Km (rede de metrô)	2.567.391	pass-Km
Diferença de Pass-Km/ Km de rede	10.892	pass-Km	Diferença de Pass-Km/ Km de rede	25.160	pass-Km	Diferença de Pass-Km/ Km de rede	35.180	pass-Km
Pendularidade	1.14		Pendularidade	1,51		Pendularidade	1.11	
Renovação	1.14		Renovação	1,22		Renovação	1.21	
Pass-Km (da linha)	213.459	Pass-Km	Pass-Km (da linha)	1.117.507	Pass-Km	Pass-Km (da linha)	1.092.603	Pass-Km
Linhas	Vol máx	Embarques na linha	Linhas	Vol máx	Embarques na linha	Linhas	Vol máx	Embarques na linha
General Osório-Uruguai	52.207	89.125	General Osório-Uruguai	50.744	88.662	General Osório-Uruguai	51.702	89.425
Pavuna-Praça XV	46.323	56.243	Pavuna-Arariboia	46.082	85.045	Pavuna-Praça XV	51.848	66.913
Arariboia-Alcântara	13.804	17.976	Arariboia-Alcântara	-	-	Arariboia-Alcântara	-	-
General Osório-Jd. Oceânico	17.799	30.776	General Osório-Jd. Oceânico	17.297	30.023	General Osório-Jd. Oceânico	16.406	29.549
Pres. Vargas-Deodoro			Pres. Vargas-Deodoro			Pres. Vargas-Deodoro	47.065	63.497

Fonte: Consórcio, 2016.

4.4.2 Horizonte 2035

Para o horizonte 2035, as linhas a serem avaliadas individualmente foram testadas e comparadas sobre a rede resultante do cenário anterior, Rede Proposta para o Cenário 2025, que inclui as linhas apresentadas na tabela a seguir.

Tabela 14. Linhas que compõem a Rede Proposta para o Cenário 2025, base de comparação para as alternativas avaliadas no horizonte 2035

Linhas
General Osório - Uruguai
Pavuna - Arariboia
Arariboia - Alcântara
General Osório - Jd. Oceânico
Gávea - Carioca
Pres. Vargas - Deodoro

Fonte: Consórcio, 2016.

As linhas que compõem as alternativas analisadas individualmente para este horizonte são:

- Prolongamento da Linha 4: General Osório – Alvorada
- Gávea – Carioca
- Alvorada - Cocotá
- Gávea – Del Castilho

A tabela a seguir apresenta a comparação dos resultados obtidos na avaliação de cada alternativa.

Tabela 15: Resultados da avaliação individual das alternativas para elaboração da Rede Proposta para o Cenário 2035

Indicador		Rede Referência + Jd. Oceânico - Alvorada	Rede Referência + Gávea - Carioca	Rede Referência + Alvorada - Cocotá	Rede Referência + Gávea - Del Castilho			
Usuários da rede de metrô	na hora pico	240.139	244.618	268.559	250.635			
	no dia	3.001.738	3.057.721	3.356.983	3.132.931			
Acréscimo de demanda	pass	2.018	6.497	30.438	12.514			
Extensão do trecho	Km	6,3	10,6	35	14,8			
Indicadores Gerais (hora pico)								
Pass-hora	pass-hora	1.413.978	1.413.423	1.386.902	1.405.295			
Diferença em relação à rede referência	pass-hora	-6.483	-7.037	-33.559	-15.166			
Diferença em relação à rede referência por Km	pass-hora/Km	-114	-664	-395	-235			
Veic-Km de auto na rede	veic-Km	3.528.695	3.528.059	3.477.180	3.525.403			
Diferença de Veic-Km	veic-Km	-6.594	-7.230	-58.109	-9.886			
Pass-Km (rede de metrô)	pass-Km	3.210.718	3.262.101	3.633.922	3.274.144			
Diferença de Pass-Km/ Km de rede	pass-Km	1.949	162.052,36	6.281,02	2.693			
Pendularidade		1,74	1,87	1,68	1,39			
Renovação		1,17	1,22	1,84	1,28			
Pass-Km (da linha)	Pass-Km	370.194	400.888	508.667	215.153			
Linhas	Vol máx	Embarques na linha	Vol máx	Embarques na linha	Vol máx	Embarques na linha	Vol máx	Embarques na linha
General Osório-Uruguai	61.113	105.433	61.246	94.254	59.488	101.331	59.967	106.181
Pavuna-Praça XV	53.673	101.012	56.548	105.178	58.083	108.137	51.439	102.094
Arariboia-Alcântara	20.766	29.084	20.765	29.084	20.725	28.721	20.709	29.016
General Osório-Jd. Oceânico	15.968	32.430	16.470	32.531	12.282	26.558	16.016	34.335
Gávea - Carioca	0	0	11.258	15.828	0	0	0	0
Alvorada-Cocotá	0	0	0	0	15.660	48.444	0	0
Pres. Vargas-Deodoro	44.723	66.409	44.640	66.177	48.160	71.010	43.812	65.408
Gávea-Del Castilho	0	0	0	0	0	0	16.735	29.885

Fonte: Consórcio, 2016.

4.4.3 Horizonte 2045

Para o horizonte 2045, as linhas a serem avaliadas individualmente foram testadas e comparadas sobre a rede resultante do cenário anterior, Rede Proposta para o Cenário 2035, que inclui as linhas apresentadas na tabela a seguir.

Tabela 16. Linhas que compõem a Rede Proposta para o Cenário 2035, base de comparação para as alternativas avaliadas no horizonte 2045

Linhas
General Osório-Urugui
Pavuna-Arariboia
Arariboia-Alcântara
General Osório-Alvorada
Gávea - Carioca
Alvorada-Cocotá
Pres. Vargas-Deodoro
Urugui-Del Castilho

Fonte: Consórcio, 2016.

As linhas que compõem as alternativas analisadas para este horizonte são:

- Urugui – Av. Brasil
- Prolongamento da Linha 4: General Osório – Recreio
- Arariboia – Maravista

A tabela a seguir apresenta a comparação dos resultados obtidos na avaliação de cada alternativa.

Tabela 17: Resultados da avaliação individual das alternativas para elaboração da Rede Proposta para o Cenário 2045

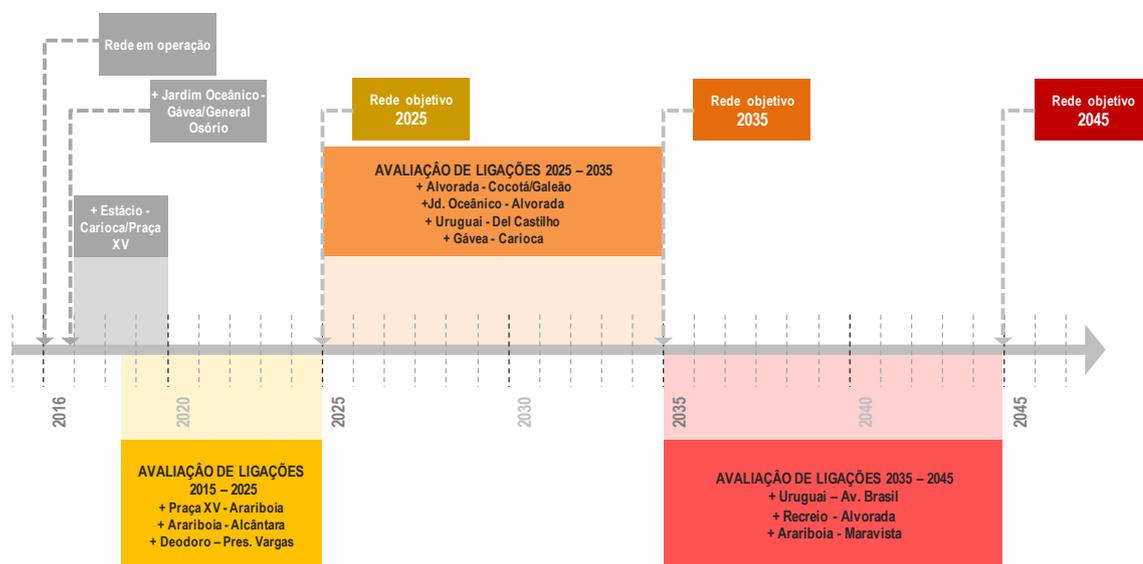
Indicador		Rede Referência + Uruguai - Av. Brasil	Rede Referência + Prolongamento da Linha 4: General Osório – Recreio	Rede Referência + Arariboia Maravista		
Usuários da rede de metrô	na hora pico	323.569	321.508	318.755		
	no dia	4.044.610	4.018.851	3.984.434		
Acréscimo de demanda	pass	5.232	3.171	418		
Extensão do trecho	Km	8,0	12,9	12,4		
Indicadores Gerais (hora pico)						
Pass-hora	pass-hora	1.504.328	1.500.870	1.508.038		
Diferença em relação à rede referência	pass-hora	-2.572	-17.232	1.138		
Diferença em relação à rede referência por Km	pass-hora/Km	-25	-66	11		
Veic-Km de auto na rede	veic-Km	3.642.099	3.634.881	3.659.977		
Diferença de Veic-Km	veic-Km	-4.401	-11.619	13.477		
Pass-Km (rede de metrô)	pass-Km	4.673.157	4.864.220	4.672.311		
Diferença de Pass-Km/ Km de rede	pass-Km	271	2.393	264		
Pendularidade		1,3	1,6	1,6		
Renovação		1,3	1,6	1,9		
Pass-Km (da linha)	Pass-Km	154.770	741.477	41.508		
Linhas	Vol máx	Embarques na linha	Vol máx	Embarques na linha	Vol máx	Embarques na linha
General Osório-Uruguai	59.817	100.271	60.954	102.029	60.857	101.578
Pavuna-Praça XV	60.642	119.943	62.096	122.327	62.145	122.039
Arariboia-Alcântara	23.342	32.446	23.394	32.483	23.484	32.566
General Osório-Jd. Oceânico	18.265	45.489	20.773	50.312	18.685	44.318
Gávea - Carioca	15.033	14.951	16.325	15.662	15.024	15.583
Alvorada-Cocotá	15.513	52.033	14.703	53.668	14.518	53.071
Pres. Vargas-Deodoro	50.178	78.184	50.081	76.718	49.660	76.040
Gávea-Del Castilho	17.365	27.919	20.622	31.459	20.903	31.811
Arariboia-Maravista	-	-	-	-	3.088	6.410
Gávea-Uruguai-Av. Brasil	18.187	22.756	13.190	4.768	13.395	4.575

Fonte: Consórcio, 2015

Finalmente, posteriormente à conclusão da etapa 3 do processo de avaliação e definição das prioridades para implantação das alternativas da Rede Metroviária Proposta para o PDM, é realizada a aplicação da metodologia denominada AHP (Analytic Hierarchy Process). A metodologia detalhada e critérios utilizados desta metodologia se detalham no Capítulo 15 deste Relatório.

Na figura a seguir é apresentada a proposta de expansão da rede metroviária para cada horizonte segundo a metodologia descrita neste capítulo.

Figura 28- Evolução temporal da Rede proposta



Fonte: Consórcio, 2016.

5. APURAÇÃO DE CUSTOS

5.1 DIMENSIONAMENTO DO MATERIAL RODANTE

No caso particular da frota, é necessário dimensioná-la com base na demanda crítica avaliada a partir dos resultados da modelagem, considerando-se ainda o padrão de oferta e conforto que se deseje adotar. Assim, os objetivos definidos para este estudo são:

Estimar o custo de aquisição do material rodante (CAPEX);

Realizar um dimensionamento operacional inicial para apreender o requerimento de oferta de cada linha, definindo seu intervalo de serviço na hora pico;

Contribuir para estimar o custo operacional de cada linha ou serviço implantado.

Neste contexto, descreve-se a seguir o processo de dimensionamento executado e os resultados obtidos para dimensionamento do material rodante.

5.1.1 Processo de Dimensionamento

Para o dimensionamento do material rodante é importante conhecer o tempo de ciclo de cada linha, que é função da extensão dos trechos percorridos, da velocidade operacional, e dos tempos de parada nos terminais, como apresentado na tabela a seguir.

O cálculo de velocidade operacional foi baseado nas informações de espaçamento entre as estações, aceleração e desaceleração do veículo, tempos de embarque e desembarque nas estações, além dos tempos de abertura e fechamento das portas, como apresentado no [Apêndice C](#) - Cálculo de Velocidade Operacional e Dimensionamento do Material Rodante, onde se explicita a metodologia e a planilha de cálculo utilizada pormenorizadamente. Cabe esclarecer que os arquivos digitais do formato xlsx também se encontram no ANEXO DIGITAL C - Calculo de velocidades operacionais que acompanha este relatório. O [Apêndice C](#) também é utilizado como insumo nos cálculos apresentados no [Apêndice D](#).

A tabela a seguir informa os resultados obtidos para velocidades e tempos de ciclo de cada linha proposta:

Tabela 18: Resultados obtidos para velocidades e tempos de ciclo de cada linha proposta

RESULTADOS OBTIDOS PARA VELOCIDADES E TEMPOS DE CICLO DE CADA LINHA PROPOSTA							
LINHA	TRAJETO/SERVIÇO	EXTENSÃO (KM)	VELOCIDADE MÉDIA (KM/H)	TEMPO TERMINAL A (MINUTOS)	TEMPO TERMINAL B (MINUTOS)	TEMPO DE CICLO (MINUTOS)	OBS
1	URUGUAI - GENERAL OSÓRIO	21.863	39	3	5	76,0	
2	PAVUNA - ARARIBOIA	34.230	43	3	5	103,6	Linha 2 até Niterói
2	PAVUNA - PRAÇA QUINZE	28.549	43	3	5	88,5	Versão sem chegar a Niterói
2	PAVUNA - ESTÁCIO	24.270	43	3	3	73,0	Versão original (1988)
3	ARARIBOIA - ALCÂNTARA	16.396	42	5	5	56,3	
4	JARDIM OCEÂNICO - GENERAL OSÓRIO	11.728	48	5	5	39,5	Versão inaugurada em 2016
4	JARDIM OCEÂNICO - GÁVEA	8.852	53	5	5	30,4	Serviço direto Gávea desde Jardim Oceânico
4	GÁVEA - GENERAL OSÓRIO	4.493	39	5	5	23,8	Serviço Gávea - zona sul
4	GENERAL OSÓRIO - ALVORADA	17.876	45	5	5	57,7	Prolongamento Linha 4 até Alvorada
4	GENERAL OSÓRIO - RECREIO	30.792	43	5	5	95,0	Prolongamento Linha 4 até Recreio
4	JARDIM OCEÂNICO - CARIOCA	19.499	46	5	3	59,3	
4	ALVORADA - CARIOCA	25.647	44	5	3	77,7	
4	RECREIO - CARIOCA	38.563	43	5	3	114,7	
	GÁVEA - CARIOCA	10.647	41	3	5	38,8	
	ALVORADA -COCOTÁ	35.007	44	5	5	104,7	
	DEODORO - PRESIDENTE VARGAS	28.114	44	5	3	85,2	
	GÁVEA - DEL CASTILHO	14.767	45	3	3	45,3	Usando o trecho Gávea – Uruguai
	URUGUAI - DEL CASTILHO	9.129	41	5	3	34,8	Serviço até Uruguai
	ARARIBOIA - MARAVISTA	12.448	43	3	5	42,7	
	GÁVEA - AVENIDA BRASIL	13.755	51	3	3	38,4	Usando o trecho Gávea – Uruguai
	URUGUAI - AVENIDA BRASIL	8.117	49	3	3	25,8	Serviço até Uruguai

Fonte: Consórcio, 2016

Para o dimensionamento das partidas requeridas por hora, foram empregados os valores de carregamento máximo de cada linha, respeitando-se um conjunto de parâmetros de serviço pré-estabelecidos, como apresentado na tabela a seguir.

Tabela 19: Parâmetros para dimensionamento do material rodante

Parâmetros usados para dimensionamento	
Fator de ocupação de dimensionamento (demanda / oferta)	0,85
Frequência mínima de serviço	7,5
Capacidade de cada carro (com 6 passageiros/m2)	250
Frota Reserva	5%

Fonte: Consórcio, 2015

5.1.2 Resultados

As tabelas a seguir apresentam os resultados do dimensionamento do material rodante para cada fase de expansão da rede metroviária, ou seja, cada horizonte de análise. É importante salientar que os resultados são exibidos de maneira gradual, partindo-se do cenário referência e, em seguida, dos marcos temporais das ampliações da rede. Adotou-se essa forma de apresentação visando transparecer o processo e evidenciar os incrementos de frota em cada ampliação da rede. Cabem também alguns esclarecimentos:

- Para a existente Linha 1, os volumes de demanda, a capacidade ofertada e o material rodante foram representados em função do intervalo mínimo de atendimento. A infraestrutura foi dimensionada para trens com seis carros cada.
- As linhas 2 e 4, por terem ampliações sucessivas, poderão ter aumentos de frota a cada ampliação.

Para os trechos Gávea – Del Castilho e Uruguai – Av. Brasil foi proposta uma sobreposição de trechos, o que na prática implica em compartilhamento das vias férreas no subtrecho Gávea-Uruguai, sempre com a frequência necessária para cada serviço. Trata-se de uma operação em “Y”, semelhante à que hoje existe nas linhas 1 e 2 no subtrecho Central-Botafogo.

Tabela 19: Dimensionamento de frota para o Cenário de Referência (baseado na rede atual)

CENÁRIO REFERENCIAL BASEADO NA REDE ATUAL (LINHA 4 INAUGURADA PARCIALMENTE EM AGOSTO DE 2016)												
Linha	Itinerário	Estações	Extensão (Km)	Velocidade Média	Tempo de ciclo	Headway	Volume Crítico	Carros	Frequência	Freq. máxima	Frota Operacional	Frota Total (+5% Reserva)
Linha 1	Uruguai - General Osório	20	21,9	39	76	2,00	54.983	6	36	30	38	40
Linha 2	Pavuna - Estácio - Carioca - Praça XV	20	28,5	43	89	2,40	47.881	8	24	30	36	38
Linha 4	Jardim Oceânico – Gávea	3	9,0	46	35	5,00	18.253	6	12	30	7	8
Linha 4	Gávea - General Osório*	4	4,5	39	24	5,45	16.158	6	11	30	5	6

*Dimensionado por intervalo mínimo de serviço

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 20: Dimensionamento de frota para o Cenário 2025

CENÁRIO 2025												
Linha	Itinerário	Estações	Extensão (Km)	Velocidade Média	Tempo de ciclo	Headway	Volume Crítico	Carros	Frequência	Freq. máxima	Frota Operacional	Frota Total (+5% Reserva)
Linha 1	Uruguai - General Osório	20	21,9	39	76	2,00	52.719	6	35	30	38	40
Linha 2	Pavuna - Arariboia	23	34,2	43	104	2,61	46.548	8	23	30	40	42
	Arariboia - Alcântara	12	16,4	42	56	5,00	17.048	6	12	30	12	13
Linha 4	Jardim Oceânico – Gávea	3	9,0	46	35	6,67	12.659	6	9	30	7	8
Linha 4	Gávea - General Osório*	4	4,5	39	24	7,50	11.495	6	8	30	4	5
	Presidente Vargas - Deodoro	18	28,1	44	85	3,16	37.549	8	19	30	27	29

*Dimensionado por intervalo mínimo de serviço

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 21: Dimensionamento de frota para o Cenário 2035

CENÁRIO 2035												
Linha	Itinerário	Estações	Extensão (Km)	Velocidade Média	Tempo de ciclo	Headway	Volume Crítico	Carros	Frequência	Freq. máxima	Frota Operacional	Frota Total (+5% Reserva)
Linha 1	Uruguai - General Osório	20	21,9	39	76	2,00	57.560	6	38,0	30	38	40
Linha 2	Pavuna - Arariboia	23	34,2	43	104	2,22	54.614	8	27,0	30	47	50
	Arariboia - Alcântara	12	16,4	42	56	4,29	20.727	6	14,0	30	14	15
Linha 4	Alvorada – Gávea – Carioca	16	25,6	44	78	5,45	15.535	6	11,0	30	15	16
Linha 4	Gávea - General Osório*	4	4,5	39	24	7,50	11.682	6	8,0	30	4	5
	Alvorada – Cocotá	21	35,0	44	105	6,00	14.985	6	10,0	30	18	19
	Presidente Vargas - Deodoro	18	28,1	44	85	2,61	46.597	8	23,0	30	33	35
	Gávea - Del Castilho	9	14,8	45	45	4,62	18.927	6	13,0	30	10	11

*Dimensionado por intervalo mínimo de serviço

Fonte: Consórcio, 2015

Tabela 22: Dimensionamento de frota para o Cenário 2045

CENÁRIO 2045												
Linha	Itinerário	Estações	Extensão (Km)	Velocidade Média	Tempo de ciclo	Headway	Volume Crítico	Carros	Frequência	Freq. máxima	Frota Operacional	Frota Total (+5% Reserva)
Linha 1	Uruguai - General Osório	20	21,9	39	76	2,00	59.395	6	39,0	30	38	40
Linha 2	Pavuna – Arariboia	23	34,2	43	104	2,00	60.360	8	30,0	30	52	55
	Arariboia – Alcântara	12	16,4	42	56	3,75	23.470	6	16,0	30	16	17
Linha 4	Recreio – Gávea – Carioca	25	38,6	43	115	4,29	20.401	6	14,0	30	27	29
Linha 4	Gávea - General Osorio*	4	4,5	39	24	6,00	14.339	6	10,0	30	4	5
	Alvorada - Cocotá	21	35,0	44	105	5,45	15.562	6	11,0	30	20	21
	Presidente Vargas - Deodoro	18	28,1	44	85	2,40	50.176	8	25,0	30	36	38
	Gávea - Del Castilho	9	14,8	45	45	5,00	17.011	6	12,0	30	10	11
	Arariboia - Maravista	9	12,4	43	43	8,00	3.081	6	7,5	30	6	7
	Gávea - Av. Brasil	5	13,8	51	38	7,50	11.555	6	8,0	30	6	7

*Dimensionado por intervalo mínimo de serviço

Fonte: Consórcio, 2015

5.2 APURAÇÃO DE CUSTOS DE INFRAESTRUTURA E SISTEMAS (CAPEX)

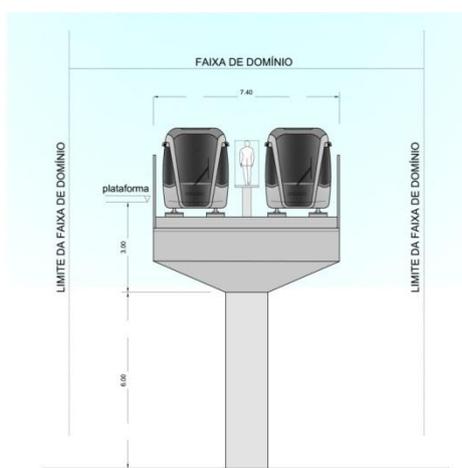
Considerações a Título de Introdução

O objetivo desta atividade é a quantificação dos volumes de investimentos previstos para implantação de cada alternativa de rede. Foram considerados os custos de obras civis e sistemas. Nesta fase não foram considerados os custos de material rodante, uma vez que o dimensionamento da frota foi realizado no item anterior. A memória de cálculo se encontra no Anexo Digital e a data base dos valores adotados é abril de 2016.

Metodologia

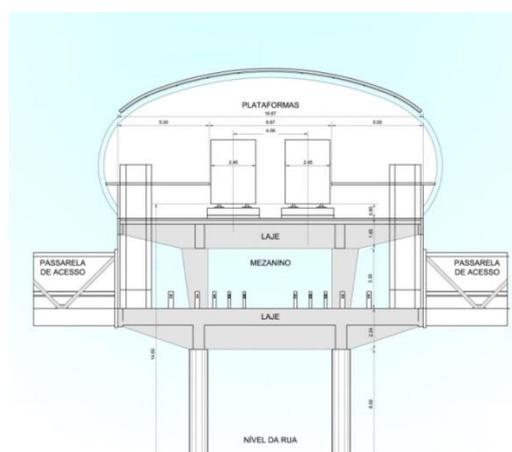
A abrangência deste estudo está limitada às obras civis de implantação das Estações e dos Trechos de interligação entre elas, nas diversas tipologias de construção indicadas. O custo total de cada estação e trecho foram obtidos a partir da montagem de planilhas orçamentárias que descrevem resumidamente os principais serviços que compõem cada uma das tipologias adotadas. As figuras a seguir ilustram uma das tipologias de construção consideradas, seja para estações, seja para via (trecho entre estações).

Figura 29: Exemplo de tipologia - Via Elevada



Fonte: Elaboração Consórcio, 2017

Figura 30: Exemplo de tipologia - Estação Elevada



Fonte: Elaboração Consórcio, 2017

RESUMO DOS CUSTOS ESTIMADOS

Apresenta-se neste capítulo o resumo da Apuração de Custos de Infraestrutura e Sistemas – CAPEX para as linhas propostas no PDM.

Tabela 23: Resumo dos custos de implantação e material rodante das linhas componentes da Rede Objetivo

CAPEX REDE OBJETIVO	TIPO	QUANTIDADE	CUSTO ESTIMADO		
			IMPLANTAÇÃO	TOTAL	
Estácio - Praça XV	Estações Novas (un)	4	R\$	1.558.871.983,92	
	Estações Reforma (un)	1	R\$	155.887.198,39	
	Poço Ventilação / Saída de Emergência(un)	4	R\$	139.644.437,72	
	Trecho (m)	3.457,00	R\$	1.162.042.163,93	R\$ 4.288.323.802,63
	Sistemas auxiliares e utilidades dos Trechos	15%	R\$	174.306.324,59	
	Material Rodante (nº carros)	72	R\$	616.617.803,52	
	Pátio Maria da Gracia (1a etapa)		R\$	480.953.890,56	
Praça XV - Araribóia	Estações Novas (un)	3	R\$	1.169.153.987,94	
	Estações Reforma (un)	1	R\$	155.887.198,39	
	Poço Ventilação / Saída de Emergência(un)	12	R\$	418.933.313,16	
	Trecho (m)	4.605,00	R\$	1.428.425.207,94	R\$ 3.934.768.202,86
	Sistemas auxiliares e utilidades dos Trechos	15%	R\$	214.263.781,19	
	Material Rodante (nº carros)	64	R\$	548.104.714,24	
	Pátio Maria da Gracia (Ampliação)		R\$	454.384.624,50	
Araribóia - Alcântara	Estações Novas (un)	12	R\$	1.789.800.914,97	
	Poço Ventilação / Saída de Emergência(un)	2	R\$	69.822.218,86	
	Trecho (m)	14.776,00	R\$	2.887.750.096,64	R\$ 6.516.068.454,44
	Sistemas auxiliares e utilidades dos Trechos	15%	R\$	433.162.514,50	
	Material Rodante (nº carros)	102	R\$	873.541.888,32	
	Pátio Guaxindiba e Pátio de Neves (1a etapa)		R\$	461.990.821,16	
Deodoro - Presidente Vargas	Estações Novas (un)	18	R\$	5.503.299.864,98	
	Poço Ventilação / Saída de Emergência(un)	37	R\$	1.291.711.048,91	
	Trecho (m)	25.684,00	R\$	8.895.502.229,00	R\$ 20.017.716.066,77
	Sistemas auxiliares e utilidades dos Trechos	15%	R\$	1.334.325.334,35	
	Material Rodante (nº carros)	304	R\$	2.603.497.392,64	

CAPEX REDE OBJETIVO	TIPO	QUANTIDADE	CUSTO ESTIMADO		
			IMPLANTAÇÃO	TOTAL	
	Pátio Deodoro		R\$	389.380.196,89	
Alvorada - Cocotá	Estações Novas (un)	20	R\$	2.690.376.982,67	R\$ 8.847.173.981,55
	Poço Ventilação / Saída de Emergência(un)	3	R\$	104.733.328,29	
	Trecho (m)	32.169,00	R\$	4.086.327.984,48	
	Sistemas auxiliares e utilidades dos Trechos	15%	R\$	612.949.197,67	
	Material Rodante (nº carros)	126	R\$	1.079.081.156,16	
	Pátio da Barra (Ampliação)		R\$	273.705.332,28	
Jardim Oceânico - Alvorada	Estações Novas (un)	5	R\$	1.612.202.990,80	R\$ 4.402.784.313,71
	Estações Reforma (un)	1	R\$	128.976.239,26	
	Poço Ventilação / Saída de Emergência(un)	7	R\$	244.377.766,01	
	Trecho (m)	5.473,00	R\$	1.901.915.334,02	
	Sistemas auxiliares e utilidades dos Trechos	15%	R\$	285.287.300,10	
	Material Rodante (nº carros)	18	R\$	154.154.450,88	
	Pátio da Barra (1a Etapa)		R\$	75.870.232,64	
Uruguai - Del Castilho	Estações Novas (un)	7	R\$	1.956.453.285,22	R\$ 6.224.573.582,08
	Estações Reforma (un)	1	R\$	128.976.239,26	
	Poço Ventilação / Saída de Emergência(un)	9	R\$	314.199.984,87	
	Trecho (m)	7.908,00	R\$	2.748.099.115,92	
	Sistemas auxiliares e utilidades dos Trechos	15%	R\$	412.214.867,39	
	Material Rodante (nº carros)	66	R\$	565.232.986,56	
	Pátio da Barra (Ampliação)		R\$	99.397.102,87	
Gávea - Uruguai	Estações Novas (un)	1	R\$	322.440.598,16	R\$ 3.204.365.807,59
	Estações Reforma (un)	1	R\$	128.976.239,26	
	Trecho (m)	5.503,00	R\$	2.393.868.669,71	
	Sistemas auxiliares e utilidades dos Trechos	15%	R\$	359.080.300,46	
	Material Rodante (nº carros)	0	R\$	-	
	Pátio Central		R\$	-	
Uruguai - Av. Brasil	Estações Novas (un)	3	R\$	967.321.794,48	R\$ 4.901.760.941,89
	Estações Reforma (un)	1	R\$	128.976.239,26	
	Poço Ventilação / Saída de Emergência(un)	12	R\$	418.933.313,16	

CAPEX REDE OBJETIVO	TIPO	QUANTIDADE	CUSTO ESTIMADO		
			IMPLANTAÇÃO	TOTAL	
	Trecho (m)	7.574,00	R\$	2.632.031.196,76	
	Sistemas auxiliares e utilidades dos Trechos	15%	R\$	394.804.679,51	
	Material Rodante (nº carros)	42	R\$	359.693.718,72	
	Pátio Central		R\$	-	
	Estações Novas (un)	8	R\$	1.680.671.183,31	
	Estações Reforma (un)	1	R\$	128.976.239,26	
	Poço Ventilação / Saída de Emergência(un)	13	R\$	453.844.422,59	
Gávea - Carioca	Trecho (m)	9.429,00	R\$	3.069.917.684,18	R\$ 6.384.371.279,66
	Sistemas auxiliares e utilidades dos Trechos	15%	R\$	460.487.652,63	
	Material Rodante (nº carros)	24	R\$	205.539.267,84	
	Pátio da Barra (Ampliação)		R\$	384.934.829,86	
	Estações Novas (un)	9	R\$	2.901.965.383,44	
	Estações Reforma (un)	1	R\$	128.976.239,26	
	Poço Ventilação / Saída de Emergência(un)	15	R\$	523.666.641,45	
Alvorada - Recreio	Trecho (m)	11.701,00	R\$	4.066.199.766,74	R\$ 9.042.915.244,68
	Sistemas auxiliares e utilidades dos Trechos	15%	R\$	609.929.965,01	
	Material Rodante (nº carros)	78	R\$	668.002.620,48	
	Pátio da Barra (Ampliação)		R\$	144.174.628,30	
	Estações Novas (un)	9	R\$	2.407.870.122,64	
	Poço Ventilação / Saída de Emergência(un)	14	R\$	488.755.532,02	
Araribóia - Maravista	Trecho (m)	11.188,00	R\$	3.887.927.783,12	R\$ 7.872.501.533,71
	Sistemas auxiliares e utilidades dos Trechos	15%	R\$	583.189.167,47	
	Material Rodante (nº carros)	42	R\$	359.693.718,72	
	Pátio de Neves (Ampliação)		R\$	145.065.209,74	
Ampliação da Frota	Material Rodante (nº carros)	250	R\$	2.141.034.040,00	R\$ 2.141.034.040,00
Total Geral					R\$ 87.778.357.251,58

Fonte: Consórcio, 2016.

5.3 APURAÇÃO DE CUSTOS DE OPERAÇÃO DO SISTEMA (OPEX)

5.3.1 Estimativa de Custos e Despesas

Visando estimar os custos operacionais de cada linha proposta no âmbito do Plano Diretor Metroviário da RMRJ, este item apresenta sinteticamente a metodologia utilizada para estimativa de despesas e custos operacionais projetados para o horizonte de análise. Este tema é detalhado no [Apêndice D](#) - Detalhamento da Estimativa de Custos e Despesas Operacionais (Opex). Para esta avaliação dos custos operacionais, o plano de expansão da rede de transportes metroviário da Região Metropolitana do Rio de Janeiro proposto no âmbito do Plano Diretor Metroviário foi subdividido em quatro horizontes de análise: 2020, 2025, 2035 e, por fim, 2045, no qual a rede de transportes sobre trilhos chegará a um total de dez linhas, como descritas na tabela apresentada a seguir.

Tabela 24: Composição do sistema metroviária em cada ano horizonte como proposto no PDM.

	Linha	Itinerário
Atual	Linha 1	Uruguai - General Osório
	Linha 2	Pavuna - Estácio - Carioca - Praça XV
	Linha 4	Jardim Oceânico - General Osório – Gávea
2025	Linha 1	Uruguai - General Osório
	Linha 2	Pavuna – Arariboia
		Arariboia - Alcântara
	Linha 4	Jardim Oceânico - General Osório – Gávea
		Presidente Vargas - Deodoro
2035	Linha 1	Uruguai - General Osório
	Linha 2	Pavuna - Arariboia
		Arariboia - Alcântara
	Linha 4	Alvorada- Gávea - Carioca
		Alvorada - Cocotá
		Deodoro - Presidente Vargas
		Gávea – Uruguai – Del Castilho
2045	Linha 1	Uruguai - General Osório
	Linha 2	Pavuna - Arariboia
		Arariboia - Alcântara
	Linha 4	Recreio – General Osório – Gávea - Carioca
		Alvorada - Cocotá
		Deodoro Presidente Vargas
		Gávea - Uruguai - Del Castilho
		Arariboia - Maravista
		Gávea - Uruguai - Av. Brasil

Fonte: Consórcio, 2016.

O dimensionamento financeiro da operação foi realizado a partir de informações de engenharia, demanda e investimentos dos projetos das linhas, como descritos no apêndice. Tais informações foram cruciais para o dimensionamento da operação de cada linha visando atender a demanda modelada. Ressalta-se que, para cada uma das linhas, a estimativa de custos operacionais foi estabelecida para a situação de partida de cada período avaliado, contemplando tanto sua demanda quanto o dimensionamento de oferta correspondente.

Em outras palavras, estimou-se os custos operacionais para os anos horizontes de projeto (2020, 2025, 2035 e 2045), evitando-se os anos intermediários. Conforme ocorram incrementos de demanda e de oferta entre os anos horizontes, estimou-se acréscimos em diversas funções operacionais.

Deve-se também frisar que os estudos de custeio operacional são definidos de acordo com um determinado padrão de serviço, considerando elementos como limpeza, prestação de informação aos usuários, segurança nos trens e estações. Indicadores de qualidade operacional do sistema também afetam o dimensionamento da operação por meio de elementos como confiabilidade, velocidade, entre outros atributos, o que possui implicação direta sobre o dimensionamento do pessoal operativo e sobre os demais custos operativos além dos custos de manutenção.

5.3.2 Síntese dos Custos Operacionais

Diante ao apresentado no [Apêndice D](#) - Detalhamento da Estimativa de Custos e Despesas Operacionais (Opex) estimou-se então o custo operacional anual total para cada linha que constitui o Plano Diretor Metroviário da RMRJ. O custo operacional anual total é resultante da soma dos seguintes custos:

- Custos de operação do sistema:
 - Pessoal;
 - Energia;
 - Materiais;
 - Limpeza de estações;
 - Segurança de pátio e sede;
 - Vandalismo em estações;
- Custos com manutenção:

- Via permanente;
- Material rodante;
- Sistemas;
- Obras civis;
- Custos administrativos gerais;
- Custos de manutenção e operação de pátios.

A tabela a seguir sintetiza os principais custos operacionais de cada uma das linhas dimensionadas para a rede futura do sistema de transportes sobre trilhos da Região Metropolitana do Rio de Janeiro segundo as definições e premissas apresentadas no apêndice.

Os custos anuais superam a marca de R\$ 300 milhões para as linhas de grande extensão e com headway reduzido, o que implica em um elevado volume de material rodante e consequente aumento de custo com pessoal e energia, como é o caso da Linha 2.

Em uma avaliação complementar, dividindo-se o custo total de cada linha pela quilometragem total percorrida, verificou-se o custo por médio de R\$ 39,56 /km para o sistema. Expurgando-se os impostos deste valor para a avaliação de viabilidade econômica, obteve-se o custo operacional econômico de R\$ 31,25 /km para o sistema.

Tabela 25: Custos Operacionais estimados para o Ano Horizonte 2020.

Custos Operacionais (R\$)	Cenário Base			
	Linha 1	Linha 2	Linha 4	Linha 4*
	Uruguai - General Osório	Pavuna - Estácio - Carioca - Praça XV	Jardim Oceânico - Gávea	Gávea - General Osório
Operação	13.348.129	15.403.094	3.393.899	1.404.720
Pessoal	4.971.524	4.942.254	1.569.472	803.018
Energia	6.970.003	9.057.164	1.198.608	389.775
Materiais	497.152	494.225	156.947	80.302
Limpeza Estações	546.000	546.000	154.375	117.000
Segurança Pátio e Sede	295.200	295.200	295.200	0
Vandalismo Estações	68.250	68.250	19.297	14.625
Manutenção	5.377.219	6.549.419	1.974.273	617.370
Via Permanente	230.110	283.381	101.601	31.089
Material Rodante	3.279.463	4.092.288	914.647	243.504

Custos Operacionais (R\$)	Cenário Base			
	Linha 1	Linha 2	Linha 4	Linha 4*
	Uruguai - General Osório	Pavuna - Estácio - Carioca - Praça XV	Jardim Oceânico - Gávea	Gávea - General Osório
Sistemas	863.282	966.398	613.364	121.146
Obras Cíveis	1.004.365	1.207.351	344.661	221.631
Custos Administrativos	1.467.376	1.467.376	1.467.376	1.467.376
Custos de manutenção e operação de Pátio	108.139	138.560	60.486	26.883
TOTAL MENSAL	R\$ 20.300.863,98	R\$ 23.558.449,15	R\$ 6.896.034,19	R\$ 3.516.349,28
TOTAL ANUAL	R\$ 243.610.367,77	R\$ 282.701.389,83	R\$ 82.752.410,24	R\$ 42.196.191,40

Tabela 26: Custos Operacionais estimados para o Ano Horizonte 2025.

Custos Operacionais (R\$)	Cenário 2025					
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 4*	Linha 7
	Uruguai - General Osório	Pavuna - Arariboia	Arariboia - Alcântara	Jardim Oceânico - Gávea	Gávea - General Osório	Pdt Vargas - Deodoro
Operação	13.348.129	18.714.268	5.429.563	3.393.899	1.404.720	13.306.837
Pessoal	4.971.524	5.665.935	2.838.535	1.569.472	803.018	4.452.460
Energia	6.970.003	11.500.993	1.587.850	1.198.608	389.775	7.547.212
Material	497.152	566.593	283.853	156.947	80.302	445.246
Limpeza Estações	546.000	609.375	377.000	154.375	117.000	503.750
Segurança Pátio e Sede	295.200	295.200	295.200	295.200	0	295.200
Vandalismo Estações	68.250	76.172	47.125	19.297	14.625	62.969
Manutenção	5.377.219	8.087.444	2.560.153	1.974.273	617.370	5.783.853
Via Permanente	230.110	358.064	152.473	101.601	31.089	253.036
Material Rodante	3.279.463	5.124.568	1.011.962	914.647	243.504	3.522.645
Sistemas	863.282	1.101.649	727.513	613.364	121.146	922.048
Obras Cíveis	1.004.365	1.503.164	668.206	344.661	221.631	1.086.124
Custos Administrativos	1.467.376	1.467.376	1.467.376	1.467.376	1.467.376	1.467.376
Custos de manutenção e operação de Pátio	105.081	149.617	152.190	60.486	26.883	118.913
TOTAL MENSAL	R\$ 20.297.805,96	R\$ 28.418.705,18	R\$ 9.609.282,03	R\$ 6.896.034,19	R\$ 3.516.349,28	R\$ 20.676.979,22
TOTAL ANUAL	R\$ 243.573.671,48	R\$ 341.024.462,12	R\$ 115.311.384,39	R\$ 82.752.410,24	R\$ 42.196.191,40	R\$ 248.123.750,62

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 27: Custos Operacionais estimados para o Ano Horizonte 2035.

Custos Operacionais (R\$)	Cenário 2035							
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 4*	Linha 6	Linha 7	Linha 8
	Uruguai - General Osório	Pavuna - Arariboia	Arariboia - Alcântara	Alvorada - Gávea - Carioca	Gávea - General Osorio	Alvorada - Cocotá	Pdt Vargas - Deodoro	Gávea - Uruguai - Del Castilho
Operação	13.348.129	20.679.968	6.131.677	7.272.450	1.466.730	8.890.417	13.306.837	4.956.078
Pessoal	4.971.524	5.835.732	2.996.865	3.509.159	832.289	4.224.644	4.452.460	2.356.941
Energia	6.970.003	13.279.917	2.115.800	2.597.987	419.588	3.310.092	7.547.212	1.751.978
Materiais	497.152	583.573	299.686	350.916	83.229	422.464	445.246	235.694
Limpeza Estações	546.000	609.375	377.000	461.500	117.000	567.125	503.750	281.125
Segurança Pátio e Sede	295.200	295.200	295.200	295.200	0	295.200	295.200	295.200
Vandalismo Estações	68.250	76.172	47.125	57.688	14.625	70.891	62.969	35.141
Manutenção	5.377.219	8.666.295	2.840.179	3.604.931	693.496	4.431.614	5.783.853	2.546.762
Via Permanente	230.110	358.064	152.473	239.284	31.089	318.256	253.036	144.283
Material Rodante	3.279.463	5.703.419	1.291.988	1.467.154	319.629	1.746.224	3.522.645	1.120.267
Sistemas	863.282	1.101.649	727.513	887.913	121.146	1.029.131	922.048	706.678
Obras Cívicas	1.004.365	1.503.164	668.206	1.010.580	221.631	1.338.003	1.086.124	575.534
Custos Administrativos	1.467.376	1.467.376	1.467.376	1.467.376	1.467.376	1.467.376	1.467.376	1.467.376
Custos de manutenção e operação de Pátio	103.778	165.566	224.337	51.944	17.315	62.332	131.591	28.539
TOTAL MENSAL	R\$ 20.296.502,58	R\$ 30.979.205,65	R\$ 10.663.569,56	R\$ 12.396.700,62	R\$ 3.644.917,05	R\$ 14.851.739,66	R\$ 20.689.656,94	R\$ 8.998.754,76
TOTAL ANUAL	R\$ 243.558.030,93	R\$ 371.750.467,74	R\$ 127.962.834,67	R\$ 148.760.407,47	R\$ 43.739.004,56	R\$ 178.220.875,92	R\$ 248.275.883,23	R\$ 107.985.057,13

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 28: Custos Operacionais estimados para o Ano Horizonte 2045.

Custos Operacionais (R\$)	Cenário 2045										
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 4*	Linha 6	Linha 7	Linha 8	Linha 9	Linha 12	Linha 12*
	Uruguai - General Osório	Pavuna - Arariboia	Arariboia - Alcântara	Recreio - Gávea - Carioca	Gávea - General Osorio	Alvorada - Cocotá	Deodoro Pres Vargas	Gávea - Uruguai - Del Castilho	Arariboia - Maravista	Gávea - Uruguai - Av. Brasil	Gávea - Uruguai (excludente-L12&L8)
Operação	13.348.129	21.622.436	6.529.203	11.576.461	1.573.605	9.115.478	13.787.452	4.721.879	3.863.638	2.859.269	483.364
Pessoal	4.971.524	6.064.070	3.037.602	5.048.729	832.289	4.276.784	4.540.848	2.316.268	2.157.873	1.638.601	369.620
Energia	6.970.003	13.971.213	2.468.516	4.994.581	526.463	3.477.800	7.930.601	1.562.519	878.512	540.404	0
Materiais	497.152	606.407	303.760	504.873	83.229	427.678	454.085	231.627	215.787	163.860	36.962
Limpeza Estações	546.000	609.375	377.000	651.625	117.000	567.125	503.750	281.125	281.125	196.625	68.250
Segurança Pátio e Sede	295.200	295.200	295.200	295.200	0	295.200	295.200	295.200	295.200	295.200	0
Vandalismo Estações	68.250	76.172	47.125	81.453	14.625	70.891	62.969	35.141	35.141	24.578	8.531
Manutenção	5.377.219	9.106.208	2.966.278	5.464.102	694.761	4.519.672	5.965.074	2.453.193	1.999.569	1.642.405	414.386
Via Permanente	230.110	358.064	152.473	344.605	31.089	318.256	253.036	144.283	126.594	96.105	79.329
Material Rodante	3.279.463	6.143.331	1.418.087	2.514.806	320.895	1.834.282	3.703.866	1.026.699	695.564	610.914	0
Sistemas	863.282	1.101.649	727.513	1.095.878	121.146	1.029.131	922.048	706.678	672.360	603.804	119.186
Obras Civas	1.004.365	1.503.164	668.206	1.508.812	221.631	1.338.003	1.086.124	575.534	505.051	331.582	215.871
Custos Administrativos	1.467.376	1.467.376	1.467.376	1.467.376	1.467.376	1.467.376	1.467.376	1.467.376	1.467.376	1.467.376	1.467.376
Custos de manutenção e operação de Pátio	97.711	165.569	126.299	78.327	13.987	53.151	120.513	24.428	38.964	12.214	0
TOTAL MENSAL	R\$ 20.290.435,69	R\$ 32.361.590,05	R\$ 11.089.156,84	R\$ 18.586.266,65	R\$ 3.749.729,76	R\$ 15.155.677,58	R\$ 21.340.414,50	R\$ 8.666.876,06	R\$ 7.369.547,05	R\$ 5.981.263,93	R\$ 2.365.126,30
TOTAL ANUAL	R\$ 243.485.228,31	R\$ 388.339.080,63	R\$ 133.069.882,12	R\$ 223.035.199,79	R\$ 44.996.757,16	R\$ 181.868.130,96	R\$ 256.084.973,99	R\$ 104.002.512,77	R\$ 88.434.564,58	R\$ 71.775.167,16	R\$ 28.381.515,61

Fonte: Consórcio, 2016.

6. PRIORIZAÇÃO DAS LINHAS

6.1 CARACTERÍSTICAS DA METODOLOGIA ADOTADA – AHP

Nesse momento, vê-se necessário definir um plano detalhado de implantação dos trechos que constituem cada rede objetivo. Assim, faz-se necessário comparar o desempenho destes trechos individualmente em cada ano horizonte para a sua priorização. Para isso, foi utilizada a metodologia AHP – Análise Hierárquica de Projetos – ferramenta para organizar e estudar análises de decisões complexas.

Antes de detalhar a AHP, é importante ressaltar que não se trata de uma técnica que busca a solução ótima para determinado problema, mas sim, de uma ferramenta de apoio à tomada de decisão que, utilizando modelos quantitativos e um método estruturado, auxilia os atores no processo decisório. Dentro da metodologia da AHP, a tomada de decisões pode ser estruturada em quatro passos:

- 1) Definir o problema;
- 2) Estruturar a decisão de forma hierárquica, partindo do objetivo principal até os níveis mais baixos;
- 3) Desenvolver comparações hierárquicas para critérios do mesmo nível hierárquico e, a partir delas, definir o peso de cada critério;
- 4) Avaliar cada solução dentro dos critérios, calculando-se a prioridade total de cada alternativa.

Para a consecução dessa atividade, é necessário definir critérios e subcritérios de análise, que receberam pesos e foram ponderados pelos especialistas. No PDM, esta metodologia foi aplicada de forma participativa, com a inclusão ativa dos stakeholders através do comitê técnico.

Posteriormente, os trechos da Rede Objetivo foram comparados entre si com base nos indicadores definidos nesta etapa do trabalho. Os indicadores são de dois tipos: os quantitativos, extraídos diretamente das simulações realizadas no software TRANUS, e os qualitativos, com graus atribuídos pelos especialistas. Por fim, o resultado da AHP constitui um ranking de prioridade de implantação das linhas da Rede Objetivo.

6.2 ÁRVORE DE DECISÃO PARA O MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA

6.2.1 Solução Adotada no PDTU

Considerando que o PDM é um plano estratégico que detalha o planejamento evolutivo de um dos modos de transporte urbano da RMRJ, decidiu-se que o ponto de partida para a definição dos critérios para desenvolvimento da metodologia AHP do PDM seria a análise dos critérios utilizados no desenvolvimento do PDTU - Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Isso se deve ao fato de que o PDTU é o atual instrumento geral de planejamento de mobilidade na região e deve balizar instrumentos auxiliares que o complementem, como é o caso do PDM. O PDTU definiu cinco grandes critérios:

- Custo financeiro;
- Evitar sobreposição excessiva de oferta;
- Potencial de demanda;
- Consolidação de rede radial-transversal;
- Impactos sociais, ambientais e econômicos.

Cada um desses critérios recebeu um peso decorrente de consulta a especialista e que podem basear a aplicação do Método de Análise Hierárquico. Além disso, foram listados os aspectos pertinentes a cada um dos critérios, mas sem que houvesse subdivisão, com peso específico de subcritérios. Segue na tabela a seguir o conjunto de informações relativas aos critérios utilizados no PDTU.

Tabela 29: Critérios utilizados no PDTU

CRITÉRIOS UTILIZADOS NO PDTU		
CRITÉRIOS	ASPECTOS RELEVANTES	PESO
Custo financeiro	- Custo de implementação da infraestrutura e material rodante; - Custo de operação; - Custo da infraestrutura não computada (vias para transporte rodoviário); - Levantar em consideração a vida útil dos investimentos	7,58 %
Evitar sobreposição excessiva de oferta	- Considerar os corredores de transportes existentes e em processo de construção.	16,66%
Potencial de demanda	- Uso do solo das áreas servidas pelas estações (residências e atividades); - Capacidade estática dos veículos e dinâmica do corredor; - Atratividade do serviço frente à população servida (tarifa, tempo de viagem, tempos	26,96 %

CRITÉRIOS UTILIZADOS NO PDTU		
CRITÉRIOS	ASPECTOS RELEVANTES	PESO
	de espera, conforto, segurança, microacessibilidade, disponibilidade de informações entre outros)	
Consolidação de rede radial-transversal	- Integração física com demais corredores (existentes, em processo de construção e planejados); - Preferência por corredores transversais.	21,35%
Impactos sociais, ambientais e econômicos	- Diminuição do gasto de tempo e dinheiro com transportes; - Possibilidade de acidentes; - Poluição atmosférica local e global; - Poluição sonora; - Impactos em congestionamentos; - Interferência visual; - Descontinuidade do tecido urbano; - Dinamização da economia urbana.	27,44%

Fonte: consórcio, 2016.

6.2.2 Critérios Adotados para a Avaliação Hierárquica do PDM

Como citado anteriormente, os critérios, os subcritérios, os indicadores e as métricas a serem consideradas na avaliação AHP do PDM foram desenvolvidos com participação dos especialistas do Grupo de Trabalho, composto pela Comissão, Consórcio e convidados. A seguir apresenta-se a síntese dos critérios, subcritérios e índices que foram utilizados neste estudo. O detalhamento das abordagens adotadas para conceituação e aplicação de cada um destes elementos é apresentado no [Apêndice F - Análise Hierárquica – Priorização das Linhas](#). Adicionalmente, os arquivos digitais do formato xlsx que geraram o Apêndice F se encontram no ANEXO DIGITAL F - Análise Hierárquica que acompanha este relatório, para livre exame por parte do leitor.

Tabela 30: Critérios adotados para a Avaliação Hierárquica do PDM

CRITÉRIO DE ANÁLISE DO PDM		
CRITÉRIOS	SUB-CRITÉRIOS	ÍNDICE
Custo	Custo dos investimentos	Passageiros Transportados / Custo de Investimentos
	Custo de Operação	Passageiros Transportados / Custo de Operação

CRITÉRIO DE ANÁLISE DO PDM		
CRITÉRIOS	SUB-CRITÉRIOS	ÍNDICE
Impactos Sociais	Impacto na Mobilidade	Redução de horas de viagem
	Impactos Socioambientais	Redução de Km de viagem de automóvel
	Desenvolvimento Urbano	Análise qualitativa via opinião de especialistas
Demanda	Passageiros Transportados	Acréscimo dos deslocamentos de viagens captados pelo trecho em implantação
	Equilíbrio na Demanda	Total de passageiros transportados na linha totais (ambos no pico da manhã) / passageiros transportados no sentido mais carregado Renovação de passageiros no sentido mais carregado da linha
Oferta	Conectividade	Número de conexões.
	Atendimento a grandes polos	Número de polos incorporados à rede metroviária / Km do corredor
Impacto Político e Institucional	Conveniência e Atritos Políticos	Análise qualitativa via opinião de especialistas

Fonte: consórcio, 2016.

6.3 DISCUSSÃO DOS CRITÉRIOS E ESTABELECIMENTO DE FORMULAÇÃO DO MODELO MULTICRITERIAL

Nesse item será apresentado o processo de definição dos pesos para ponderação dos critérios estabelecidos no item anterior. Tal ponderação foi determinante na definição da rede proposta, bem como na priorização de implementação de corredores. Nessa etapa, foram percorridas as seguintes fases:

- Definição dos entrevistados;
- Consulta;
- Cálculo dos Pesos.

O método AHP é amplamente utilizado no planejamento de transportes por poder utilizar e comparar critérios de diferentes métricas e origens

6.3.1 Definição dos Entrevistados

O Grupo de Trabalho definiu uma lista de especialistas em planejamento urbano e de transportes provenientes da RioTrilhos, Secretaria de Estado de Transportes, Metrô Rio e do Consórcio que desenvolve o PDM. A lista completa do grupo de especialistas entrevistados é apresentada no [Apêndice F](#) - análise hierárquica - Priorização das linhas deste Relatório, enquanto que a tabela a seguir resume o quantitativo de participantes por instituição. Ademais, os arquivos digitais do formato xlsx também se encontram no ANEXO DIGITAL F - Análise Hierárquica que acompanha este relatório.

Tabela 31: Composição do grupo de especialistas entrevistados, por instituição

ESPECIALISTAS EM PLANEJAMENTO CONSULTADOS – Quantitativo de participantes por instituição	
Quantidade	EMPRESA
11	RioTrilhos
05	SETRANS
06	Consórcio Setepla-LOGIT
01	Metrô Rio (operadora)
04	Câmara Metropolitana
27	Total

Fonte: Consórcio, 2016

6.3.2 Consulta

A consulta ocorreu de forma presencial. Cada um dos consultados já era conhecedor das possibilidades de redes metroviárias em discussão até então para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Ainda assim lhes foi exibida na ocasião o mapa detalhado com a proposta de rede metroviária.

Também estavam a par dos critérios e subcritérios a serem avaliados, bem como os aspectos relevantes a cada um deles. Os especialistas consultados receberam um formulário (ver [Apêndice H](#) - Formulário de Consulta MAH), onde, primeiramente, cada par de critérios foi comparado com os demais,

dois a dois, conforme esquema mostrado na figura a seguir. Posteriormente, o mesmo procedimento foi realizado com os subcritérios.

6.3.3 Pesos dos Critérios e Subcritérios Adotada na AHP

No Apêndice F - análise hierárquica - Priorização das linhas são apresentados os resultados das entrevistas, assim como os cálculos que levaram a definição dos pesos adotados para cada critério e subcritério desta metodologia. Os cálculos realizados, em conformidade com a metodologia descrita, produziram os resultados finais, apresentados a seguir:

Tabela 32: Árvore de decisão

ÁRVORE DE DECISÃO			
CRITÉRIOS	PESO	SUB-CRITÉRIOS	PESO
Custo Financeiro	0,14988	Custo de Construção	0,07827
		Custo de Operação	0,07161
Impactos Sociais	0,29093	Impacto na Mobilidade	0,13332
		Impactos Socioambientais	0,04119
		Desenvolvimento Urbano	0,11643
Demanda	0,34528	Passageiros Transportados	0,17706
		Equilíbrio da Demanda	0,16822
Oferta	0,15158	Conectividade	0,11104
		Atendimento a Grandes Polos	0,04054
Impactos Institucionais	0,06232		

Fonte: consórcio, 2015

6.4 PRIORIDADE DE IMPLANTAÇÃO DAS LINHAS DA REDE PROPOSTA

Uma vez que os pesos dos critérios estão definidos, passa-se para etapa de levantamento de dados, para que se possa identificar como cada corredor se comporta diante de cada métrica estabelecida. Com os dados levantados, passa-se para a normalização, que conferirá um valor entre zero (pior situação) e um

(melhor situação), para cada valor encontrado. Cabe ressaltar que o trecho Estácio - Carioca – Praça XV, da Linha 2, não está listado pois foi considerado no cenário de referência, ou seja, trata-se de trecho já considerado prioritário nesta data e, portanto, não deve fazer parte da hierarquização de prioridades.

Multiplicando-se os pesos de cada critério pela nota normalizada que cada linha recebeu, chega-se ao desempenho dessa linha frente ao critério. Somando-se todos os desempenhos encontra-se a nota final. Comparando-se as notas finais, chega-se a ordem de prioridade em cada um dos cenários estudados. Seguem os resultados relativos aos três horizontes, bem como a priorização final. O cálculo normalizado para cada critério é apresentado de forma detalhada no [Apêndice F](#) - análise hierárquica - Priorização das linhas e a planilha digital em formato xlsx se encontra no ANEXO DIGITAL F - Análise Hierárquica para livre exame por parte do leitor.

Na Tabela 34 a seguir, são apresentados os resultados obtidos para a ponderação dos critérios e a ordem de prioridades para os trechos empregados no ano horizonte 2025. Na Tabela 35 a seguir, são apresentados os resultados obtidos para a ponderação dos critérios e a ordem de prioridades para os trechos empregados no ano horizonte 2035. Por fim, na Tabela 36 são apresentados os resultados obtidos para a ponderação dos critérios e a ordem de prioridades para os trechos empregados no ano horizonte 2045.

Tabela 33: Hierarquização no Cenário 2025

Trecho	Custo de Investimento	Custo de Operação	Impacto na Mobilidade	Impactos Socioambientais	Desenvolvimento Urbano	Passageiros Transportados	Equilíbrio da Demanda		Conectividade	Atendimento a Grandes Polos	Impactos Institucionais
							Pendularidade	Renovação			
Praça XV - Arariboia	1,00	1,00	0,65	0,00	0,56	1,00	0,53	0,10	0,50	0,14	0,29
Arariboia - Alcântara	0,44	0,25	0,35	0,10	1,00	0,13	0,04	0,00	0,25	0,57	0,00
Pres. Vargas - Deodoro	0,37	0,32	1,00	0,80	0,00	0,25	0,00	0,09	0,75	1,00	0,14

Trecho	Custo de Investimento	Custo de Operação	Impacto na Mobilidade	Impactos Socioambientais	Desenvolvimento Urbano	Passageiros Transportados	Equilíbrio da Demanda		Conectividade	Atendimento a Grandes Polos	Impactos Institucionais	Total	Prioridade
							Pendularidade	Renovação					
Peso adotado	0,07827	0,07161	0,13332	0,04119	0,11643	0,17706	0,08411	0,08411	0,11104	0,04054	0,06232		
Praça XV - Arariboia	0,08	0,07	0,09	0,00	0,06	0,18	0,04	0,01	0,06	0,01	0,02	0,61	1
Arariboia - Alcântara	0,03	0,02	0,05	0,00	0,12	0,02	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,30	3
Pres. Vargas - Deodoro	0,03	0,02	0,13	0,03	0,00	0,04	0,00	0,01	0,08	0,04	0,01	0,40	2

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 34: Hierarquização no Cenário 2035

Trecho	Custo de Investimento	Custo de Operação	Impacto na Mobilidade	Impactos Socioambientais	Desenvolvimento Urbano	Passageiros Transportados	Equilíbrio da Demanda		Conectividade	Atendimento a Grandes Polos	Impactos Institucionais
							Pendularidade	Renovação			
Alvorada - Jardim Oceânico	0,08	0,12	0,47	0,70	0,22	0,06	0,83	0,03	0,00	0,00	1,00
Alvorada - Cocotá	0,70	0,36	0,41	1,00	0,00	0,03	0,74	0,94	1,00	0,57	0,43
Gávea - Uruguai - Del Castilho	0,26	0,24	0,45	0,72	0,00	0,03	0,37	0,19	1,00	0,57	0,14
Gávea - Carioca	0,20	0,23	0,29	0,70	0,00	0,29	1,00	0,11	0,50	0,29	0,71

Trecho	Custo de Investimento	Custo de Operação	Impacto na Mobilidade	Impactos Socioambientais	Desenvolvimento Urbano	Passageiros Transportados	Equilíbrio da Demanda		Conectividade	Atendimento a Grandes Polos	Impactos Institucionais	Total	Prioridade
							Pendularidade	Renovação					
Peso adotado	0,07827	0,07161	0,13332	0,04119	0,11643	0,17706	0,08411	0,08411	0,11104	0,04054	0,06232		
Alvorada - Jardim Oceânico	0,01	0,01	0,06	0,03	0,03	0,01	0,07	0,00	0,00	0,00	0,06	0,28	4
Alvorada - Cocotá	0,05	0,03	0,05	0,04	0,00	0,01	0,06	0,08	0,11	0,02	0,03	0,48	1
Gávea - Uruguai - Del Castilho	0,02	0,02	0,06	0,03	0,00	0,01	0,03	0,02	0,11	0,02	0,01	0,32	3
Gávea - Carioca	0,02	0,02	0,04	0,03	0,00	0,05	0,08	0,01	0,06	0,01	0,04	0,36	2

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 35: Hierarquização no Cenário 2045

Trecho	Custo de Investimento	Custo de Operação	Impacto na Mobilidade	Impactos Socioambientais	Desenvolvimento Urbano	Passageiros Transportados	Equilíbrio da Demanda		Conectividade	Atendimento a Grandes Polos	Impactos Institucionais
							Pendularidade	Renovação			
Recreio - Alvorada	0,06	0,08	0,58	0,73	0,33	0,03	0,57	0,54	0,00	0,00	1,00
Arariboia - Maravista	0,00	0,00	0,00	0,58	0,00	0,00	0,61	1,00	0,00	0,00	0,14
Gávea - Uruguai - Av. Brasil	0,20	0,26	0,13	0,68	0,00	0,00	0,24	0,19	0,75	0,43	0,14

Trecho	Custo de Investimento	Custo de Operação	Impacto na Mobilidade	Impactos Socioambientais	Desenvolvimento Urbano	Passageiros Transportados	Equilíbrio da Demanda		Conectividade	Atendimento a Grandes Polos	Impactos Institucionais	Total	Prioridade
							Pendularidade	Renovação					
Peso adotado	0,07827	0,07161	0,13332	0,04119	0,11643	0,17706	0,08411	0,08411	0,11104	0,04054	0,06232		
Recreio - Alvorada	0,00	0,01	0,08	0,03	0,04	0,01	0,05	0,05	0,00	0,00	0,06	0,32	1
Arariboia - Maravista	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,05	0,08	0,00	0,00	0,01	0,17	3
Gávea - Uruguai - Av. Brasil	0,02	0,02	0,02	0,03	0,00	0,00	0,02	0,02	0,08	0,02	0,01	0,23	2

Fonte: Consórcio, 2016.

Finalmente, comparando-se as notas finais, chega-se a ordem de prioridade em cada um dos cenários estudados, como apresentado na tabela a seguir. Definiu-se, então, a ordem de prioridade para as alternativas de expansão da Rede Metroviária Proposta utilizando-se a metodologia AHP.

Tabela 36: Hierarquização Final

HIERARQUIZAÇÃO FINAL		
ORDEM	CENÁRIO	LINHA
1	2025	Praça XV - Arariboia
2	2025	Deodoro - Pres. Vargas
3	2025	Arariboia - Alcântara
4	2035	Alvorada - Cocotá
5	2035	Gávea - Carioca
6	2035	Uruguai – Del Castilho
7	2035	Jardim Oceânico - Alvorada
8	2045	Alvorada - Recreio
9	2045	Gávea- Uruguai - Av. Brasil
10	2045	Arariboia - Maravista

Fonte: Consórcio, 2016

7. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA E FINANCEIRA DAS ALTERNATIVAS

7.1 CÁLCULO E ESTIMATIVA DOS INSUMOS

O crescimento constante dos centros urbanos, junto à falta de planejamento sistematizado e contínuo resulta em carência de infraestrutura para o desenvolvimento adequado da população, principalmente no que tange a infraestrutura de oferta e de provimento de transportes coletivos. Projetos de infraestrutura destinados a criação e ampliação destas facilidades requerem altos investimentos de capital para sua implantação e resultam em impactos diretos e indiretos no âmbito econômico, ambiental e social. Deste modo, faz-se necessário avaliar a viabilidade do empreendimento em relação ao desenvolvimento econômico, ambiental e social a partir da análise de impacto socioeconômico e de sustentabilidade financeira.

Em termos gerais, a avaliação socioeconômica tem por objetivo apoiar o processo de decisão em relação à viabilidade do projeto sob o prisma do gestor público, traduzido no interesse da sociedade pela sua implantação a partir da verificação dos efeitos econômicos decorrentes de sua existência, quantificados monetariamente em termos de benefícios e custos. Já a avaliação financeira, visa determinar as condições nas quais um projeto é viável na perspectiva de um investidor financeiro, seja ele público ou privado, ou seja, condições em que o retorno do capital investido é suficiente para cobrir os investimentos realizados no empreendimento.

A diferença essencial entre a elaboração do fluxo de caixa sob a ótica socioeconômica e sob a ótica financeira refere-se aos elementos substanciais para sua composição: nos estudos socioeconômicos, as entradas de caixa são os benefícios sociais produzidos pelo projeto, enquanto nos estudos financeiros, as entradas de caixa correspondem aos recebimentos financeiros do ente operador do empreendimento.

Para o desenvolvimento do estudo de viabilidade, foram ainda incorporados os seguintes supostos:

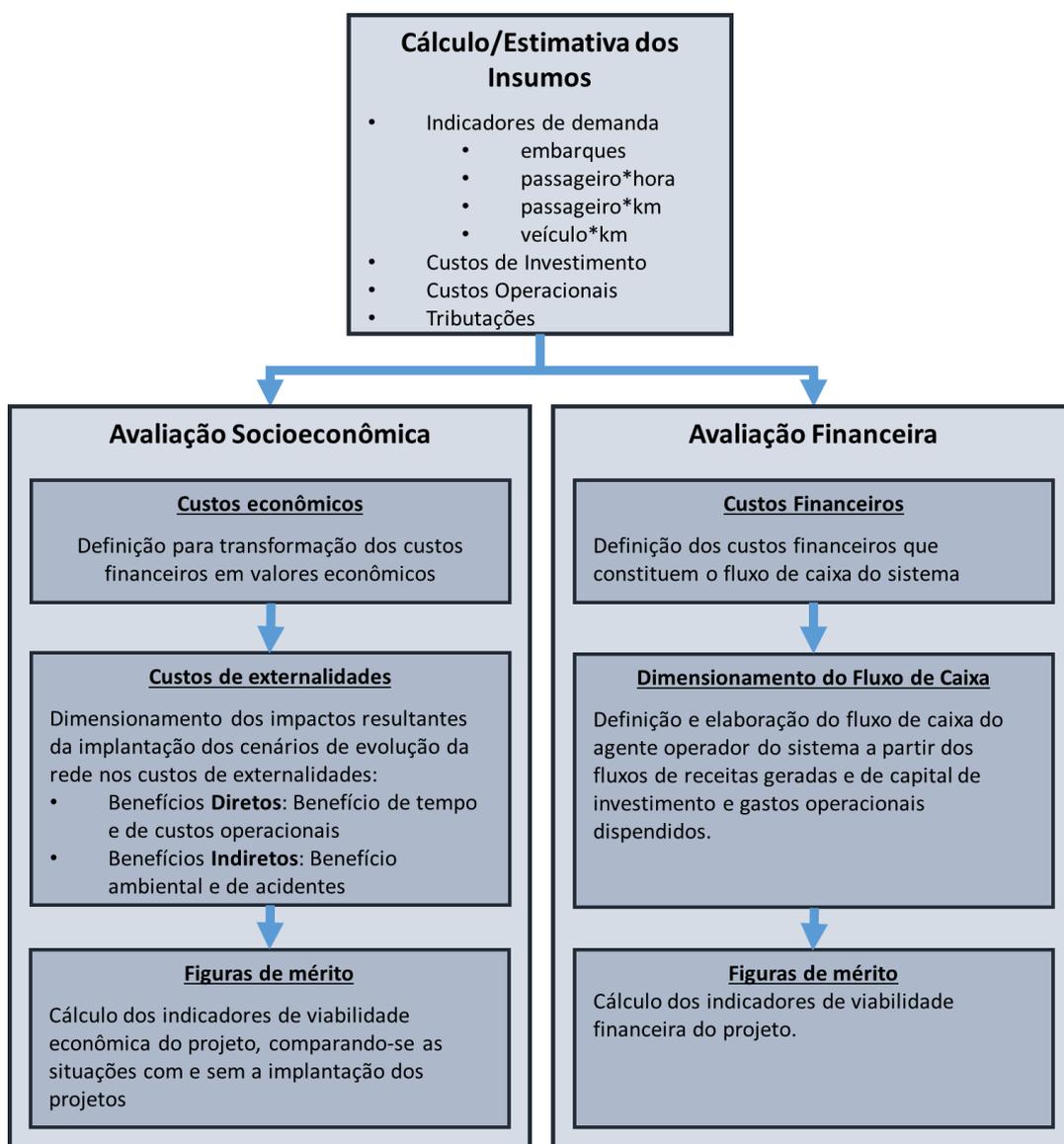
Utiliza-se para efeito de cálculo as medidas de serviços referentes ao período de pico matutino, expandidos para o período diário e anual através de fatores de pico obtidos a partir das informações levantadas em pesquisas;

No fluxo de caixa, deverá ser considerado certo período de tempo necessário para a conclusão das obras e entrada em operação de cada linha de Metrô proposta;

Quando pertinente, a aquisição de frota adicional devido ao crescimento da demanda e a renovação da frota é incorporada ao fluxo de caixa ao longo do período considerado na avaliação.

O fluxograma a seguir descreve as etapas que compõem o processo de análise de viabilidade utilizada para avaliação das alternativas de evolução dos serviços metroviários propostas no Plano Diretor Metroviário do Rio de Janeiro e que serão detalhadas no decorrer deste capítulo. Ao final, é apresentada a análise de viabilidade e sensibilidade do modelo socioeconômico e do modelo financeiro desenvolvidos neste capítulo.

Figura 30: Fluxograma de etapas do estudo de viabilidade



Fonte: Consórcio, 2016

7.1.1 Indicadores Operacionais e de Demanda

O diagnóstico de um sistema de transportes é de suma importância para projetos de planejamento de transportes. Para isto, vê-se necessário compreender o sistema existente e prever situações futuras a partir de previsão de demanda e caracterização da oferta do sistema (Prognóstico). Neste contexto, a modelagem de transportes tem por objetivo prever a demanda em cenários de oferta futuros, inseridos nos anos horizontes de análise, para planejamento e avaliação estratégica das alternativas de projetos. A modelagem insumo para este estudo foi realizada a partir do software Transus.

No âmbito da análise de viabilidade, a previsão de demanda tem importância particular para cada avaliação: no caso da avaliação financeira, dimensionar a receita tarifária do sistema e os custos dispendidos associados à quilometragem percorrida; no caso da avaliação econômica, estimar os benefícios resultantes da implantação do projeto a partir de indicadores de passageiro, tempo e quilometragem.

A situação base utilizada como referência para a avaliação socioeconômica do empreendimento (isto é, cenário sem projeto) é definida pelo cenário Prognóstico. Consiste na configuração atual da rede viária e sistemas de transporte, incluindo a política tarifária vigente, com possíveis alterações já previstas em legislação e planos urbanísticos (planos diretores, por exemplo). O cenário Prognóstico é detalhado no capítulo 12 deste relatório.

Assim, a abordagem adotada no estudo de viabilidade se baseia na comparação do diferencial entre os cenários com e sem a implantação das intervenções e é apresentada num quadro pró-forma, ano a ano, em função das projeções de custos, benefícios e receitas associados ao empreendimento no período de avaliação. Neste contexto, para avaliação de viabilidade, os indicadores de demanda levantados dos cenários “com” e “sem” projeto, expressos em valores anuais, são:

- Passageiros embarcados: quantidade de passageiros embarcados em cada modo de transporte que constitui o sistema de transportes, em especial o sistema metroviário, para cada ano-horizonte;
- Tempo de viagem: valor do tempo gasto em deslocamentos pelos usuários do sistema em cada modo de transporte, para cada ano-horizonte, expresso em passageiros*hora;
- Quilometragem percorrida: são dois os indicadores de quilometragem percorrida utilizados nos estudos de viabilidade:

- Veículo*quilômetro: expressa o montante de quilometragem percorrida pela frota de cada modo de transporte do sistema para cada ano-horizonte, resultado da multiplicação entre o valor de frota e o valor de quilometragem percorrida;
- Passageiro*quilômetro: expressa o montante de quilometragem percorrida pela demanda em cada modo de transporte do sistema para cada ano-horizonte, resultado da multiplicação entre a demanda transportada e a quilometragem percorrida.

7.1.2 Custos de Capital

Entende-se como capital todo o recurso utilizado na produção que não é consumido ao fim do ciclo operacional (no caso deste projeto, ciclos anuais). A frota veicular, por exemplo, apesar da depreciação, é um recurso que não se consome em apenas um ciclo, uma vez que o mesmo veículo pode ser utilizado por vários anos até o fim de sua vida útil.

Para o estudo de viabilidade do PDM, dividiu-se os custos de investimentos em duas categorias segundo sua finalidade: investimentos em infraestrutura e investimentos em material rodante, como sintetizado a seguir:

Investimentos em infraestrutura: a partir das características estruturais de cada linha presentes em cada cenário de intervenção metroviária, foram estimados os custos de investimentos necessários para implantação de cada trecho adicional, como apresentados na Tabela 37 a seguir

Investimentos em material rodante: tendo em vista que a configuração das composições podem variar para cada serviço do sistema metroviário, optou-se por definir o custo do material rodante na menor escala, ou seja, o custo de aquisição de cada carro: R\$ 6.300.000/carro, permitindo avaliar os custos para cada serviço, como apresentado na Tabela 37, a seguir.

Tabela 37: Resumo dos custos de implantação e material rodante das linhas componentes da Rede Objetivo

CAPEX REDE OBJETIVO	TIPO	QUANTIDADE	CUSTO ESTIMADO		
			IMPLANTAÇÃO	TOTAL	
Estácio - Praça XV	Estações Novas (un)	4	R\$	1.558.871.983,92	R\$ 4.288.323.802,63
	Estações Reforma (un)	1	R\$	155.887.198,39	
	Poço Ventilação / Saída de Emergência(un)	4	R\$	139.644.437,72	
	Trecho (m)	3.457,00	R\$	1.162.042.163,93	
	Sistemas auxiliares e utilidades dos Trechos	15%	R\$	174.306.324,59	
	Material Rodante (nº carros)	72	R\$	616.617.803,52	
	Pátio Maria da Gracia (1a etapa)		R\$	480.953.890,56	
Praça XV - Araribóia	Estações Novas (un)	3	R\$	1.169.153.987,94	R\$ 3.934.768.202,86
	Estações Reforma (un)	1	R\$	155.887.198,39	
	Poço Ventilação / Saída de Emergência(un)	12	R\$	418.933.313,16	
	Trecho (m)	4.605,00	R\$	1.428.425.207,94	
	Sistemas auxiliares e utilidades dos Trechos	15%	R\$	214.263.781,19	
	Material Rodante (nº carros)	64	R\$	548.104.714,24	
	Pátio Maria da Gracia (Ampliação)		R\$	454.384.624,50	
Araribóia - Alcântara	Estações Novas (un)	12	R\$	1.789.800.914,97	R\$ 6.516.068.454,44
	Poço Ventilação / Saída de Emergência(un)	2	R\$	69.822.218,86	
	Trecho (m)	14.776,00	R\$	2.887.750.096,64	
	Sistemas auxiliares e utilidades dos Trechos	15%	R\$	433.162.514,50	
	Material Rodante (nº carros)	102	R\$	873.541.888,32	
	Pátio Guaxindiba e Pátio de Neves (1a etapa)		R\$	461.990.821,16	
Deodoro - Presidente Vargas	Estações Novas (un)	18	R\$	5.503.299.864,98	R\$ 20.017.716.066,77
	Poço Ventilação / Saída de Emergência(un)	37	R\$	1.291.711.048,91	
	Trecho (m)	25.684,00	R\$	8.895.502.229,00	
	Sistemas auxiliares e utilidades dos Trechos	15%	R\$	1.334.325.334,35	
	Material Rodante (nº carros)	304	R\$	2.603.497.392,64	
	Pátio Deodoro		R\$	389.380.196,89	
Alvorada - Cocotá	Estações Novas (un)	20	R\$	2.690.376.982,67	R\$ 8.847.173.981,55
	Poço Ventilação / Saída de Emergência(un)	3	R\$	104.733.328,29	
	Trecho (m)	32.169,00	R\$	4.086.327.984,48	
	Sistemas auxiliares e utilidades dos	15%	R\$	612.949.197,67	

CAPEX REDE OBJETIVO	TIPO	QUANTIDADE	CUSTO ESTIMADO	
			IMPLANTAÇÃO	TOTAL
	Trechos			
	Material Rodante (nº carros)	126	R\$	1.079.081.156,16
	Pátio da Barra (Ampliação)		R\$	273.705.332,28
Jardim Oceânico - Alvorada	Estações Novas (un)	5	R\$	1.612.202.990,80
	Estações Reforma (un)	1	R\$	128.976.239,26
	Poço Ventilação / Saída de Emergência(un)	7	R\$	244.377.766,01
	Trecho (m)	5.473,00	R\$	1.901.915.334,02
	Sistemas auxiliares e utilidades dos Trechos	15%	R\$	285.287.300,10
	Material Rodante (nº carros)	18	R\$	154.154.450,88
	Pátio da Barra (1a Etapa)		R\$	75.870.232,64
				R\$ 4.402.784.313,71
Uruguai - Del Castilho	Estações Novas (un)	7	R\$	1.956.453.285,22
	Estações Reforma (un)	1	R\$	128.976.239,26
	Poço Ventilação / Saída de Emergência(un)	9	R\$	314.199.984,87
	Trecho (m)	7.908,00	R\$	2.748.099.115,92
	Sistemas auxiliares e utilidades dos Trechos	15%	R\$	412.214.867,39
	Material Rodante (nº carros)	66	R\$	565.232.986,56
	Pátio da Barra (Ampliação)		R\$	99.397.102,87
				R\$ 6.224.573.582,08
Gávea - Uruguai	Estações Novas (un)	1	R\$	322.440.598,16
	Estações Reforma (un)	1	R\$	128.976.239,26
	Trecho (m)	5.503,00	R\$	2.393.868.669,71
	Sistemas auxiliares e utilidades dos Trechos	15%	R\$	359.080.300,46
	Material Rodante (nº carros)	0	R\$	-
	Patio Central		R\$	-
				R\$ 3.204.365.807,59
Uruguai - Av. Brasil	Estações Novas (un)	3	R\$	967.321.794,48
	Estações Reforma (un)	1	R\$	128.976.239,26
	Poço Ventilação / Saída de Emergência(un)	12	R\$	418.933.313,16
	Trecho (m)	7.574,00	R\$	2.632.031.196,76
	Sistemas auxiliares e utilidades dos Trechos	15%	R\$	394.804.679,51
	Material Rodante (nº carros)	42	R\$	359.693.718,72
	Patio Central		R\$	-
				R\$ 4.901.760.941,89
Gávea - Carioca	Estações Novas (un)	8	R\$	1.680.671.183,31
				R\$ 6.384.371.279,66

CAPEX REDE OBJETIVO	TIPO	QUANTIDADE	CUSTO ESTIMADO		
			IMPLANTAÇÃO	TOTAL	
	Estações Reforma (un)	1	R\$	128.976.239,26	
	Poço Ventilação / Saída de Emergência(un)	13	R\$	453.844.422,59	
	Trecho (m)	9.429,00	R\$	3.069.917.684,18	
	Sistemas auxiliares e utilidades dos Trechos	15%	R\$	460.487.652,63	
	Material Rodante (nº carros)	24	R\$	205.539.267,84	
	Pátio da Barra (Ampliação)		R\$	384.934.829,86	
	Estações Novas (un)	9	R\$	2.901.965.383,44	
	Estações Reforma (un)	1	R\$	128.976.239,26	
	Poço Ventilação / Saída de Emergência(un)	15	R\$	523.666.641,45	
Alvorada - Recreio	Trecho (m)	11.701,00	R\$	4.066.199.766,74	R\$ 9.042.915.244,68
	Sistemas auxiliares e utilidades dos Trechos	15%	R\$	609.929.965,01	
	Material Rodante (nº carros)	78	R\$	668.002.620,48	
	Pátio da Barra (Ampliação)		R\$	144.174.628,30	
	Estações Novas (un)	9	R\$	2.407.870.122,64	
	Poço Ventilação / Saída de Emergência(un)	14	R\$	488.755.532,02	
Araribóia - Maravista	Trecho (m)	11.188,00	R\$	3.887.927.783,12	R\$ 7.872.501.533,71
	Sistemas auxiliares e utilidades dos Trechos	15%	R\$	583.189.167,47	
	Material Rodante (nº carros)	42	R\$	359.693.718,72	
	Pátio de Neves (Ampliação)		R\$	145.065.209,74	
Ampliação da Frota	Material Rodante (nº carros)	250	R\$	2.141.034.040,00	R\$ 2.141.034.040,00
Total Geral					R\$ 87.778.357.251,58

Fonte: Consórcio, 2017.

7.1.3 Custos Operacionais

Despesas operacionais são aquelas que correspondem aos custos que ocorrem em todos os ciclos de produção. No caso da análise são considerados os ciclos anuais de produção. Estas despesas representam recursos consumidos devido ao suprimento do serviço e são classificadas em duas

componentes de acordo com sua natureza: fixas e variáveis. O cálculo dos custos operacionais para cada modo de transporte requer o dimensionamento dos indicadores de consumo dos insumos e seus respectivos preços, tanto para estimativa dos custos fixos quanto variáveis.

Para a análise de viabilidade, é necessário definir tanto o custo operacional do sistema metroviário, para estimativa dos gastos operativos na avaliação financeira, quanto os custos operacionais dos demais meios de transportes que constituem o sistema, permitindo avaliar o benefício econômico em relação ao custo operacional do sistema de transporte, como detalhado no âmbito do item 14.4 e sintetizados a seguir.

É importante destacar que no presente estudo os custos operacionais do Sistema Metroviário foram levantados de forma detalhada e com base em análises profundas a respeito de cada um dos componentes envolvidos na prestação de serviços por este modo, uma vez que o escopo do PDM exigiu este grau de precisão.

Por outro lado, os custos operacionais levantados para os demais modos foram obtidos de fontes secundárias e serviram, apenas, para balizar o estudo de viabilidade socioeconômica, sem contemplar análises mais profundas, compatíveis com o escopo do PDM

- **Custo operacional do sistema metroviário:** o dimensionamento do custo operacional de cada Linha metroviária presente no Plano Diretor Metroviário foi realizado, obtendo-se o custo operacional por quilômetro para o sistema metroviário do Rio de Janeiro equivalente a R\$39,56/Km;
- **Custo operacional do sistema de VLT:** com base em benchmark realizado em 2016, estimou-se o custo operacional de R\$ 17,73/Km e, para efeito de dimensionamento da depreciação contábil do material rodante, estimou-se o valor de R\$ 7,06/Km;
- **Custo operacional do sistema de ônibus e BRT:** estimado com base em informações da Planilha Tarifária de 2011 e atualizado para o ano presente utilizando a base IPCA, o que resultou no custo operacional médio para o sistema de R\$ 5,36/Km ou R\$ 3,12/passageiro;
- **Custo operacional do sistema de barcas:** estimado com base em benchmark baseado em outros estudos, o que resultou no custo de R\$ 70,26/Km e, para efeito de dimensionamento da depreciação contábil do material rodante, estimou-se o valor de R\$ 0,99/Km;

- **Custo operacional de transporte individual:** considera-se apenas os custos de combustíveis (R\$ 0,45/Km) e de estacionamento (R\$ 0,86/Km), uma vez que estes são os elementos percebidos pelo usuário e que influenciam na decisão sobre a escolha do modo para se realizar a viagem.

Destaca-se, mais uma vez, que o levantamento dos custos operacionais dos modos em operação na RMRJ, com exceção do Sistema Metroviário, deve ser considerado com reservas uma vez que não foram objeto de análises detalhadas, mas serviram apenas como referência para a análise de viabilidade socioeconômica da rede proposta para o Sistema Metroviário do Rio de Janeiro, ao longo do horizonte de análise.

7.2 AVALIAÇÃO SÓCIOECONÔMICA

A avaliação socioeconômica do Plano Metroviário para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro teve o objetivo de destacar a relação custo-benefício e o interesse econômico-social da nova oferta de transporte coletivo na Região Metropolitana, buscando quantificar as externalidades positivas e negativas resultantes de sua implantação. Neste contexto, este capítulo apresenta o desenvolvimento conceitual e prático implementado na avaliação socioeconômica do Plano Metroviário para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

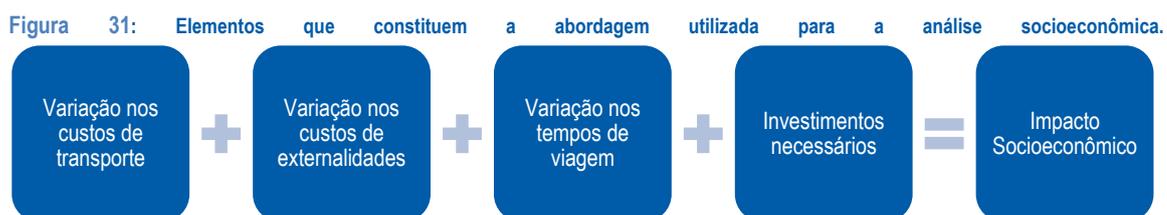
As decisões relacionadas a transportes e mobilidade urbana impactam, em perspectivas particulares, diferentes atores do meio urbano, como os usuários e operadores dos sistemas de transportes (coletivo e individual), empresas e moradores da região, etc. No entanto, decisões sobre projetos e de políticas públicas devem procurar avaliar seus impactos para a sociedade da forma mais holística possível. A avaliação econômica dos custos de transporte consiste em dimensionar a economia advinda da implantação do sistema em estudo, resultante da combinação dos benefícios para o usuário, para o operador e para o governo. Os principais benefícios econômicos incluem:

- Redução dos Custos Operacionais
- Redução dos Tempos de Viagem
- Redução do Custo de Gerenciamento do Sistema Ônibus

- Redução da Poluição
- Redução de Acidentes

A metodologia de avaliação socioeconômica proposta segue os conceitos adotados pelo Banco Mundial para estudos de viabilidade econômica de projetos de sistemas de transportes urbanos. A premissa básica da metodologia consiste na estimativa dos benefícios gerados em função da implantação da Rede Metroviária Proposta para a RMRJ, comparando-se o cenário “sem” e “com” as alterações propostas.

Constituem elementos avaliados nesta metodologia: as variações no custo de transporte, no custo de externalidades (como acidentes e emissões de poluentes) e no custo do tempo dispendido em trânsito, bem como os investimentos necessários para implantação do projeto, como ilustrado na figura a seguir.



Fonte: Consórcio, 2016

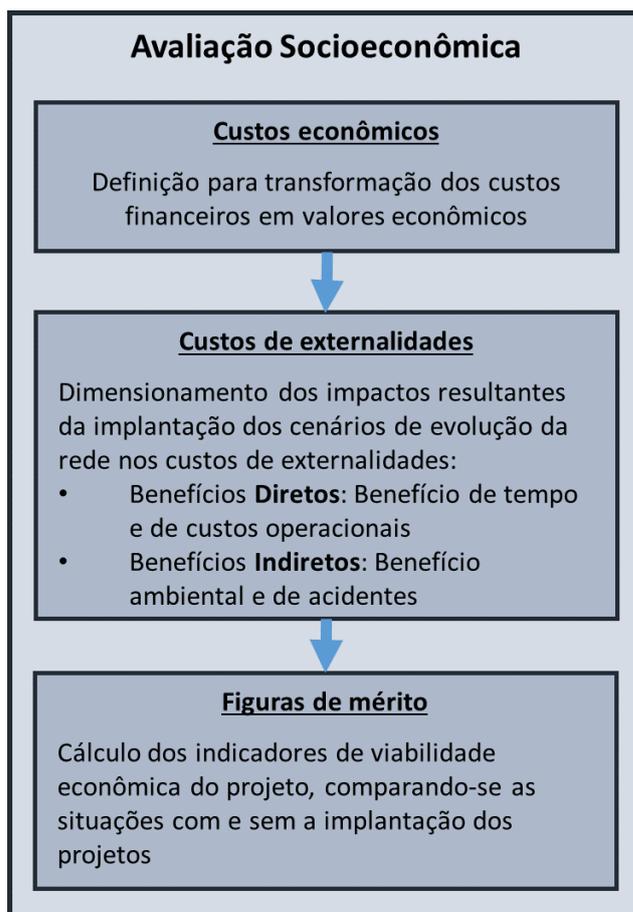
Para o desenvolvimento da avaliação socioeconômica, inicialmente realiza-se a transformação dos custos financeiros em valores econômicos, a partir da eliminação das alíquotas de impostos, taxas e encargos incidentes em cada um dos insumos necessários para a construção e operação do sistema.

Posteriormente, estimam-se os custos de externalidades a partir dos indicadores operacionais e de demanda, dimensionando-se os impactos resultantes da implantação dos cenários de avaliação nos custos de externalidade (custo do tempo, custo de poluição e custo de acidentes).

Por fim, são calculados os indicadores de viabilidade econômica do projeto, comparando-se as situações com e sem a implantação das novas ligações metroviárias. São considerados como indicadores de viabilidade econômica as figuras de mérito de Taxa Interna de Retorno Econômico (TIRE), a relação B/C e o Valor Presente Líquido do fluxo de caixa diferencial. As etapas de desenvolvimento da avaliação

socioeconômico são representadas na figura a seguir e detalhadas no [Apêndice G - Análise de Viabilidade Econômica Financeira](#). Adicionalmente, as planilhas digitais citadas no Apêndice G também estão presentes em arquivo formato xlsx (programa Excel), no ANEXO DIGITAL G - Avaliação Socioeconômica que acompanha este relatório visando o livre exame por parte do leitor.

Figura 32: Etapas da avaliação socioeconômica



Fonte: Consórcio, 2016

7.2.1 Resultados da Avaliação Socioeconômica

Apresenta-se a seguir os resultados obtidos na avaliação socioeconômica para cada benefício considerado e, por fim, o resultado consolidado para avaliação do projeto como um todo. Os resultados detalhados são descritos no Apêndice G. Adicionalmente, as planilhas digitais citadas no Apêndice G

também estão presentes em arquivo formato xlsx, no ANEXO DIGITAL G - Avaliação Socioeconômica que acompanha este relatório visando o livre exame por parte do leitor.

7.2.1.1 Benefícios de Custos Operacionais

O benefício de custos operacionais tem por objetivo estimar a economia que o sistema de transportes terá resultante da implantação de novas tecnologias. Assim, espera-se que o custo operacional do sistema de transportes da RMRJ reduza com a implantação do PDM.

O valor presente líquido resultado desta avaliação é apresentado detalhadamente para cada modo de transporte no [Apêndice G - Análise de Viabilidade Econômica Financeira](#). Adicionalmente, as planilhas digitais citadas no Apêndice G também estão presentes em arquivo formato xlsx, no ANEXO DIGITAL G - Custos Operacionais - Cenário Prognóstico que acompanha este relatório visando o livre exame por parte do leitor.

É esperado que o custo operacional do sistema de metrô aumente, uma vez que novas linhas estão sendo implantadas. No entanto, o benefício decorre da redução dos custos para os outros sistemas, principalmente para ônibus e automóveis. Observou-se, neste caso, que o benefício resultante do ônibus e do automóvel correspondem, respectivamente, a 64% e 36% do benefício total de custos operacionais. Evidencia-se a partir da figura que este benefício tende a aumentar conforme são realizadas as implantações do PDM nos anos-horizontes.

7.2.1.2 Benefícios dos Tempos de Viagem

O benefício de tempo de viagem tem por objetivo estimar, em valores monetários, o impacto no tempo de viagem do usuário resultante da implantação de novos projetos de transportes. Este benefício é de grande importância por afetar diretamente os usuários e ser criticamente perceptível. Desta forma, espera-se que haja redução nos custos decorrentes do tempo de viagem do sistema de transportes da RMRJ com a implantação do PDM.

O valor presente líquido resultado desta avaliação é apresentado para cada modo de transporte no Apêndice G. É esperado que o tempo gasto para o sistema de metrô aumente, uma vez que novas linhas estão sendo implantadas e, conseqüentemente, é esperado aumento na demanda atendida. No entanto, o benefício decorre da redução dos custos para os outros sistemas.

Neste caso, a redução obtida para o sistema de ônibus foi a mais expressiva, sendo responsável por 84% do benefício de tempo, seguido pelo automóvel (14%) e pelas barcas (2%). Embora a representatividade da redução obtida para o sistema de barcas corresponda a apenas 2% do total do benefício, observa-se que esta reduz seu valor em 91% com a implantação da rede do PDM.

7.2.1.3 Benefícios Ambientais

Os benefícios ambientais têm por objetivo estimar, em valores monetários, o impacto da emissão de poluentes decorrentes da implantação de novos projetos de transportes. Espera-se que, com a implantação de novas tecnologias, haja redução nas emissões de gases contaminantes, expressos na redução dos custos estimados para o sistema de transportes da RMRJ com a implantação do PDM.

O valor presente líquido resultado desta avaliação para cada modo de transporte é apresentado no Apêndice G. Adicionalmente, as planilhas digitais citadas no Apêndice G também estão presentes em arquivo formato xlsx, no ANEXO DIGITAL G - Avaliação Socioeconômica que acompanha este relatório visando o livre exame por parte do leitor.

O sistema metroviário, por ser de tração elétrica, possui emissão apenas na geração de energia. Desta forma, é esperado que haja um aumento nos custos, porém que este seja inferior aos custos decorrentes de veículos movidos a combustível fóssil. Neste caso, a redução dos custos de emissões ambientais obtida para o sistema de ônibus foi a mais expressiva, sendo responsável por 79% do benefício ambiental, seguido pelo automóvel (21%).

7.2.1.4 Benefícios dos Custos de Acidentes

O benefício de custo de acidente tem por objetivo estimar, em valores monetários, o impacto na segurança do sistema de transporte decorrentes da implantação de novos projetos, isto é, espera-se que haja redução nos índices de acidentes com o aprimoramento e implantação de novas tecnologias de transportes. O valor presente líquido resultado desta avaliação para cada modo de transporte é apresentado no Apêndice G. Adicionalmente, as planilhas digitais citadas no Apêndice G também estão presentes em arquivo formato xlsx, no ANEXO DIGITAL G - Avaliação Socioeconômica que acompanha este relatório visando o livre exame por parte do leitor.

Observou-se que o benefício resultante do ônibus e do automóvel correspondem, respectivamente, a 40% e 59% do benefício total de custo de acidentes. Embora a representatividade da redução obtida para o sistema de barcas corresponda a apenas 1% do total do benefício, observa-se que esta reduz seu valor em 91% com a implantação da rede do PDM. Evidencia-se a partir da figura que este benefício tende a aumentar conforme são realizadas as implantações do PDM nos anos-horizontes.

7.2.1.5 Figuras de Mérito

A tabela a seguir apresenta, em valor presente líquido, os totais para cada benefício avaliado e os resultados de custos e benefícios totais do fluxo de caixa socioeconômico. De imediato observa-se a expressividade do benefício decorrente do custo do tempo em comparação aos demais, sendo responsável por 74% dos benefícios totais. Este benefício apresentou redução de 18% com a implantação da rede do PDM. Na sequência, a redução no custo operacional correspondeu à 25% dos benefícios totais. Os demais benefícios somam o 1% restante.

A relação entre benefício e custo (B/C) foi equivalente a 1,93. Isto sugere que os benefícios sociais resultantes da implantação do projeto estruturado neste estudo superam em aproximadamente duas vezes os custos de capital necessários para sua implantação.

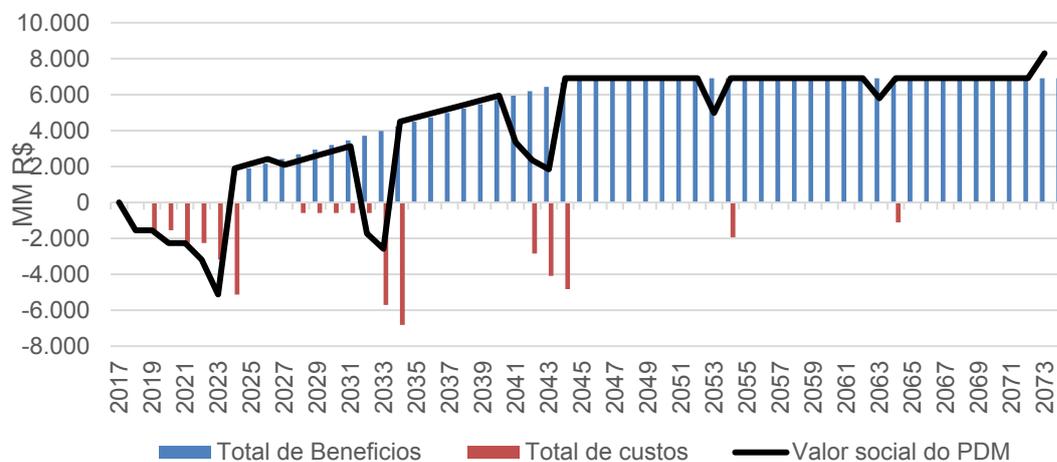
Tabela 38: Valor presente líquido resultado do fluxo de caixa da análise socioeconômica do projeto PDM.

RESULTADOS SOCIOECONÔMICOS					
SISTEMA DE TRANSPORTE	CENÁRIO PROGNÓSTICO (MM R\$)		CENÁRIO PDM (MM R\$)		BENEFÍCIO (MM R\$)
Intervenções	R\$	-	R\$	20.240	-R\$ 20.240
Custo Operacional	R\$	265.974	R\$	257.383	R\$ 8.591
Custo Tempo	R\$	145.611	R\$	120.029	R\$ 25.581
Custo Ambiental	R\$	2.640	R\$	2.464	R\$ 176
Custo Acidentes	R\$	4.876	R\$	4.665	R\$ 211

Fonte: Consórcio, 2016

No gráfico a seguir, ilustra a distribuição dos custos e benefícios ao longo do período de análise (2017 a 2074). O valor social do projeto, também ilustrado no gráfico, é calculado através do desconto dos custos nos benefícios. O valor presente líquido do valor social do projeto é de R\$ 16.688 milhões. A TIR econômica obtida para esta avaliação foi de 13,6%.

Gráfico 2: Distribuição anual do total de benefícios, total de custos e valor social do projeto.



Fonte: Consórcio, 2016

7.3 AVALIAÇÃO FINANCEIRA

Neste capítulo é apresentada a metodologia e desenvolvimento do estudo das condições financeiras a serem consideradas no processo de planejamento da Rede Metroviária da RMRJ. Diferente da avaliação socioeconômica, que busca captar o total de benefícios sociais a partir das externalidades resultantes da implantação da Rede Metroviária proposta, o modelo financeiro tem por objetivo avaliar o comportamento de fluxo de caixa da rede metroviária a partir do balanço de custos e receitas do sistema.

A partir desta avaliação, é possível ainda avaliar os níveis de cobertura e de subsídio a serem praticados pelo Poder Público ao se ampliar a Rede Metroviária da RMRJ.

Para fins de montagem da base de informações, foram considerados cenários de demanda modelados para cada ano-horizonte (2025, 2035 e 2045), de acordo com a proposta de priorização de linhas e os anos de implantação específicos estabelecidos no contexto do PDM.

Para efeito da modelagem financeira, visando assegurar uma análise conservadora e prudência nos resultados, definiu-se o prazo de 30 anos, coincidente com a vida útil do material rodante, evitando-se assim possíveis variações no fluxo de caixa em decorrência à renovação de frota.

Neste contexto, elaborou-se para a avaliação financeira três blocos de avaliação, coincidentes com os anos-horizontes de priorização de linhas e investimentos, onde serão mantidos constantes as informações de demanda e oferta:

Bloco 1: cenários de ofertas implantadas até o ano horizonte de 2025, sendo a avaliação financeira deste conjunto compreendida entre os anos de 2025 e 2055;

Bloco 2: cenários de ofertas implantadas entre os anos horizontes 2025 e 2035, sendo a avaliação financeira deste conjunto compreendida entre os anos de 2035 e 2065;

Bloco 3: cenários de ofertas implantadas entre os anos horizontes 2035 e 2045, sendo a avaliação financeira deste conjunto compreendida entre os anos de 2045 e 2075.

A avaliação financeira de cada bloco decorre do incremento dos custos e receitas resultado da ampliação do sistema metroviário, desconsiderando-se o aumento natural e já previsto no cenário Prognóstico. Vale ressaltar que, para cada bloco de implantação, serão mantidos na avaliação os indicadores de serviços modelados para o último horizonte de modelagem do conjunto, isto é, os indicadores estimados para o ano de 2025 será utilizado para o Bloco 1, de 2035 para o Bloco 2 e 2045 para o Bloco 3. Os principais insumos utilizados na avaliação financeira são detalhados no Apêndice G.

7.3.1 Resultados da Avaliação Financeira

7.3.1.1 Estruturação do Fluxo de Caixa

O fluxo de caixa para a avaliação financeira do PDM foi desenvolvido considerando-se duas abordagens distintas: inicialmente, avaliou-se o conjunto de ações a partir da ótica do poder público, isto é, considerando-se apenas as receitas e custos básicos do sistema, desconsiderando-se a remuneração de investidores; em seguida, avaliou-se a partir da ótica da administração privada, considerando-se nos cálculos uma taxa interna de retorno do projeto (TIR) de 7,5%, com base na TJLP do BNDES.

Para avaliação da sustentabilidade financeira do sistema, foram ainda estruturados três cenários financeiros, elaborados com base na fonte provedora de recursos: recursos públicos ou recursos privados. No primeiro caso, os recursos são oriundos de financiamentos públicos e não são cobrados na tarifa ao usuário. Já no segundo caso, os recursos são provenientes de investidores ou acionistas, sendo este cobrado na tarifa ao usuário. A tabela a seguir detalha os três cenários financeiros aqui avaliados.

Tabela 39: Cenários financeiros para avaliação, elaborados com base na fonte provedora de recursos

CENÁRIO FINANCEIRO	CUSTOS DE CAPITAL		CUSTOS OPERACIONAIS
	INFRAESTRUTURA	MATERIAL RODANTE	
I	Recursos Públicos	Recursos Públicos	Recursos Privados
II	Recursos Públicos	Recursos Privados	Recursos Privados
III	Recursos Privados	Recursos Privados	Recursos Privados

Fonte: Consórcio, 2016

7.3.1.2 Análise dos Resultados dos Cenários Financeiros

O resultado da avaliação financeira é detalhado no Apêndice G e demonstrado na ao final deste item, posteriormente à análise dos resultados descritos a seguir.

Vale destacar que, em função dos resultados das simulações correspondentes a cada um dos horizontes de análise, o Bloco 2 de avaliação é o que capta maior acréscimo de demanda decorrente da implantação dos trechos metroviários propostos pelo PDM, seguido pelo Bloco 1 e Bloco 3. Conseqüentemente, é também o que capta maior receita. Por outro lado, o Bloco 3 é o que apresenta maior custo operacional do sistema, seguido pelo Bloco 2 e Bloco 1. Em relação ao custo de capital, o Bloco 1 apresenta maior valor, seguido pelo Bloco 3 e Bloco 2.

Detalha-se a seguir os resultados referentes a cada cenário de avaliação, apresentando-se, para cada bloco de avaliação, a cobertura da tarifa e a necessidade de subsídio.

Resultados do Cenário de Avaliação I

O Cenário de Avaliação I considera apenas os custos operacionais como despesas a serem cobertas pela tarifa. Uma vez que o Bloco 1 apresentou um dos maiores valores de receita e menor custo de operação, observa-se que a receita é suficiente para cobrir os custos anuais e possui uma margem operativa de R\$287 milhões anuais, equivalente a 66% dos gastos operacionais e que pode ser utilizada como remuneração quando avaliado do ponto de vista do poder privado. Desta forma, o sistema comporta-se de forma sustentável.

Tendo em vista que o Bloco 2 apresentou o maior valor de receita e valor intermediário de custo operacional, entretanto, a avaliação dos resultados obtidos revelou que a receita não é suficiente para

cobrir todos os custos operacionais em valor presente. A receita anual equivale a 96% dos custos, portanto para cobrir 100% dos custos do sistema é necessário um subsídio anual de R\$ 35 milhões.

Por fim, em consequência de possuir a menor receita tarifária adicional captada e o maior custo operacional, o Bloco 3 também apresentou neste cenário a necessidade de subsídio para cobrir os gastos do sistema, sendo este no valor de R\$ 881 milhões anuais. A receita deste conjunto equivale apenas a 23% do custo do sistema em valor presente.

Resultados do Cenário de Avaliação II

O Cenário de Avaliação II considera os custos operacionais e de aquisição do material rodante como despesas a serem cobertas pela tarifa.

A análise do Bloco 1 apresentou que a receita é suficiente para cobrir todo o custo operacional e apenas 79% da aquisição do material rodante, que são os custos considerados neste cenário. Assim, a avaliação apontou a necessidade de R\$ 76 milhões anuais em subsídios para equilíbrio do fluxo de caixa.

A avaliação dos resultados obtidos para o Bloco 2 revelaram que a receita é suficiente para cobrir 59% dos custos do sistema. A avaliação apontou a necessidade de R\$ 566 milhões anuais em subsídios para equilíbrio do fluxo de caixa.

Por fim, o Bloco 3 apresentou novamente neste cenário a necessidade de um maior montante de subsídio para cobrir os gastos do sistema, sendo este no valor de R\$ 1.588 milhões anuais. A receita deste conjunto equivale a apenas 15% do custo do sistema em valor presente.

Resultados do Cenário de Avaliação III

O Cenário de Avaliação III considera os custos operacionais e custos de capital (tanto material rodante quanto de investimentos) como despesas a serem cobertas pela tarifa.

A análise do Bloco 1 apresentou que a receita é suficiente para cobrir 21% dos custos totais do sistema. Assim, a avaliação retornou a necessidade de subsídio anual de R\$ 2.677 milhões anuais.

A avaliação dos resultados obtidos para o Bloco 2 revelaram que a receita é suficiente para cobrir apenas 20% dos custos totais do sistema em valor presente. A avaliação apontou a necessidade de R\$ 3.230 milhões anuais em subsídios.

Por fim, o Bloco 3 apresentou novamente neste cenário a necessidade de um maior montante de subsídio para cobrir os gastos totais do sistema, sendo este no valor de R\$ 3.634 milhões. A receita deste conjunto equivale apenas a apenas 7% do custo do sistema.

Tabela 40: Resultados da avaliação financeira dos cenários de avaliação para cada bloco de investimento.

RESULTADOS DA AVALIAÇÃO FINANCEIRA				
FASE	BLOCO DE AVALIAÇÃO:	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3
		2025 A 2054	2035 A 2064	2045 A 2074
Resultados do fluxo de caixa	Demanda anual total	955.082.018	1.323.795.928	1.493.762.504
	Acréscimo de demanda	335.590.190	314.756.614	105.925.954
	Receita anual (milhões R\$)	R\$ 722	R\$ 817	R\$ 270
	CAPEX total (milhões R\$)	R\$ 36.028	R\$ 38.740	R\$ 32.861
	OPEX anual (milhões R\$)	R\$ 435	R\$ 852	R\$1.151
Cenário de avaliação I	EBITDA	R\$ 287	-R\$ 35	-R\$ 881
	Subsídio anual	-R\$ 287	R\$ 35	R\$ 881
	Receita/Custos	166%	96%	23%
	Cobertura da tarifa			
	OPEX	100%	96%	23%
	Material Rodante	0%	0%	0%
	Infraestrutura	0%	0%	0%
Cenário de avaliação II	EBITDA	R\$ 287	-R\$ 35	-R\$ 881
	Subsídio anual	R\$ 76	R\$ 566	R\$ 1.588
	Receita/Custos	90%	59%	15%
	Cobertura da tarifa			
	OPEX	100%	96%	23%
	Material Rodante	79%	0%	0%
	Infraestrutura	0%	0%	0%
Cenário de avaliação III	EBITDA	R\$ 287	-R\$ 35	-R\$ 881
	Subsídio anual	R\$ 2.763	R\$ 3.315	R\$ 3.664
	Receita/Custos	21%	20%	7%
	Cobertura da tarifa			
	OPEX	100%	96%	23%
	Material Rodante	79%	0%	0%
	Infraestrutura	0%	0%	0%

Fonte: Consórcio, 2016.

7.4 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Considerando-se que na elaboração do estudo de viabilidade do empreendimento estão incluídos diversos níveis de incerteza, principalmente na determinação dos custos, tanto de produção quanto de investimentos, e na quantificação da demanda a ser captada pela Rede Proposta, vê-se necessária a realização de análise da sensibilidade dos principais resultados em relação a essas variáveis de entrada. Os modelos desenvolvidos para a avaliação de viabilidade (modelo socioeconômico e modelo financeiro) possuem os dados de entrada parametrizados, permitindo que seja estimada a sensibilidade de cada parâmetro.

A estimativa de sensibilidade é aferida com base na variação dos valores de insumos e no conceito de elasticidade, que é o impacto que a alteração em uma variável exerce sobre outras variáveis (ou, no nosso caso, as métricas de resultados). A elasticidade positiva indica que a alteração na variável e os impactos resultantes seguem o mesmo sentido, isto é, se a variação é positiva, seu impacto também possui sinal positivo. Por outro lado, a elasticidade negativa indica que a alteração na variável e o impacto resultante seguem sentidos opostos, isto é, se um aumenta o outro diminui.

A análise de sensibilidade desenvolvida se concentrou na avaliação dos impactos sobre a atratividade socioeconômica e financeira do projeto resultantes da variação dos insumos críticos do projeto. Já os resultados da análise de sensibilidade serão analisados levando-se em consideração as mesmas figuras de mérito utilizadas para as análises básicas previstas para os enfoques socioeconômico e financeiro.

7.4.1 Análise de Sensibilidade do Modelo Socioeconômico

No âmbito da avaliação socioeconômica, visando avaliar a sensibilidade de insumos críticos, a primeira etapa consistiu em identificar os insumos que tem maior influência nos resultados socioeconômicos, principalmente aqueles que possuem maior flutuação em função do tempo, e os principais parâmetros de resultados para diagnóstico dos impactos. Definiram-se, então, os seguintes insumos para averiguação:

- Câmbio do dólar (impacta no custo de material rodante e no custo de emissões ambientais);
- Custos operacionais do sistema metroviário;
- Custo de investimento de material rodante;
- Custo de investimento em infraestrutura;
- Combinação dos investimentos (material rodante e infraestrutura);
- Valor do tempo.

Já para comparação dos resultados, definiu-se os seguintes parâmetros resultantes do modelo socioeconômico:

- Valor Presente Líquido do valor social do PDM;
- Taxa Interna de Retorno do Projeto (TIR);
- Valor Presente Líquido dos Benefícios;
- Valor Presente Líquido dos Custos;
- Relação Benefício e Custo (B/C).

O procedimento de avaliação consistiu em variar o valor dos insumos em -20%, -10%, 10% e 20% e, assim, mensurar a variação e elasticidade destes em relação aos parâmetros resultantes destacados. A análise de sensibilidade é detalhada no Apêndice G e sintetizada a seguir. Adicionalmente, as planilhas digitais citadas no Apêndice G também estão presentes em arquivo formato xlsx, no ANEXO DIGITAL G - Avaliação Socioeconômica que acompanha este relatório visando o livre exame por parte do leitor.

Tabela 41: Resultado consolidado da avaliação de sensibilidade do modelo socioeconômico.

Avaliação de Sensibilidade					
Insumo	-20%	-10%	Variação	10%	20%
Câmbio Dólar	4,98%	2,49%	VPL Social	-2,49%	4,98%
	2,96%	1,46%	TIR Projeto	-1,43%	2,82%
	-0,10%	-0,05%	VPL Benefícios	0,05%	0,10%
	-3,69%	-1,85%	VPL Custos	1,85%	3,69%
	3,73%	1,83%	B/C	-1,76%	3,46%
Custos Operacionais - Metro	10,81%	5,41%	VPL Social	-5,41%	10,81%
	3,90%	1,96%	TIR Projeto	-1,97%	3,96%
	4,48%	2,24%	VPL Benefícios	-2,24%	4,48%
	0,00%	0,00%	VPL Custos	0,00%	0,00%
	4,48%	2,24%	B/C	-2,24%	4,48%
Material Rodante	5,22%	2,61%	VPL Social	-2,61%	5,22%
	3,05%	1,51%	TIR Projeto	-1,47%	2,90%
	0,00%	0,00%	VPL Benefícios	0,00%	0,00%
	-3,69%	-1,85%	VPL Custos	1,85%	3,69%
	3,84%	1,88%	B/C	-1,81%	3,56%
Infraestrutura	23,05%	11,52%	VPL Social	-11,52%	23,05%
	15,63%	7,28%	TIR Projeto	-6,43%	12,16%
	0,00%	0,00%	VPL Benefícios	0,00%	0,00%
	16,31%	8,15%	VPL Custos	8,15%	16,31%
	19,48%	8,88%	B/C	-7,54%	14,02%
Total de Investimentos	28,27%	14,13%	VPL Social	-14,13%	28,27%
	19,60%	8,99%	TIR Projeto	-7,74%	14,50%
	0,00%	0,00%	VPL Benefícios	0,00%	0,00%
	20,00%	10,00%	VPL Custos	10,00%	20,00%
	25,00%	11,11%	B/C	-9,09%	16,67%
Valor do tempo	35,73%	17,86%	VPL Social	-17,86%	35,73%
	12,88%	6,32%	TIR Projeto	6,10%	12,01%
	14,80%	7,40%	VPL Benefícios	7,40%	14,80%
	0,00%	0,00%	VPL Custos	0,00%	0,00%
	14,80%	7,40%	B/C	7,40%	14,80%

Fonte: Consórcio, 2016.

A análise de sensibilidade aqui discutida apontou o insumo valor do tempo como o que possui maior impacto no valor presente social (VPL Social), seguido dos insumos de custos de investimentos. Isto decorre principalmente do largo período adotado para avaliação, o que resulta em acúmulo deste principal benefício social ante os custos de investimentos. Já o insumo de total de investimentos apresenta maior impacto na TIR do projeto, seguido pelo valor do tempo.

Por fim, analisou-se o impacto conjunto das variáveis valor do tempo e custo de investimento no parâmetro TIR de Projeto. Para isto, variaram-se os valores em -50% a +50%, como apresentado na tabela a seguir. A partir destes resultados, observa-se que para alcançar uma TIR de 8%, o valor do tempo precisaria reduzir 40% de seu valor inicial concomitante ao aumento 30% de aumento do custo total de investimentos.

Tabela 42: Resultado do parâmetro TIR de Projeto variando-se os insumos valor do tempo e custo de investimentos.

Cenário de stress		Custo de Investimento										
		-50%	-40%	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%	40%	50%
Valor do tempo	-50%	14,7%	12,8%	11,2%	10,0%	9,0%	8,1%	7,3%	6,7%	6,1%	5,5%	5,1%
	-40%	16,0%	14,0%	12,3%	11,0%	9,9%	9,0%	8,2%	7,5%	6,9%	6,3%	5,8%
	-30%	17,3%	15,1%	13,4%	12,0%	10,9%	9,9%	9,1%	8,3%	7,7%	7,1%	6,6%
	-20%	18,5%	16,2%	14,4%	13,0%	11,8%	10,7%	9,9%	9,1%	8,4%	7,8%	7,3%
	-10%	19,6%	17,2%	15,4%	13,9%	12,6%	11,5%	10,6%	9,8%	9,1%	8,5%	7,9%
	0%	20,7%	18,3%	16,3%	14,7%	13,4%	12,3%	11,4%	10,5%	9,8%	9,1%	8,6%
	10%	21,8%	19,2%	17,2%	15,6%	14,2%	13,1%	12,1%	11,2%	10,5%	9,8%	9,2%
	20%	22,8%	20,2%	18,1%	16,4%	15,0%	13,8%	12,8%	11,9%	11,1%	10,4%	9,8%
	30%	23,8%	21,1%	18,9%	17,2%	15,7%	14,5%	13,4%	12,5%	11,7%	11,0%	10,3%
	40%	24,7%	21,9%	19,7%	17,9%	16,5%	15,2%	14,1%	13,1%	12,3%	11,6%	10,9%
50%	25,7%	22,8%	20,5%	18,7%	17,2%	15,9%	14,7%	13,8%	12,9%	12,1%	11,4%	

Fonte: Consórcio, 2016.

7.4.2 Análise de Sensibilidade do Modelo Financeiro

Similarmente à análise de sensibilidade desenvolvida para o modelo socioeconômico, analisou-se também a sensibilidade no âmbito da avaliação financeira. Definiram-se, então, os seguintes insumos para averiguação:

- Acréscimo de demanda do sistema;
- Câmbio do dólar (impacta no custo de material rodante);
- Custos operacionais do sistema metroviário;
- Custo de investimento em infraestrutura;
- Combinação dos investimentos (material rodante e infraestrutura).

Já para comparação dos resultados, definiram-se os seguintes parâmetros resultantes do modelo financeiro:

- EBITDA;
- Subsídio anual;
- Relação Receita/Custo;
- Cobertura da tarifa

- Custos operacionais;
- Investimento em material rodante;
- Investimento em infraestrutura.

O procedimento de avaliação também consistiu em variar o valor dos insumos em -20%, -10%, 10% e 20% e, assim, mensurar a elasticidade destes em relação aos parâmetros resultantes destacados. A análise de sensibilidade é detalhada no Apêndice G deste documento e sintetizada a seguir. Adicionalmente, as planilhas digitais citadas no Apêndice G também estão presentes em arquivo formato xlsx, no ANEXO DIGITAL G - Avaliação Socioeconômica que acompanha este relatório visando o livre exame por parte do leitor.

É esperado que, em decorrência da expansão da rede metroviária da RMRJ, haja um aumento da demanda no sistema e que esta não possua um comportamento linear de crescimento entre os blocos de implantação. Deste modo, mesmo que hoje a operação metroviária da RMRJ não possua necessidade de aportes financeiros para a operação, a expansão da rede pode implicar em EBITDA negativo para alguns cenários, fazendo-se necessário aportes de subsídios. No entanto, esta constatação não inviabiliza a implantação dos projetos definidos no Plano Diretor Metroviário, principalmente por seu impacto socioeconômico positivo.

A avaliação financeira dos blocos de implantação resultou que o Bloco 1 é sustentável no Cenário de Avaliação I (avaliando-se apenas os custos de operação). Já o Bloco 2 e o Bloco 3 não apresentam sustentabilidade financeira em nenhum dos cenários avaliados, fazendo-se necessário aportes anuais de subsídio. Em caso de não serem disponibilizados recursos financeiros para subsidiar a operação destes blocos, avaliou-se como estes poderiam ser sustentáveis financeiramente a partir de possíveis impactos nos insumos avaliados na análise de sensibilidade.

Como o Bloco 2 apresentou valores inferiores de subsídio em relação ao Bloco 3, buscou-se verificar as variações necessárias nos insumos acréscimo de demanda e valor de custos operacionais (de formas independentes) até que a receita deste bloco fosse suficiente para cobrir os custos operacionais do sistema e os custos de investimentos em material rodante (Cenário de Avaliação II). Desta avaliação, obteve-se que o acréscimo de demanda necessário seria de aproximadamente 40% para que o Bloco 2 de implantação não necessitasse de subsídio no Cenário de Avaliação II, enquanto que os custos operacionais deveriam reduzir 30%. Para que a receita do Bloco 2 seja suficiente apenas para arcar com os custos operacionais (Cenário de Avaliação I), seria necessário um acréscimo de 5% da demanda ou uma redução de 5% dos custos operacionais.

Apesar de factível, é pouco provável que estas variações sejam atingidas. Por fim, para o Cenário de Avaliação II, verificou-se a variação conjunta dessas duas variáveis necessária para viabilizar este cenário sem a necessidade de subsídio a partir na análise da relação Receita/Custo, como apresentado na tabela a seguir. Neste cenário, o custo considerado é a soma entre o custo operacional e o custo de investimento em material rodante. Verifica-se, por exemplo, que o Bloco 2 pode não necessitar de subsídio caso a demanda aumente 30% e o custo operacional reduza 40%.

Tabela 43: Resultado do parâmetro (Receita/Custo) variando-se os insumos demanda e custos operacionais para o Bloco 2.

Cenário de stress (Receita/Custo)		Demanda										
		-50%	-40%	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%	40%	50%
Custo Operacional	-50%	43%	51%	60%	68%	77%	85%	94%	102%	111%	120%	128%
	-40%	39%	47%	55%	63%	71%	78%	86%	94%	102%	110%	118%
	-30%	36%	43%	51%	58%	65%	72%	80%	87%	94%	101%	109%
	-20%	34%	40%	47%	54%	61%	67%	74%	81%	88%	94%	101%
	-10%	31%	38%	44%	50%	57%	63%	69%	76%	82%	88%	94%
	0%	30%	35%	41%	47%	53%	59%	65%	71%	77%	83%	89%
	10%	28%	33%	39%	45%	50%	56%	61%	67%	72%	78%	83%
	20%	26%	32%	37%	42%	47%	53%	58%	63%	68%	74%	79%
	30%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%
	40%	24%	28%	33%	38%	43%	47%	52%	57%	62%	66%	71%
50%	23%	27%	32%	36%	41%	45%	50%	54%	59%	63%	68%	

Fonte: Consórcio, 2016.

Por fim, a avaliação do Bloco 3 apresentou resultados financeiros mais críticos em relação aos obtidos para o Bloco 2. Desta forma, para a operação deste bloco, tornam-se necessários aportes financeiros, seja em forma de subsídios anuais ou outras formas de investimentos.

8. PLANO DE IMPLANTAÇÃO

8.1 CAPACIDADE DE IMPLANTAÇÃO DA REDE METROVIÁRIA

O objetivo dessa análise é alcançar um entendimento sobre o ritmo de crescimento que uma rede de metrô pode alcançar, buscando constituir um plano de expansão realista e factível para a rede de metrô do Rio de Janeiro. Para isso, foram estudadas variáveis que apresentam alto impacto no ritmo de expansão das redes de metrô, tais como o ritmo de construção anual e a capacidade de investimentos do Estado.

A metodologia adotada consistiu no benchmarking de implantação de outros sistemas de características semelhantes para comparação.

Enquanto a taxa de crescimento da rede metroviária do Rio de Janeiro deve o seu comportamento às condições físicas e orográficas, eventos históricos e outras características locais, a experiência internacional fornece elementos que melhoram a compreensão dessas limitações, bem como uma taxa de crescimento que poderia surgir como uma meta. Neste contexto, avaliou-se, em escala global, os investimentos realizados nos últimos anos, como descrito a seguir.

8.1.1 Análise do Ritmo de Construção Visando outras Experiências Internacionais

8.1.1.1 Ritmo de Expansão de Outras Redes de Metrô

A construção de uma rede metroviária demanda obras complexas que requerem altos investimentos e longo período de duração. As obras do metrô não dependem apenas de especificações técnicas do sistema metroviário, mas também de aspectos de uso e ocupação do solo, preservação ambiental, geologia e de patrimônio histórico. Ficando, deste modo, a obra sujeita não apenas as limitações tecnológicas de construção, mas também a aspectos legais de desapropriações, intervenções urbanas e legislação ambiental.

No que tange os limites construtivos, mesmo com a evolução das tecnologias construtivas - atualmente tuneladoras do tipo TBM, conhecidas como “tatuzão”, e que podem escavar até 18 metros de túnel por dia – os meios urbanos se mostram mais consolidados, aumentando o nível de complexidade das obras, sendo preciso empregar diversas tecnologias em uma mesma linha. Assim, a capacidade de uma cidade expandir sua rede metroviária está ligada à sua capacidade de investimento, planejamento e gestão das obras conforme sua legislação.

Diferentes experiências internacionais mostram que existem casos onde se atingiu uma velocidade de implantação muito superior à de outras cidades, como será descrito mais adiante. Casos assim ocorrem principalmente em cidades asiáticas onde a disponibilidade de recursos, o uso de tecnologia de ponta e o eficiente e pesado planejamento do Estado resultam em ritmos elevados de construção.

Por outro lado, foram avaliadas cidades com sistemas governamentais e de gestão semelhantes à área de estudo, onde os processos de implantação de linhas de metrô não alcançaram velocidades muito altas. Mesmo dentro desse grupo, existem cidades que se destacam mais do que outras e deve-se considerar tais elementos na determinação de um ritmo adequado ao Plano Diretor Metroviário.

8.1.1.1.1 Casos de Redes de Metrô Consolidadas

Para essa análise, levantou-se a malha metroviária de algumas cidades, buscando-se o início de sua construção e o fim de sua expansão. É importante ressaltar que, para fins de avaliação, foi levantado o início da construção do sistema e não a data de sua inauguração ou início de seu planejamento.

A data final foi considerada a última data de informação de aumento de quilometragem da rede, não considerando abertura de novas estações intermediárias ou melhorias tecnológicas da linha.

Algumas cidades ainda apresentam construções em andamento, ou seja, com previsão futura de conclusão. Estes trechos não inaugurados não foram contabilizados nas considerações de extensão atual e, portanto, não considerados na análise da taxa de expansão.

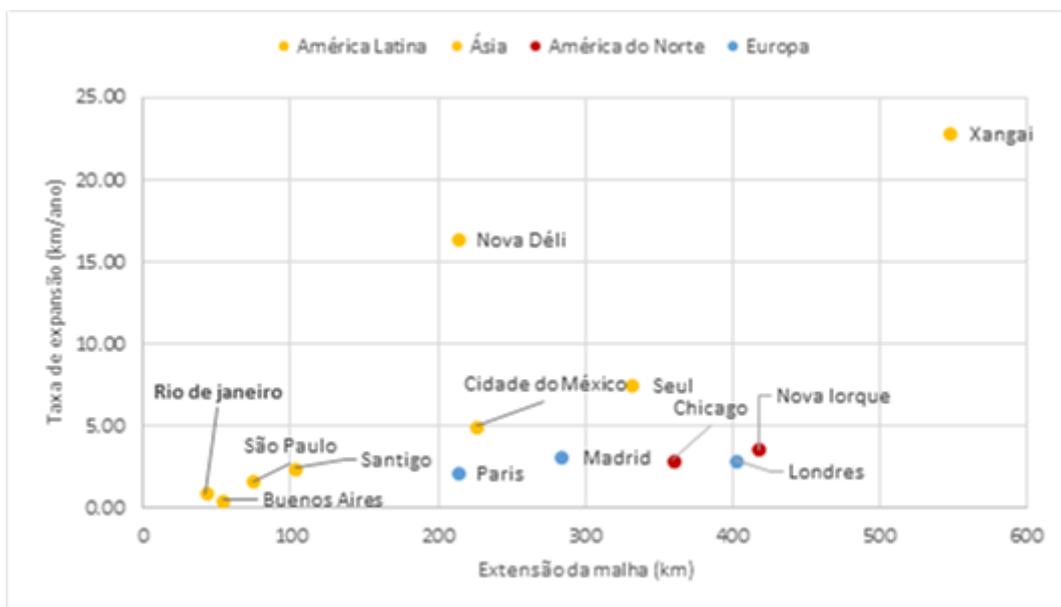
A análise do ritmo de expansão para as malhas selecionadas indicou características similares segundo proximidade regional.

Tabela 44: Extensão das malhas e período de construção.

EXTENSÃO DAS MALHAS E PERÍODO DE CONSTRUÇÃO				
REGIÃO	CIDADE	EXTENSÃO REDE (Km)	INÍCIO CONSTRUÇÃO	TÉRMINO EXPANSÃO
América Latina	Cidade do México	226	1967	2012
	Buenos Aires	54	1911	2015
	Santiago	103	1969	2011
	São Paulo	74	1969	2014
	Rio de Janeiro	41	1970	2009
América do Norte	Nova Iorque	418	1900	2015
	Chicago	360	1892	2015
Ásia	Xangai	548	1990	2014
	Nova Déli	213	2002	2015
	Seul	332	1971	2015
Europa	Paris	213	1898	1998
	Madrid	284	1916	2007
	Londres	402	1863	1999

Fonte: Análise elaborada com base nos sites oficiais dos sistemas de cada cidade.

Gráfico 3: Taxa de expansão versus tamanho da malha metroviária



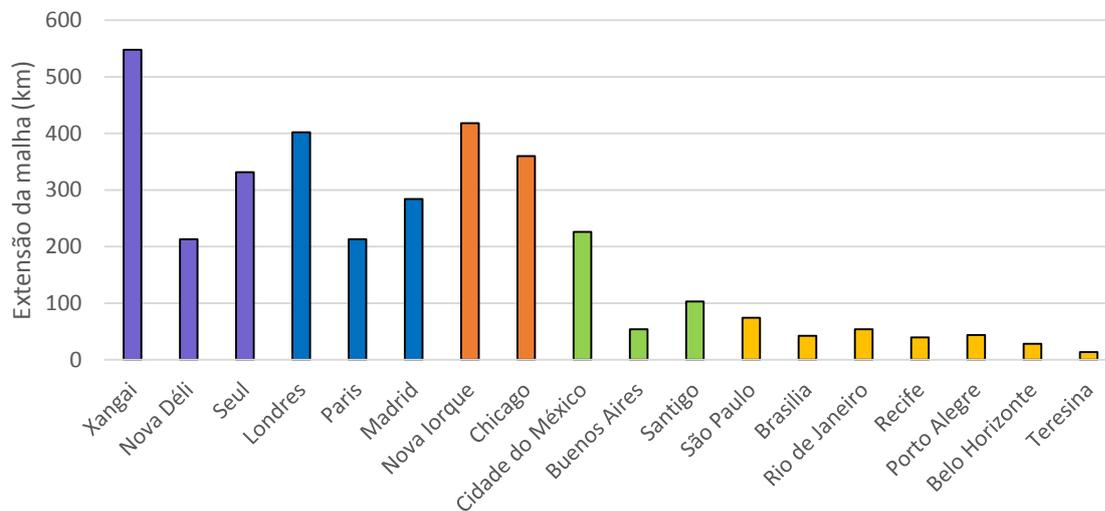
Fonte: Consórcio 2016, a partir de análise elaborada com base nos sites oficiais dos sistemas de cada cidade em questão

Nota-se que cidades asiáticas apresentam um perfil agressivo de expansão. Tais cidades encaixam-se no perfil de Estados fortes e planejados, que passaram por crescimento econômico intenso nos últimos anos, investindo fortemente em infraestruturas necessárias. Cidades europeias e norte americanas foram as pioneiras na implantação de sistemas metroviários. Estas cidades elaboraram projetos de longo prazo para sua infraestrutura de transporte, mantendo-se ativos os investimentos e um bom ritmo de crescimento, de modo que consolidaram sua rede e hoje dispõem em geral de grandes malhas.

Na América do Sul, por outro lado, as cidades enfrentaram ciclos consecutivos de recessão e crescimento econômico que, acompanhados de uma rápida expansão urbana e início de construção mais tardia, apresentaram taxa de expansão menor e malha metroviária ainda pouco extensa.

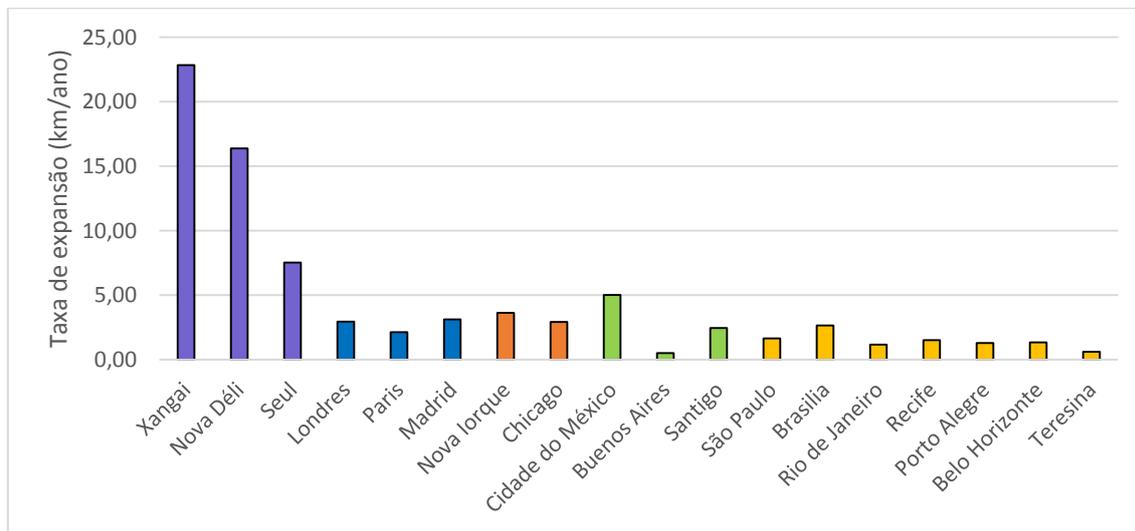
O Gráfico 16 relaciona a extensão da malha metroviária e o ritmo de expansão respectivamente de cidades ao redor do mundo e no Brasil.

Gráfico 4: Extensão da malha metroviária.



Fonte: Consórcio, 2016.

Gráfico 5: Taxa de expansão da malha metroviária desde o início de sua construção.



Fonte: Consórcio, 2016.

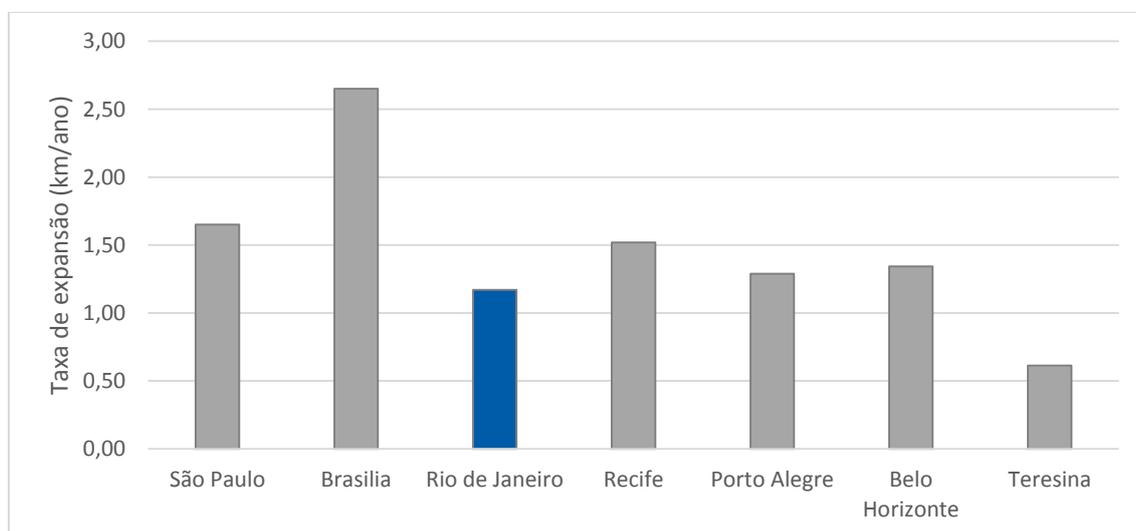
No âmbito nacional, as maiores malhas encontram-se nas maiores cidades, como apresentado na tabela 45. A expansão destas é dificultada por diversos motivos, dentre eles podem ser destacados a ausência de investimentos, falta de planejamento das cidades e entraves burocráticos.

Tabela 45: Extensão e período de construção da malha metroviária de algumas cidades do país.

EXTENSÃO E PERÍODO DE CONSTRUÇÃO DA MALHA METROVIÁRIA			
CIDADE	Extensão Rede	Início construção	Término expansão
São Paulo	74	1969	2014
Brasília	42	1992	2008
Rio de Janeiro	54	1970	2016
Recife	40	1983	2009
Porto Alegre	44	1980	2014
Belo Horizonte	28	1981	2002
Teresina	14	1988	2010

Fonte: análise elaborada com base nos sites oficiais dos sistemas de cada cidade

Gráfico 6: Taxa de expansão das redes metroviárias em cidades brasileiras.



Fonte: análise elaborada com base nos sites oficiais dos sistemas de cada cidade

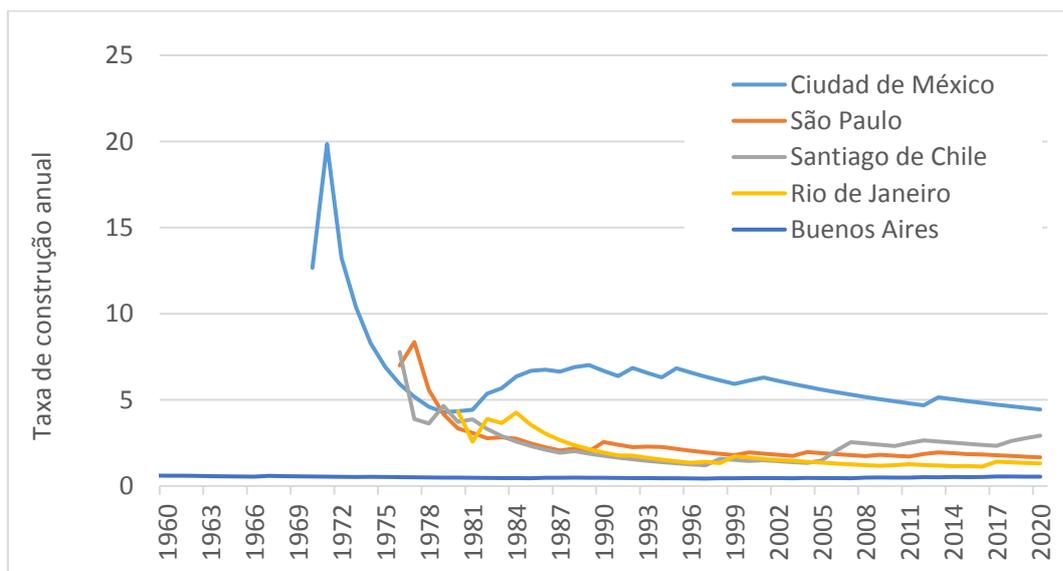
Observa-se que a maioria das cidades brasileiras manteve um ritmo de expansão próximo a 1,5 Km de trilhos de metrô inaugurados por ano. No entanto, Brasília apresentou a maior taxa anual de crescimento da malha metroviária, atingindo 2,65 Km/ano. Comparando-se o panorama mundial com os

das cidades brasileiras, nota-se ainda uma menor taxa de expansão das redes metroviárias nacionais. Cabe ressaltar que o desempenho de Brasília nesse aspecto deve-se a um misto de dois fatores: grande espraiamento de seu tecido urbano e menor participação do entrave desapropriações do que na maioria das demais cidades brasileiras que contam com sistemas metroviários.

8.1.1.1.2 Análise de Expansão Histórica de Redes Seleccionadas

Para uma análise mais detalhada, foram selecionadas as cidades com características socioeconômicas e governamentais próximas às da área de estudo e avaliou-se a evolução da inauguração de suas linhas de metrô ao longo dos anos, observando o seu ritmo de expansão com o tempo². A seguir são apresentados os resultados para as cidades escolhidas.

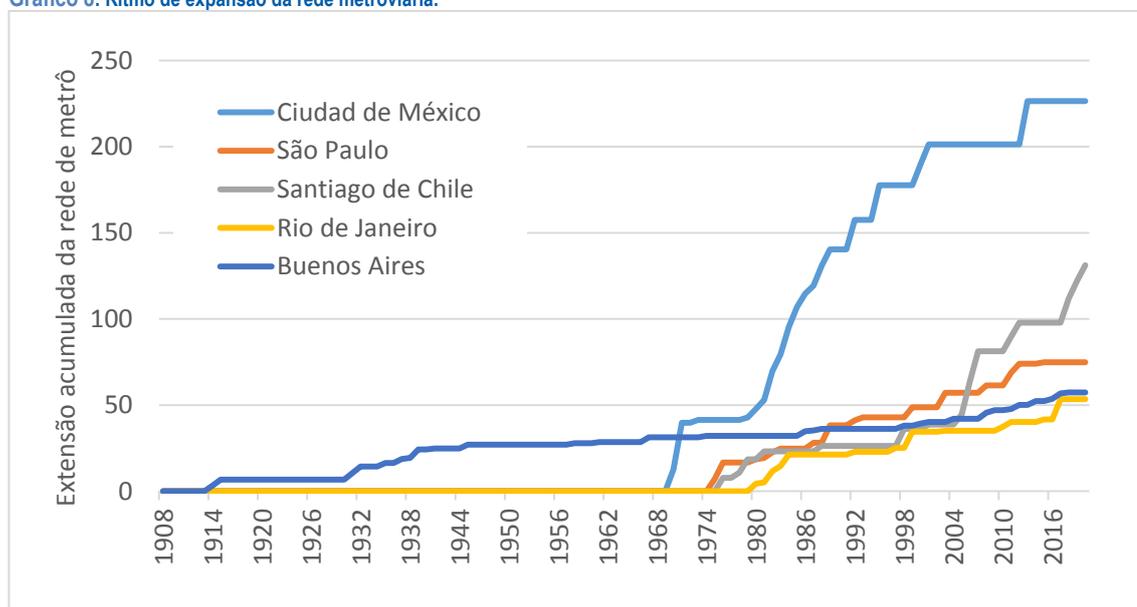
Gráfico 7: Evolução da malha metroviária das cidades seleccionadas.



Fonte: Consórcio, 2016.

2 Avaliou-se a taxa de expansão relativa a data de início de construção do sistema, independente da ocorrência de interrupções nas obras entre os períodos de inauguração. Adotou-se a premissa que a data de inauguração de cada trecho correspondia a data de inauguração de sua estação extrema.

Gráfico 8: Ritmo de expansão da rede metroviária.



Fonte: Consórcio, 2016.

Nos últimos anos, observou-se inauguração de poucos trechos da rede metroviária na cidade de São Paulo, o que impactou negativamente no ritmo de expansão, ou seja, por muitos anos não ocorreram expansões do sistema, diminuindo o ritmo de expansão. Além disto, São Paulo enfrenta ainda entraves legais e burocráticos na construção e ampliação das linhas metroviárias.

Há pressão por parte do setor público sobre as empresas para que estas concluam rapidamente as obras. No entanto, essas, por sua vez, atrasam alegando desde problemas com a elaboração dos projetos por parte do setor público até demora nas desapropriações e liberação de verbas.

A Cidade do México representa uma exceção no grupo das cidades latino-americanas. A construção do seu sistema metroviário também foi tardia comparando com cenários de países da Europa e América do Norte. Contudo, a cidade manteve um projeto de expansão intenso e quase constante, apresentando ritmos elevados de ampliação, o que resultou em uma malha metroviária com mais de 200 Km de extensão. Vale ressaltar a extrema centralização da população e recursos do país na Cidade do México, já que é a capital. Isto motivou historicamente uma grande mobilização de recursos para investimento no desenvolvimento da Capital.

Santiago do Chile se destaca pela ampliação da sua rede metroviária em anos mais recentes. Até meados da década de 90, a sua malha não era muito distinta, em extensão, da malha presente na cidade de São Paulo. Contudo, a cidade impôs um ritmo intenso nos anos 2000, construindo a segunda maior

malha metroviária da América Latina, contando ainda com uma série de inaugurações para os anos subsequentes.

Essa reversão positiva do quadro de Santiago mantém forte correlação com dois fenômenos urbano/ambientais relevantes: os elevados índices de emissão de poluentes que afetam a cidade e a ineficiência dos sistemas de ônibus, que passaram nos anos 70 por uma desregulamentação total, com aumento excessivo da oferta e uma nova regulamentação nos anos 90 e 2000, produzindo um sistema que não conseguiu conquistar a confiança da população. Assim como no México, o Chile também apresenta uma forte concentração na capital da sua população e, em consequência, de recursos públicos do Estado nacional.

Buenos Aires foi a cidade pioneira na América Latina, iniciando a construção do seu sistema metroviário em 1911, e inaugurando o primeiro trecho em 1913. Contudo, a cidade apresentou baixa taxa de expansão ao longo dos anos, inaugurando poucos Km por ano. Hoje, como resultado deste lento crescimento, a cidade apresenta uma malha metroviária menor do que a existente nas cidades de São Paulo, Santiago e Cidade do México. Nos anos 2000, a cidade apresentou um aumento de sua malha, com inauguração de novas estações. Por outro lado, na cidade do Rio de Janeiro, observou-se taxas de expansão da malha metroviária levemente inferiores a outras cidades estudadas.

Apesar das peculiaridades de cada local avaliado, observou-se que as cidades mantiveram um ritmo de expansão da rede metroviária em taxas compreendidas entre 0 e 5Km/ano. No Rio de Janeiro, a escassez de recursos e os conflitos inerentes ao processo de concessão de sua operação acabaram retardando e dificultando as sucessivas expansões que, com exceção da Linha 4 recentemente inaugurada, via de regra, foram lentas e em pequenos trechos.

8.1.1.2 Ritmo de Construção Atual das Linhas de Metrô

Entre as cidades estudadas, foram levantadas informações acerca de algumas linhas de metrô inauguradas recentemente, a fim de entender o panorama atual.

Tabela 46: Taxa de expansão de linhas recentes.

TAXA DE EXPANSÃO DE LINHAS RECENTES.					
LOCAL	LINHA	EXTENSÃO REDE (KM)	INÍCIO CONSTRUÇÃO	TÉRMINO EXPANSÃO	TAXA DE IMPLANTAÇÃO (KM/ANO)
Santiago	5	28	1994	2011	1,65
Cidade México	12	25	2008	2012	6,3
Lima	2	27	2014	2020	4,5
São Paulo	4	8,7	2004	2011	1,25
São Paulo	5	9,3	1998	2014	0,6
Rio de Janeiro	4	11,8	2010	2016	2,0

Fonte: Consórcio, 2016.

Em Santiago, inaugurou-se o último trecho da Linha 5 em 2011. Porém, trata-se de uma linha com 28 Km de extensão, cujo início das obras ocorreu em meados de 1994, com um ritmo médio de 1,65 Km inaugurados por ano. Já a Linha 12, na Cidade do México, foi construída entre 2008 e 2012, resultando uma taxa de 6,3 Km por ano.

As obras da Linha 4 de São Paulo foram iniciadas em 2004, sendo o último trecho operante inaugurado em 2011, resultando em um ritmo de expansão de 2,6 Km/ano. Ressalta-se que essa linha apresentou graves problemas com o acidente na construção da estação Pinheiros. As obras de escavação, realizadas por meio de tuneladora e NATM, foram finalizadas em 2009, resultando em 2,6 Km escavados por ano. O caso da Linha 5 da cidade São Paulo também é crítico. A construção de tal linha foi dividida em lotes e ocorreram problemas desde o poder público até a sociedade e as empresas, além de imprevistos de engenharia que não foram contabilizados nos projetos básicos. Assim, com a construção iniciada em 1998, aproximadamente 9,3 Km foram inaugurados até 2014, resultando uma taxa de 0,6 Km inaugurados por ano.

Com expectativa para ser inaugurada em 2020, a Linha 2 de Lima contará com 27 quilômetros e 27 estações, resultando em uma taxa de expansão de 4,5 Km/ano. Na cidade do Rio de Janeiro, a Linha 4 foi recentemente inaugurada e também sofreu atrasos. O trecho General Osório – Jardim Oceânico consta com cerca de 11,8 Km de extensão e apresentou ritmo de expansão de 2 Km ao ano, sendo inaugurado no dia 30 de julho de 2016.

No caso da Rede metroviária proposta no âmbito do PDM, a construção dos 153 Km de Metrô requereria um ritmo de construção de 5,1 Km por ano. Como observado nas análises aqui apresentadas,

há casos recentes que apresentam este ritmo de construção, tornando-o possível. No entanto, esta taxa de construção é ainda distante das experiências analisadas no Brasil.

Tabela 47: Extensão das expansões estudadas para a Rede Metroviária

EXTENSÃO DAS EXPANSÕES ESTUDADAS PARA A REDE METROVIÁRIA		
TRECHO	HORIZONTE	EXTENSÃO (M)
Estácio - Praça XV	2025	3.457
Praça XV - Arariboia	2025	4.605
Arariboia - Alcântara	2025	14.776
Deodoro - Presidente Vargas	2025	25.684
Alvorada - Cocotá	2035	32.169
Jardim Oceânico - Alvorada	2035	5.473
Uruguai - Del Castilho	2035	7.908
Gávea - Uruguai	2035	5.503
Uruguai - Av. Brasil	2045	7.574
Gávea - Carioca	2035	9.429
Alvorada - Recreio	2045	11.701
Arariboia - Maravista	2045	11.188

Fonte: Consórcio, 2016

Tabela 48: Taxa de construção requerida para execução da Rede Metroviária Estudada

TAXA DE CONSTRUÇÃO REQUERIDA PARA EXECUÇÃO DA REDE METROVIÁRIA ESTUDADA		
HORIZONTE	EXTENSÃO (KM)	TAXA DE CONSTRUÇÃO ANUAL
2025	48,5	4,85
2035	60,5	6,05
2045	30,5	3,05
2015-2045	139,5	4,65

Fonte: Consórcio, 2016

8.1.2 Análise da Capacidade de Investimento

8.1.2.1 Destinação de Recursos para Investimento em Obras de Mobilidade

No que tange à disponibilidade de recursos a serem destinados ao melhoramento da mobilidade urbana, pode-se afirmar que a quantidade de recursos é resultante de um compromisso entre a disposição no âmbito político e o grau de interesse destinado ao tema, além da necessidade de recursos em outros setores cujo atendimento também é de competência do Poder Público.

Com base na comparação entre as cidades localizadas em países em desenvolvimento, os fundos destinados a modos de transportes urbanos em regiões metropolitanas requerem entre 1% e 2% do PIB para cobrir os custos de investimentos rodoviários urbanos, de investimentos em transportes públicos e de operações necessárias (AFD, 2009)³:

No Plano Diretor de Transporte da Cidade de Teerã (2005/2006), foi recomendado que o poder público municipal destinasse 1,2% do PIB municipal para ser investido em mobilidade e transporte entre 2005 e 2016;

O Plano Diretor de Transporte do Grande Cairo apresenta um plano de investimentos em transporte público equivalente a 1,7% do PIB da região para o período de 2012 a 2020.

Entre 1997 e 2001, em Belgrado, o investimento no transporte público situou-se em torno de 1,04% do PIB da área metropolitana (Systra, 2008)

Segundo informações extraídas do Ministério da Fazenda - Secretaria do Tesouro Nacional (STN) e do IBGE, os gastos executados pelos municípios da Região Metropolitana do Rio de Janeiro que dispunham de informações superam os 32 bilhões de reais (informações disponíveis para consulta sobre o exercício de 2014). Destes, 16% foi destinado para investimentos em obras públicas, o que resulta em um total de aproximadamente 5 bilhões de reais. Extrapolando-se os dados disponíveis para o total dos municípios da Região Metropolitana, estima-se que o total de investimentos teria atingido os 8 bilhões de reais para o mesmo horizonte temporal supracitado.

3 Who pays what for urban transport? Handbook of good practices. (Quem paga pelo transporte urbano? Manual de boas práticas), Agencia Francesa de Desenvolvimento (AFD), 2009

Tabela 49: Resultado Fiscal 2014 (Valores em milhares de reais)

RESULTADO FISCAL 2014 (VALORES EM MILHARES DE REAIS)			
REGIÃO	PIB ESTIMADO 2014 R\$ MILHARES	DESPESAS TOTAIS 2014 R\$ MILHARES	NÍVEL DE INVESTIMENTOS EM OBRAS PÚBLICAS
Região Metropolitana Rio de Janeiro	352.374.384	32.091.295	16%
Belford Roxo	7.403.894	563.370	2,7%
Cachoeiras de Macacu*			
Duque de Caxias*			
Guapimirim	700.033	149.959	11,3%
Itaboraí	3.390.766	674.813	20,9%
Itaguaí	5.362.413	625.868	9,1%
Japeri*			
Magé	3.074.027	379.934	3,8%
Maricá	3.348.955	492.654	19,7%
Mesquita	2.195.623	241.617	3,4%
Nilópolis	2.356.421	221.613	7,9%
Niterói	16.095.099	1.639.540	6,3%
Nova Iguaçu	13.746.428	1.216.714	10,5%
Paracambi	687.905	106.938	8,7%
Queimados	2.321.040	257.758	15,9%
Rio Bonito	1.251.671	195.631	7,8%
Rio de Janeiro	268.315.226	23.788.773	17,9%
São Gonçalo	14.666.478	977.976	5,8%
São João de Meriti	7.035.168	485.701	5,4%
Seropédica*			
Tanguá	423.238	72.436	9,9%

* municípios sem informações disponíveis para consulta, informações cadastradas no FINBRA 2014 ou Ministério da Fazenda 2014.

Fonte: Ministério da Fazenda, STN (FINBRA), <https://meumunicipio.org.br/>

Fonte: Consórcio, 2016

Os dados levantados permitem concluir que o gasto anual em investimentos executado pelo Estado na RMRJ chega a representar 1,4% do PIB. Porém, este valor representa o investimento em todos os setores, o que difere das recomendações internacionais que apontam a necessidade desse montante de investimento como recomendável apenas para o setor de mobilidade.

Outra reflexão importante se refere ao destino final dos recursos orientados à mobilidade. De acordo com o estudo “Transforming Urban Mobility in Mexico – Towards Accessible Cities less Reliant on Cars” (Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento -ITDP, 2012), 2/3 dos recursos públicos destinados a mobilidade são destinados a expansão ou manutenção do sistema viário, assim como outras

infraestruturas orientadas ao uso do automóvel. Esta distribuição de recursos reforça o modelo urbano baseado no automóvel, mesmo que resulte em externalidades e problemas de mobilidade urbana.

A rede metroviária proposta e objeto do PDM requer um investimento de 70,847 bilhões de reais em infraestrutura e material rodante, o que significa a implantação de aproximadamente 150 Km de metrô em um prazo de 30 anos. Com isto, seriam destinados em média 2,36 bilhões de reais anualmente para a expansão da Rede Metroviária durante este período.

Como apresentado nas tabelas a seguir, incluindo os trechos Estácio – Praça XV, que foi considerado no cenário de referência, este montante de investimento se encontra dentro das ordens de grandeza do pressuposto anual dos investimentos da RMRJ e pode-se verificar que a execução dos 150 Km de projeto metroviário consumiria cerca de 40% do montante destinado a investimentos.

Tabela 50: Custo estimado da Rede Proposta (Valores em reais)

CUSTO ESTIMADO DA REDE PROPOSTA (VALORES EM MILHARES DE REAIS)				
TRECHO	HORIZONTE	CUSTO OBRA CIVIL + FROTA	OBRAS, SISTEMAS E PÁTIOS	FROTA
Ampliação da Frota 1 e 2		R\$ 2.141.034.040	R\$ -	R\$ 2.141.034.040
Estácio - Praça XV		R\$ 4.288.323.803	R\$ 3.671.705.999	R\$ 616.617.804
Praça XV - Arariboia	2025	R\$ 3.934.768.203	R\$ 3.386.663.489	R\$ 548.104.714
Arariboia - Alcântara	2025	R\$ 6.516.068.454	R\$ 5.642.526.566	R\$ 873.541.888
Pdt Vargas - Deodoro	2025	R\$ 20.017.716.067	R\$ 17.414.218.674	R\$ 2.603.497.393
Alvorada - Jardim Oceânico	2035	R\$ 4.402.784.314	R\$ 4.248.629.863	R\$ 154.154.451
Alvorada - Cocotá	2035	R\$ 8.847.173.982	R\$ 7.768.092.825	R\$ 1.079.081.156
Gávea - Uruguai	2035	R\$ 3.204.365.808	R\$ 3.204.365.808	R\$ -
Gávea - Carioca	2035	R\$ 6.384.371.280	R\$ 6.178.832.012	R\$ 205.539.268
Uruguai - Del Castilho	2035	R\$ 6.224.573.582	R\$ 5.659.340.596	R\$ 565.232.987
Recreio - Alvorada	2045	R\$ 9.042.915.245	R\$ 8.374.912.624	R\$ 668.002.620
Arariboia - Maravista	2045	R\$ 7.872.501.534	R\$ 7.512.807.815	R\$ 359.693.719
Gávea - Uruguai - Av. Brasil	2045	R\$ 4.901.760.942	R\$ 4.542.067.223	R\$ 359.693.719

Fonte: Consórcio, 2016

Tabela 51: Investimento anual requerido para execução da Rede Metroviária Estudada

INVESTIMENTO ANUAL REQUERIDO PARA EXECUÇÃO DA REDE METROVIÁRIA ESTUDADA		
HORIZONTE	CUSTO OBRA CIVIL + FROTA	TAXA DE INVESTIMENTO ANUAL
Linhas 1 e 2 (até 2025)	R\$ 6.429.357.843	R\$ 1.607.339.461
2025	R\$ 30.468.552.724	R\$ 3.808.569.091
2035	R\$ 29.063.268.965	R\$ 2.906.326.896
2045	R\$ 21.817.177.720	R\$ 2.181.717.772
2015-2045	R\$ 65.961.179.531	R\$ 2.536.968.444
PIB 2015 (estimado)		431.213.928
Despesa 2015 (estimado, 9,1% do PIB)		39.271.338
Investimento 2015 (estimado, 15,6% das despesas)		6.124.985

Fonte: Consórcio, 2016

8.2 VISÃO DO PDM PARA IMPLANTAÇÃO DA REDE METROVIÁRIA PROPOSTA

A partir das análises aqui apresentadas, reforçam-se as seguintes premissas sobre os projetos de investimentos em sistemas metroviários:

Associado à capacidade, qualidade do serviço e benefícios resultantes de tempo e mobilidade destes tipos de sistemas, o investimento necessário é de alto impacto no âmbito local. A Rede Metroviária objeto de estudo consumiria aproximadamente 40% do total destinado a investimentos públicos durante os próximos 30 anos, limitando tanto os investimentos em outras frentes da mobilidade quanto os investimentos em outras áreas públicas;

Deve existir alinhamento total da política pública e dos entes técnicos envolvidos no planejamento e execução. Somente desta forma se alcançaria a implantação dos projetos metroviários em tempos razoáveis, atendendo os atrasos históricos da mobilidade e visualizando benefícios sociais da forma mais imediata.

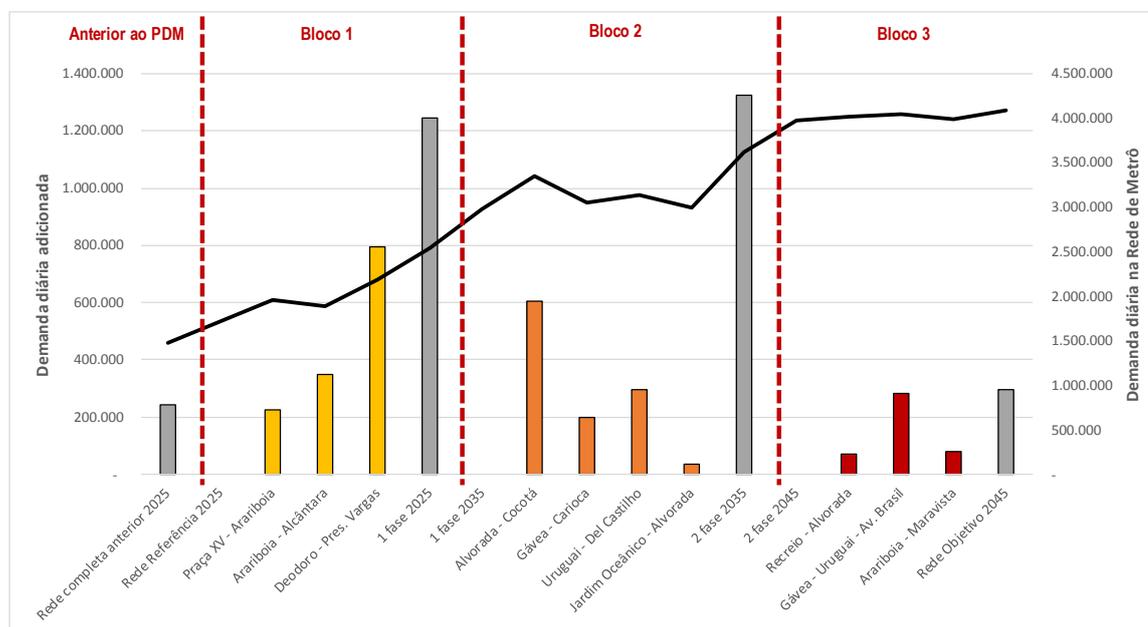
A metodologia aplicada neste estudo permitiu priorizar as alternativas de expansão metroviária da RMRJ. Ainda no âmbito da exigência de recursos da rede estudada, as prioridades obtidas continuam

apontando a iminência de alguns projetos, que trariam grandes benefícios à RMRJ. Com todos estes elementos, o Plano Diretor Metroviário revisou as alternativas estudadas e concluiu quais deveriam ser as próximas fases de expansão da Rede de Metro de Rio de Janeiro, assim como seus recursos necessários.

Considerando as três óticas de análise desenvolvidas – Demanda; Avaliação Financeira e Capacidade de Investimento e Construção, e, mantida o agrupamento de linhas/trechos por blocos decenais, verifica-se:

- Que a contribuição de demanda dos três blocos é bastante díspar
- Que o primeiro bloco contribui com maior demanda do que os dois subsequentes.
- Que a contribuição de demanda do terceiro bloco é marginal
- Que os benefícios sócio econômicos do primeiro bloco acompanham o comportamento da demanda, ou seja, destacam-se diante dos outros dois blocos. O segundo bloco revela-se importante ainda, porém o terceiro não se mostra relevante.

Gráfico 9: Demanda adicionada e demanda total da rede por alternativa



Fonte: Consórcio, 2016

Da análise financeira desprende-se que o primeiro bloco decenal é muito vantajoso, e permite consagrar o atual modelo adotado pelo Metrô do Rio de Janeiro: estabelecendo a concessão da operação e manutenção a ente privado e mantendo os investimentos em infraestrutura e material rodante nas mãos do Estado. Além disso, permite um excedente financeiro que poderia ser considerado valor de outorga ou até mesmo instituir um fundo que permita futuras ampliações da rede. O segundo bloco não apresenta qualquer excedente, porém também ratifica o atual modelo. Por outro lado, o terceiro, precisa de um expressivo aporte de recursos públicos, o que o torna sua execução ainda mais difícil. Apresenta-se a seguir a Tabela 52, que mostra resumidamente os resultados da avaliação financeira.

Tabela 52: Resumo dos resultados da avaliação financeira

RESULTADOS DA AVALIAÇÃO FINANCEIRA – SUSTENTABILIDADE FINANCEIRA							
Cenário de Avaliação	Custos Operacionais	Custos de Capital		Resultados	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3
		Infraestrutura	Material Rodante		2025 A 2054	2035 A 2064	2045 A 2074
Dados gerais	-	-	-	Acréscimo de demanda	335.590.190	314.756.614	105.925.954
				Receita anual (milhões R\$)	R\$ 722	R\$ 817	R\$ 270
				CAPEX total (milhões R\$)	R\$ 36.028	R\$ 38.740	R\$ 32.861
				OPEX anual (milhões R\$)	R\$ 435	R\$ 852	R\$ 1.151
Cenário de avaliação	Tarifa	Aportes públicos	Aportes públicos	EBITDA	R\$ 287	-R\$ 35	-R\$ 881
				Subsídio anual		R\$ 35	R\$ 881
				Receita/Custos	166%	96%	23%
				Sustentabilidade Financeira	SIM	NÃO	NÃO

Fonte: Consórcio, 2016

No que tange aos investimentos, conclui-se que a taxa de construção de 5,1 Km por ano pode ser considerada uma taxa bastante alta e nunca vista no país, porém pode ser considerada possível se considerarmos experiências internacionais de países com realidade não tão distinta à brasileira, especialmente no caso mexicano e peruano.

Em consequência do critério financeiro mostra-se que construir os 150 Km necessários é um esforço significativo, pois consome ao longo de 30 anos o montante equivalente a 40% dos recursos orçamentários dos municípios envolvidos nesse mesmo período. Se considerarmos a expressiva carência em outros setores, perceberemos que a execução desse investimento se torna pouco provável.

Nesse sentido, implantar a totalidade da rede proposta pelo PDM requererá um esforço adicional e uma mudança de paradigma no que tange à priorização de investimentos em infraestrutura de transportes. É importante que essa proposta esteja incorporada ao PDM dada a natureza do plano, pois alterações conjunturais na economia do Estado do Rio de Janeiro, bem como a chegada ao governo de gestores focados em investimentos em infraestrutura podem acontecer, e é importante que fique registrada a necessidade e a viabilidade desses investimentos.

Dada a incerteza da conjuntura econômica e a capacidade de investimento do Estado do Rio de Janeiro e a previsível dificuldade em mudança de paradigma supracitada, o Consórcio considerou importante destacar entre o conjunto de propostas, aquelas que mereceriam um tratamento prioritário, conforme apresentado nos itens a seguir.

8.2.1 Prazos e Etapas de Implantação das Alternativas Priorizadas

A partir das análises técnicas realizadas, e, sempre tendo em conta as ponderações apresentadas no item imediatamente anterior, sugere-se que:

- a) O primeiro bloco de linhas seja implantado em sua totalidade, respeitando sempre que possível a sequência sugerida inicialmente;
- b) O segundo bloco seja implantado também na totalidade, mantendo a sequência de prioridades, porém permitindo-se um distanciamento maior entre implantações, seja via seccionamento em subtrechos, seja superando o prazo de dez anos, ou a combinação das duas medidas, sempre guardando coerência com as possibilidades de investimento público e as modelagens das concessões;
- c) O terceiro bloco não seja implantado, ou que o seja parcialmente, e ainda assim somente após a conclusão da implantação de todo o segundo bloco e revendo o prazo de dez anos previamente sugerido. Ainda assim caberá uma reavaliação da demanda, via simulações, num prazo estimado de 20 anos a partir da data de edição deste relatório.

8.2.1.1 Alternativas Priorizadas

A Tabela 53 a seguir mostra as linhas cuja implantação é recomendada pelo PDM, com os respectivos horizontes temporais decorrentes dos dois blocos decenais da compartimentação temporal adotada pelo plano

Tabela 53: Hierarquização das linhas que superaram as análises de viabilidade

Ordem	Cenário	Linha	Custo	Extensão
Anterior ao PDM	Anterior ao PDM	Estácio –Praça XV (com ampliação da frota das linhas 1 e 2)	R\$ 6.429.357.843	3.457 m
1	2025	Praça XV - Arariboia	R\$ 3.934.768.203	4.605 m
2	2025	Deodoro - Pres. Vargas	R\$ 20.017.716.067	25.684 m
3	2025	Arariboia - Alcântara	R\$ 6.516.068.454	14.776 m
4	2035	Alvorada - Cocotá	R\$ 8.847.173.982	32.169 m
5	2035	Gávea - Carioca	R\$ 6.384.371.280	9.429 m
6	2035	Gávea - Uruguai - Del Castilho	R\$ 9.428.939.39	13.411 m
7	2035	Jardim Oceânico - Alvorada	R\$ 4.402.784.314	5.473 m
Total			R\$ 59.531.821.689	109.004 m

Fonte: Consórcio, 2016

8.2.1.2 Cronograma de Implantação

Foi desenvolvido um cronograma visando à implantação da rede metroviária proposta pelo PDM, e já considerando as prioridades previstas com base na metodologia adotada e a sugestão apresentada anteriormente. De início assume-se que uma nova cadência de investimentos se faz necessária após excluir o terceiro bloco decenal. Que corresponderia a R\$ 2,4 bilhões por ano enquanto o ritmo de construção resultante equivaleria a 4,2 Km por ano. O cronograma em questão é o produto de um exercício realizado considerando o seguinte conjunto de critérios:

a) Para a implantação foram consideradas quatro macro atividades:

- Planejamento e elaboração de projetos executivos
- Construção propriamente dita;
- Aquisição de material rodante (frota)
- Construção ou adequação de pátios

b) As atividades de planejamento podem ser executadas em paralelo à construção da obra civil de túneis, estações e pátios.

c) Dados os tempos que os fabricantes demandam, a aquisição do material rodante (frota) ocorre no último ano do período de construção em questão, exceto nos casos do aumento da frota da Linha 1 e 2, e da linha Deodoro – Presidente Vargas nos quais a frota tem um volume maior que dificilmente conseguiria ser entregue em um ano só pelos fabricantes.

d) Foi respeitada a prioridade obtida do processo de análise multicritério (AHP)

A tabela 54 a seguir, apresenta de maneira sintética a proposta de cronograma de implantação da nova rede. A versão completa deste elemento encontra-se no ANEXO DIGITAL G - Custos Operacionais - Cenário Prognóstico, em arquivo formato xlsx para livre análise por parte do leitor. O referido material constitui parte integrante do conjunto de anexos digitais deste relatório.

Tabela 54: Cronograma de Implantação Proposto

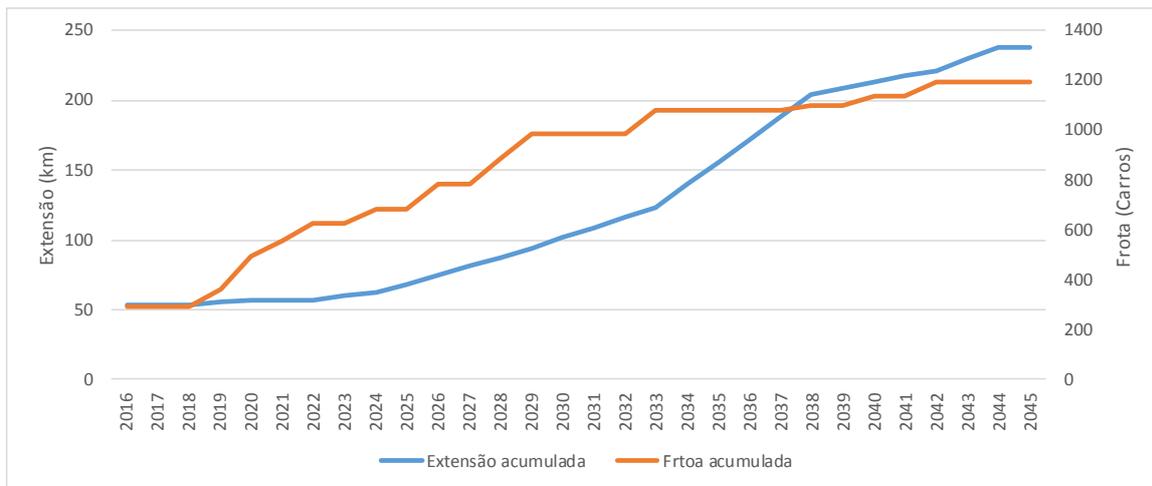
Linha	Cenário		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	
Rede Atual	2020	Planejamento																															
	2020	Construção																															
	2020	Frota																															
L2 Estácio - Praça XV	2020	Planejamento																															
	2020	Construção																															
	2020	Frota																															
Ampliação da Frota 1 e 2	2020	Planejamento																															
	2020	Construção																															
	2020	Frota																															
L2 Praça XV - Araróbia	2025	Planejamento																															
	2025	Construção																															
	2025	Frota																															
L7 Deodoro - Pres. Vargas	2025	Planejamento																															
	2025	Construção																															
	2025	Frota																															
L3 Araribóia Alcantara	2025	Planejamento																															
	2025	Construção																															
	2025	Frota																															
L6 Alvorada - Cocotá	2035	Planejamento																															
	2035	Construção																															
	2035	Frota																															
L5 Gávea - Carioca	2035	Planejamento																															
	2035	Construção																															
	2035	Frota																															
L8 Uruguai – Del Castilho	2035	Planejamento																															
	2035	Construção																															
	2035	Frota																															
Gávea - Uruguai	2035	Planejamento																															
	2035	Construção																															
	2035	Frota																															
L4 Jardim Oceânico - Alvorada	2035	Planejamento																															
	2035	Construção																															

Fonte: Consórcio, 2015

8.2.1.3 Frota Requerida

O gráfico e a tabela a seguir ilustram a evolução quilométrica da rede metroviária implantada e a evolução da frota ao longo do tempo (ano a ano) expressa em carros. A unidade “carros” foi escolhida em virtude da previsão de composições de números distintos de carros, por linha, a qual atende à demanda projetada e às peculiaridades dos serviços a serem prestados, especialmente os intervalos (headways) previstos. Conforme explicitado anteriormente, a Linha 2 existente, operará, quando ampliada, com composições de 8 carros, o mesmo ocorrendo com a linha Deodoro-Presidente Vargas. As demais linhas contarão com frotas de composições de seis carros.

Gráfico 10: Extensão e frota acumulada da rede



Fonte: Consórcio, 2015

Tabela 55: Extensão e frota acumulada da rede

Ano	Extensão adicionada (Km)	Extensão acumulada (Km)	Frota adicionada (carros)	Frota acumulada (carros)
2016	54	54	294	294
2017	0	54	0	294
2018	0	54	0	294
2019	2	56	65	359
2020	2	57	137	495
2021	0	57	65	560
2022	0	57	65	624
2023	2	60	0	624
2024	2	62	56	680
2025	6	68	0	680
2026	6	75	101	781
2027	6	81	0	781
2028	6	88	101	883
2029	6	94	101	984
2030	7	101	0	984
2031	7	109	0	984
2032	7	116	0	984
2033	7	124	96	1.080
2034	16	140	0	1.080
2035	16	156	0	1.080
2036	16	172	0	1.080
2037	16	188	0	1.080
2038	16	204	18	1.098
2039	5	209	0	1.098
2040	5	213	36	1.134
2041	4	217	0	1.134
2042	4	221	60	1.194
2043	8	230	0	1.194
2044	8	238	0	1.194
2045	0	238	0	1.194

Fonte: Consórcio, 2015

8.2.1.4 Infraestrutura Complementar

Um sistema metroviário tem na infraestrutura um pilar indispensável à sua materialização. Além de estações, obras de arte, subestações, os pátios exercem um papel muito importante. Para a ampliação do único pátio existente atualmente – o do Centro, e a implantação dos outros cinco que se fazem necessários, foi montada também uma estratégia de implantação, a qual é coerente com as implantações das linhas e trechos de linhas e que obedece fielmente a alocação de frotas e pátios apresentada anteriormente, junto ao CAPEX. A imagem a seguir apresenta o cronograma proposto para implantação dos pátios do Metrô do Rio de Janeiro:

Tabela 56: Cronograma de construção ou intervenção em garagens

Pátio	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	
Centro																															
Maria da Graça																															
Barra da Tijuca																															
Deodoro																															
Neves																															
Guaxindiba																															

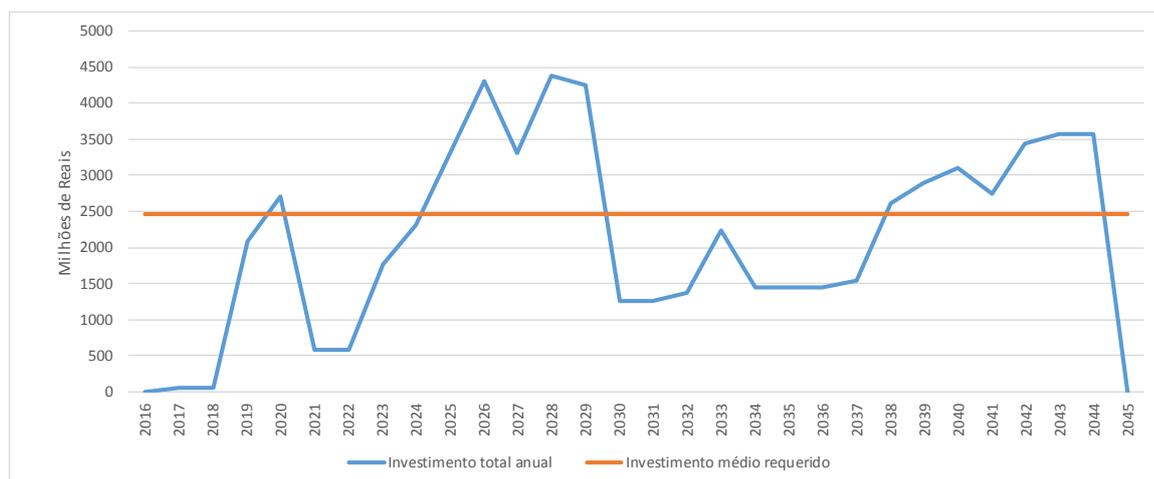
Fonte: Consórcio, 2015

8.2.1.5 Cronograma de Investimentos

Por último, este capítulo apresenta o Cronograma de Investimentos, que mostra os dispêndios de recursos necessários ao longo dos trinta anos de horizonte delimitados para o PDM. O mesmo está expresso monetariamente em milhões de reais (R\$ MM). Destaca-se a curva de investimentos e a linha que expressa o investimento médio anual necessário. Observa-se que entre 2025 e 2031 e entre 2042 e 2043 os investimentos superam essa média. Isso é explicado pela concentração que existe nesses

períodos da implantação das linhas que demandam os maiores investimentos. O gráfico e a tabela a seguir materializam o cronograma em questão.

Gráfico 11: Cronograma de investimento



Fonte: Consórcio, 2015

Tabela 57: Cronograma

Ano	Investimento requerido (milhões de reais)
2016	0
2017	55
2018	55
2019	2.316
2020	2.933
2021	586
2022	586
2023	1.773
2024	2.321
2025	3.378
2026	4.377
2027	3.378
2028	4.461
2029	4.331
2030	1.368
2031	1.368
2032	1.485
2033	2.358
2034	1.507
2035	1.507
2036	1.507
2037	1.600
2038	2.679
2039	3.082
2040	3.287
2041	2.793
2042	3.486
2043	3.615
2044	3.615
2045	0
Total	65.807

Fonte: Consórcio, 2015

9. AÇÕES DE CARÁTER INSTITUCIONAL, COOPERAÇÃO TÉCNICA E FINANCEIRA

O presente capítulo trata da análise dos aspectos institucionais e financeiros relevantes na viabilização da implantação das alternativas propostas pelo Plano Diretor Metroviário da Região Metropolitana do Rio de Janeiro – PDM RMRJ, incluindo a avaliação de mecanismos de parceria público-privada, cooperação técnica e financeira, buscando-se identificar oportunidades e desafios para cada um deles.

O transporte público representa não apenas o insumo da atividade produtiva das cidades, mas também o meio pelo qual a população consegue ter acesso aos serviços sociais. Tratando-se da ampliação da rede metroviária, como constitui o PDM, a implantação de novas infraestruturas de transporte coletivo de alta capacidade lida ainda com a estruturação regional por meio da criação de elementos de conexão entre seus subcentros, articulando a rede urbana tendo em vista seu desempenho e a busca por um território metropolitano mais equivalente.

O seu financiamento e a organização institucional que viabilizam tal estruturação, entretanto, configuram questão complexa, especialmente em países em desenvolvimento como o Brasil, que sofre com a escassez de recursos e precisa lidar não apenas com os diferentes atores envolvidos no processo, sejam estes públicos ou privados, mas também com a necessidade de preparação do Estado para as crescentes demandas da própria sociedade por serviços públicos de maior qualidade comprometidos com a modicidade tarifária.

Nesse sentido, o objetivo do presente capítulo é apresentar as diferentes fontes e mecanismos de financiamento para transporte público e a organização do arcabouço institucional necessário para sua implantação e gerenciamento, tendo como base o caso da RMRJ e as propostas do PDM. O capítulo está dividido em três partes: a primeira tem por objetivo apresentar o tema, introduzir, de forma geral, algumas características do financiamento dos transportes no Brasil e uma análise sobre as fontes de financiamento existentes, como o financiamento público, o financiamento pelos usuários, o financiamento através de empresas privadas e também o financiamento através da captura do valor da terra; o segundo item apresenta os principais mecanismos existentes para financiar o transporte público, sendo estes a Parceria Público-Privada (PPP), as concessões comuns, as debêntures para infraestrutura, a Outorga Onerosa do Direito de Construir, as Operações Urbanas e também o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL);

finalmente, a última parte trata da visão-objetivo da estrutura institucional para o cenário com a rede proposta pelo PDM, de modo que o Estado do Rio de Janeiro esteja preparado para os desafios que serão colocados na execução do Plano Diretor Metroviário.

Ao longo do texto são utilizados exemplos de casos nacionais e internacionais destacados para exemplificar os mecanismos existentes para a viabilização financeira e institucional de políticas urbanas, indicando caminhos que poderão ser trilhados pela administração fluminense para a implantação das linhas propostas pelo PDM.

9.1 ABORDAGEM DOS MECANISMOS DE FINANCIAMENTO E COOPERAÇÃO

Em muitas cidades do mundo a expansão urbana e o congestionamento viário atrelado à priorização do automóvel particular são aspectos que têm gerado uma necessidade crescente por transportes urbanos públicos sustentáveis e acessíveis. Por outro lado, o financiamento destes sistemas apresenta um alto custo que dificilmente consegue ser suprido pelo Poder Público, sendo preciso, assim, pensar em outras formas e mecanismos de financiamento. No caso da RMRJ, a ampla rede metroviária proposta pelo PDM configura resposta à necessária qualificação da oferta de transporte público metropolitano, dependente de vultosos investimentos cujo financiamento exigirá abordagens inovadoras dados os limites do uso direto de recursos públicos.

Vale, primeiramente, destacar a distinção entre financiamento para o investimento e o financiamento para operações, ainda que seja dada maior ênfase nos mecanismos voltados à implantação de infraestruturas e serviços.

9.1.1 O Financiamento dos Transportes no Brasil

O Estado brasileiro é responsável por promover o transporte no Brasil, com distintas competências constitucionais distribuídas entre a União, os estados e os municípios. Recentemente, a Emenda Constitucional Nº 90, promulgada em 2015, incluiu o transporte na lista dos Direitos Sociais que estão previstos no Artigo 6º da atual Constituição. No entanto, a viabilização desse direito é um grande desafio para o Poder Público, uma vez que o financiamento do sistema de transportes enfrenta não apenas desafios de caráter financeiro, mas também de caráter legal, institucional, cultural, entre outros.

No Brasil, a indústria automobilística, introduzida na década de 1950, foi priorizada pelo Poder Público como uma forma de desenvolver o setor industrial no país. As cidades, por sua vez, tiveram o seu crescimento marcado por uma valorização das áreas centrais e por uma ocupação das áreas periféricas pelas camadas da população de baixa renda. Tal dinâmica de ocupação do território representa até hoje um desafio para o setor dos transportes, uma vez que este deve fazer com que toda a população, especialmente a de baixa renda, consiga ter acesso aos serviços públicos e ao mercado de trabalho, que se encontram essencialmente nas regiões centrais.

Como resultado da dinâmica de ocupação espacial das cidades brasileiras e da priorização do transporte individual, as cidades apresentam problemas sérios de congestionamento, poluição, acidentes, diminuição da produtividade, entre outros. Ainda, a priorização dos automóveis particulares aumenta o custo e a ineficiência do transporte público pela constante disputa pelo espaço de circulação (altos custos operacionais por conta dos congestionamentos enfrentados pelos veículos coletivos) e pelos reduzidos investimentos feitos historicamente no setor (especialmente quando comparados com os recursos alocados na estruturação viária focada no automóvel), o que prejudica toda a população de baixa renda que é dependente do serviço.

Nesse sentido, é possível afirmar que tal realidade tem se mostrado insustentável não apenas do ponto de vista econômico, mas também social e ambiental. Fica o Poder Público, assim, com o desafio complexo de procurar formas de estimular o uso de outros modos de transporte e de encontrar os recursos necessários para financiar o sistema, tanto no que diz respeito ao investimento em infraestrutura, quanto no que diz respeito a sua operação.

9.1.2 Fontes de Financiamento Público para os Transportes

O Poder Público, seja em esfera central, regional ou local, é o principal ator envolvido no financiamento dos modos de transporte urbano em termos de investimento e, com menor frequência, em termos operacionais. Assim como já abordado, é dever do Estado Brasileiro (Latu Sensu) oferecer à população os serviços de transporte público e mobilidade urbana, de modo que o financiamento público dos sistemas de transporte das cidades é justificável, porém dificilmente é suficiente para suprir a demanda por tal serviço.

Pode ser considerado como financiamento público todo o financiamento realizado pelo Poder Público de modo direto ou indireto. O financiamento público direto é aquele realizado por entes da Administração Pública Direta de nível central, regional ou local, como órgãos federais e ministérios, secretarias estaduais ou municipais.

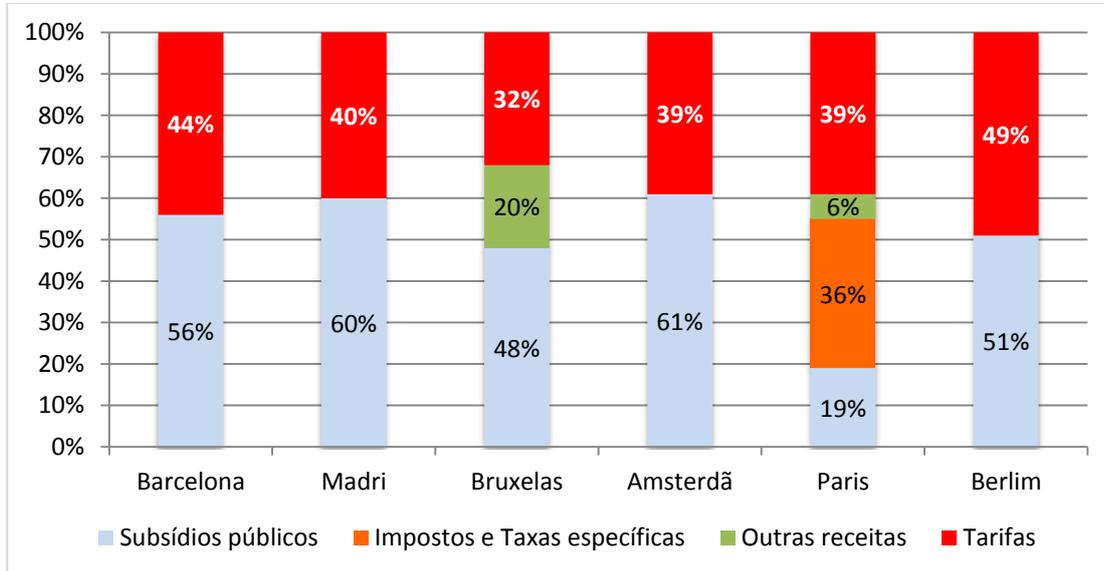
Por outro lado, a atuação indireta do Poder Público diz respeito às instituições da Administração Pública Indireta que promovem o financiamento, a exemplo das empresas públicas ou das sociedades de economia mista. Usualmente, o financiamento público busca recursos em fundos setoriais, no sistema bancário nacional estatal (inclusive bancos de desenvolvimento) e em agências e instituições internacionais de crédito.

No caso, o presente capítulo busca introduzir duas discussões importantes que dizem respeito ao financiamento público em sua forma mais geral: a primeira diz respeito ao financiamento público em termos de investimentos e busca analisar como as estruturas institucionais e legais brasileiras tem interferência direta na atuação dos diferentes atores em relação ao financiamento público.

A segunda discussão diz respeito ao grau de participação do Poder Público na operação dos sistemas, uma vez que tais operações, mesmo quando feitas por um ente privado, dificilmente conseguem se manter sem o auxílio financeiro da Administração Pública por meio de subsídios, especialmente no caso dos transportes urbanos tendo em vista políticas sociais como gratuidades para grupos específicos (como idosos, estudantes, desempregados) ou descontos na integração tarifária intermodal.

Ainda que não exista uma política ampla de subsídios públicos à operação dos sistemas de transporte na RMRJ, exceto por compensações à integração intermodal e gratuidades sociais, este tema deverá surgir com a ampliação da rede tendo em vista o exemplo de outras grandes cidades do mundo, em que raramente a cobrança de tarifa cobre mais de 50% dos custos operacionais, conforme exemplificado no gráfico a seguir:

Gráfico 12: Participação de fontes de financiamento à operação de sistemas de transporte em regiões metropolitanas europeias: Barcelona, Madri, Bruxelas, Amsterdã, Paris e Berlim (2004-2007).



Fonte: European Metropolitan Transport Authorities, 2010.

9.1.2.1 Financiamento Público dos Transportes

Até a década de 1980, o governo central da maioria dos países era o único ente público a realizar os investimentos em transportes. Entretanto, com o surgimento da onda da descentralização, outros atores públicos passaram a ter um papel relevante neste financiamento, especialmente em nível local.

No Brasil, a Constituição Federal de 1988 definiu a organização político-administrativa do país em União, Estados, Distrito Federal e Municípios (BRASIL, 1988, Art. 18). No caso, foram atribuídas importantes responsabilidades aos Municípios, que passaram a ter ampla autonomia e a ser responsáveis por todos os assuntos de interesse local (BRASIL, 1988, Art. 30, Inciso I), inclusive no que diz respeito à organização e prestação dos serviços de transporte coletivo, e à promoção do ordenamento territorial mediante o controle do uso e da ocupação do solo.

Os Estados Federados, por sua vez, ficaram responsáveis, dentre outras competências, pela instituição de Regiões Metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões. (BRASIL, 1988, Art. 25, Parágrafo 3º). Já o Governo Federal teve as suas competências reduzidas significativamente no que diz respeito à gestão e execução dos sistemas de transportes. Essa distribuição de atribuições fez com que

muitos especialistas considerem municipalista a Constituição em vigor. São apresentadas a seguir considerações sobre o financiamento para a infraestrutura de transportes em cada instância de governo no Brasil:

Financiamento pelo governo central: na prática, apesar das competências de gestão e execução do Governo Central terem sido transferidas para outros entes federativos, este continua sendo o ator público com maior capacidade de financiamento dos transportes urbanos. No Brasil, assim como será abordado em etapa posterior do presente relatório, a Caixa Econômica Federal e o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) são as duas principais instituições financeiras sob a forma de instituições bancárias públicas federais que atuam no financiamento dos transportes, especialmente em caráter de investimento. No caso, tal financiamento é normalmente administrado por um órgão federal, como os ministérios, ou pela própria instituição financeira, que possui programas e projetos especiais destinados a desenvolver modos de transporte urbanos regionais ou locais.

O Governo Federal também utiliza recursos do Tesouro para financiar investimentos em transporte urbano, seja por empréstimo ou repasse direto de verbas orçamentárias, como aquelas previstas nos Programas de Aceleração do Crescimento (PACs), especialmente o PAC da Mobilidade Grandes e Médias Cidades. Vale destacar que a União tem ação direta nas regiões que contam com trens urbanos de empresas ferroviárias federais sob sua gestão, por intermédio da Companhia Brasileira de Trens Urbanos – CBTU (Belo Horizonte, João Pessoa, Maceió, Natal e Recife) e Transurb (Porto Alegre).

Nesse sentido, o governo central brasileiro desempenha um importante papel na promoção do financiamento dos transportes no Brasil, uma vez que realiza o repasse de recursos para as infraestruturas locais de diversas formas, a exemplo dos subsídios de equipamentos e das transferências provenientes de impostos, e também atuam como fiadores dos Estados e Municípios em empréstimos de agências internacionais, devendo inclusive aprovar as operações antes da tomada de recursos.

Financiamento pelos governos regionais: o nível regional, por sua vez, é caracterizado pelo dever de desenvolver a região como um todo e, assim, organizar e financiar os modos urbanos de transportes a nível metropolitano. As formas de financiamento de implantação de infraestruturas estaduais são os aportes do Tesouro Estadual, destinação de recursos orçamentários, repasses da União, e empréstimos junto a bancos públicos ou organismos multilaterais de fomento ao desenvolvimento.

Em alguns estados, foram criados fundos metropolitanos específicos para o desenvolvimento de projetos de interesse regional, com participação dos municípios pertencentes à RM, e recursos (ainda que limitados) advindos dos orçamentos municipais e estadual. Diversos estados, como São Paulo, Bahia e Rio

de Janeiro, também vêm financiando suas infraestruturas de transportes por meio de Parcerias Público-Privadas, com concessões (patrocinadas ou não) para obras e operação de sistemas de mobilidade urbana. Recentemente, o orçamento de alguns estados foi enriquecido por recursos advindos de royalties da exploração de petróleo, mas as expectativas foram frustradas pelo contexto econômico e político dessa exploração.

Financiamento pelos governos locais: por último, em nível local, o principal desafio, assim como já abordado no presente relatório, diz respeito ao próprio processo de descentralização do país que atribuiu importantes responsabilidades aos municípios, a exemplo do trânsito e dos transportes, sem que houvesse necessariamente uma combinação disso com os recursos para cumprir tais responsabilidades.

Tal desafio é decorrente do próprio sistema federalista de países em desenvolvimento, em que municípios pequenos sofrem tanto pela falta de recursos técnicos e financeiros quanto pela baixa capacidade de endividamento municipal para contrair empréstimos, especialmente no contexto da Lei de Responsabilidade Fiscal (Lei Complementar nº 101, de 04/05/2000).

Dessa maneira, a maioria dos municípios brasileiros depende de repasses da União e de sua própria arrecadação tributária para implantar e gerir seus sistemas de mobilidade, sendo que eventualmente alguns entes logram obter empréstimos com organismos multilaterais de fomento ou com bancos públicos.

Tal arranjo legal e institucional do Brasil é um exemplo de como a promoção dos transportes e o seu próprio financiamento são questões que estão inseridas em um contexto extremamente complexo e que exige do Poder Público uma alta capacidade de articulação e organização Inter federativa.

É possível afirmar, nesse sentido, que o processo de descentralização vivido por grande parte dos países a partir de década de 1980 introduziu novos entes públicos na organização do Estado e tornou toda a questão do financiamento e da promoção dos transportes mais complicado, exigindo do Poder Público o encontro de novas formas e mecanismos para o financiamento.

9.1.2.1.1 Principais Fontes de Financiamento Público de Investimento em Transportes no Brasil

Existem diversas linhas de crédito para a realização de obras de infraestrutura para a mobilidade urbana, mas para tal, a Administração Pública precisa estar organizada e ter programas elaborados segundo formatações específicas para pleitear cooperação.

Os projetos de financiamento exigem uma série de passos bem definidos que incluem tanto os procedimentos dos agentes financeiros como também os procedimentos ligados às diferentes esferas de

governo envolvidas. A contratação de Operações de Crédito, por Estados e Municípios, subordina-se às normas da Lei de Responsabilidade Fiscal e às Resoluções nos 40 e 43 do Senado Federal, de 20 e 21 de dezembro de 2001. Os principais agentes financeiros voltados ao financiamento de projetos de mobilidade urbana e transportes e possíveis programas e linhas de crédito são apresentados a seguir.

Banco Mundial

O Banco Mundial, organização internacional que congrega o Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD), foi criado na Conferência de Bretton Woods (1944) inicialmente para atender às necessidades de financiamento da reconstrução dos países devastados pela Segunda Guerra Mundial, e hoje tem como principal missão apoiar técnica e financeiramente os países em desenvolvimento na luta contra a miséria. Para tal, desenvolve diversos programas focados na implantação de infraestrutura e na qualificação da ação pública em diversas áreas, como saneamento, meio ambiente, educação, saúde, administração pública, agricultura e recursos naturais.

Entre os projetos recentes apoiados pelo Banco Mundial no Brasil, destacam-se ações para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e incentivar meios de transporte mais limpos nas cidades no âmbito do Programa de Transporte Sustentável e Qualidade do Ar (Sustainable Transport and Air Quality – STAQ), promovido com recursos do GEF (Global Environment Facility), no qual foram investidos nos últimos cinco anos US\$ 8,532 milhões em 17 projetos envolvendo obras, serviços de consultoria e treinamentos. Três capitais brasileiras foram selecionadas para participar do projeto: São Paulo, Belo Horizonte e Curitiba, que receberam a doação dos recursos e colocaram em prática projetos que prezam por uma mobilidade mais sustentável.

No Estado do Rio de Janeiro, o Banco Mundial destinou, somente em projetos que incluem o setor de mobilidade urbana, cerca de US\$ 1,288 bilhões desde 2008, em cinco grandes projetos focados no fortalecimento institucional, planejamento e implantação de políticas de transporte coletivo, conforme listado na tabela a seguir.

Tabela 58: Projetos de Mobilidade Urbana financiados pelo Banco Mundial no Estado do Rio de Janeiro (2008-2015).

PROJETOS DE MOBILIDADE URBANA				
PROJETO	IDENTIFICAÇÃO	VALOR DO EMPRÉSTIMO EM MM US\$	STATUS	DATA DE APROVAÇÃO
Strengthening Public Management and Integrated Territorial Development	P126735	48	Ativo	Fevereiro/2014
Enhancing Public Management for Service Delivery in Rio de Janeiro	P147695	500	Encerrado	Novembro/ 2013
Rio de Janeiro Metropolitan Urban and Housing Development	P122391	485	Encerrado	Março/2011
Upgrading and Greening the Rio de Janeiro Urban Rail System	P111996	211,7	Ativo	Julho/2009
Rio de Janeiro Mass Transit - Additional Financing	P106427	44	Encerrado	Fevereiro/2008
Total		1.288,7		

Fonte: Banco Mundial.

Os projetos ainda ativos são os seguintes:

- *Strengthening Public Management and Integrated Territorial Development* (Projeto de assistência técnica para o fortalecimento da gestão pública e desenvolvimento territorial integrado):
 - Objetivos:
 - Melhorar a prestação de serviços por meio da introdução de tecnologias da informação da gestão baseado no desempenho e um enfoque em Desenvolvimento Territorial Integrado em serviços públicos essenciais.
 - Componentes:
 - Componente 1: Fortalecimento da gestão metropolitana por meio da integração e coordenação do desenvolvimento urbano, habitação, transportes, meio ambiente e gestão de riscos de desastres, incluindo desenvolvimento de um plano diretor integrado para o desenvolvimento urbano metropolitano; fortalecimento da capacidade de gestão dos transportes metropolitanos (incluindo revisão do papel da Agência Metropolitana de Transportes Urbanos do Rio de Janeiro - AMTU-RJ e fortalecimento da capacidade institucional da AGETRANSP); fortalecimento da

capacidade de gestão habitacional metropolitana; melhoria da capacidade de gestão de riscos de desastres do sistema de alerta antecipado no caso de eventos de alta pluviosidade.

- Componente 2: Melhoria das condições de vida nos ambientes sociais mais vulneráveis - fortalecimento da capacidade do estado de implementar uma estratégia de desenvolvimento social; aprimoramento da capacidade do estado de identificar, localizar e apoiar pessoas desaparecidas e internadas involuntariamente; extensão do Sistema de Informação do Módulo de Saúde Mental (MSM); fortalecimento das capacidades de gestão da educação e da infraestrutura escolar; fortalecimento dos processos de monitoramento e avaliação e sistemas de informação hospitalar.
 - Componente 3: Fortalecimento das funções de financiamento essencial e tributação - desenvolvimento e adoção de novas práticas destinadas a reforçar os sistemas de administração tributária e de gestão financeira.
 - Componente 4: Gestão de projetos - Prestação de apoio à gestão geral do Projeto.
- *Upgrading and Greening the Rio de Janeiro Urban Rail System* (Projeto de melhoria e enverdecimento do sistema ferroviário urbano do Rio de Janeiro):
- Objetivos:
 - Melhorar o nível dos serviços prestados aos usuários do transporte ferroviário suburbano na RMRJ de maneira segura e econômica;
 - Colocar o sistema de transporte ferroviário suburbano numa trajetória de crescimento com menor emissão de carbono; e
 - Melhorar a gestão dos transportes e a estrutura das políticas no território estadual e na RMRJ.
 - Componentes:
 - Componente 1: Infraestrutura e equipamentos - aquisição de 60 trens adicionais (EMUs) com 4 vagões cada um, mais acessórios, num total de, no mínimo, 360 vagões (no total) a serem operados nas linhas do Sistema CENTRAL pela Concessionária nos termos do Contrato de Concessão; Projeto e implementação de um programa piloto de demonstração de transporte não motorizado e mediante a aquisição de bicicletas necessárias para tal.

- Componente 2: Desenvolvimento institucional e de políticas - prestação de assistência técnica à SETRANS para a realização de estudos adicionais sobre o desenvolvimento de políticas; prestação de assistência técnica à CENTRAL para a gestão e supervisão do Projeto, inclusive a aquisição e recepção dos trens (EMUs).

Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID)

O BID é uma das principais fontes de financiamento multilateral para o desenvolvimento econômico, social e institucional na América Latina e no Caribe. Tem sede em Washington, Estados Unidos, possui 48 países-membros e representação em 26 países mutuários. No Brasil, o banco atua primordialmente no financiamento de projetos de transporte.

O principal programa do BID no Brasil é o PROCIDADES, mecanismos de crédito de US\$ 800 milhões voltado para municípios com mais de 100 mil habitantes e destinado a financiar ações no território de forma integrada nas áreas de:

- Melhorias Urbanas, incluindo a infraestrutura urbana, a integração de bairros carentes, reversão de deterioração urbana, reassentamento de famílias, entre outros;
- Infraestrutura e serviços urbanos, o que inclui ações de transporte e mobilidade urbana, requalificação ambiental, desenvolvimento local, etc.;
- Fortalecimento institucional de modo a melhorar e desenvolver a gestão municipal na prestação dos serviços públicos, no planejamento e organização interna, entre outros.

Trata-se de um mecanismo idealizado pelo Governo Federal e pelo BID, que tem como objetivo simplificar os procedimentos de preparação e aprovação de projetos por meio da descentralização das operações. No caso, o município pode aderir ao PROCIDADES por meio de carta-consulta a ser enviada para análise à Secretaria de Assuntos Internacionais (SEAIN) – Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão.

Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES)

O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) é uma empresa pública dotada de personalidade jurídica de direito privado e patrimônio próprio. Criado em 1952, é atualmente o principal instrumento para viabilização financeira para empresas, entes da Administração Pública Direta, fundações,

entre outros. Segundo o seu Estatuto Social, aprovado por meio do Decreto nº 4.418, de 11 de outubro de 2002, o BNDES tem por objetivo primordial apoiar programas, projetos, obras e serviços que se relacionem com o desenvolvimento econômico e social do País.

As diferentes modalidades de financiamentos do BNDES são divididas em Produtos e também em Programas e Fundos. Dentre os Produtos, tem destaque para o presente Plano o financiamento para projetos de Desenvolvimento Urbano, sendo o PMI (Projetos Multissetoriais Integrados Urbanos) a linha de financiamento para projetos que visem, dentre outros pontos, urbanização e implantação de infraestrutura básica nos municípios, o transporte público de passageiros (urbanos, metropolitanos e rurais; hidroviário, sobre trilhos e sobre pneus; equipamentos e infraestrutura), a fim de solucionar problemas estruturais dos centros urbanos. O valor mínimo de financiamento é de R\$ 20 milhões, correspondendo a 90% dos itens financiáveis, e as solicitações de financiamento também podem ser feitas de maneira direta, indireta ou mista e passam por cinco fases principais, sendo estas: consulta prévia, perspectiva, enquadramento, análise e contratação.

Além do PMI, destaca-se uma linha própria de financiamento do BNDES voltada especificamente à mobilidade urbana, em que podem ser financiados projetos que visem a priorização das modalidades de maior capacidade e menor custo operacional, a priorização do transporte coletivo sobre o individual, a acessibilidade universal de pessoas com deficiência ou com mobilidade reduzida, o aprimoramento da gestão e fiscalização do sistema, redução dos níveis de poluição, requalificação de áreas urbanas, entre outros. No caso, o valor mínimo de financiamento é de R\$ 20 milhões.

Vale ainda destacar o BNDES FINAME - Financiamento de máquinas e equipamentos, que financia, por intermédio de instituições financeiras credenciadas, a produção e aquisição de máquinas, equipamentos e bens de informática e automação novos, de fabricação nacional e credenciados no BNDES. O BNDES Finame divide-se em linhas de financiamento, com objetivos e condições financeiras específicas, para melhor atender as demandas dos clientes, de acordo com a empresa beneficiária e os itens financiáveis. As linhas do BNDES Finame são:

- Aquisição e Comercialização de Bens de Capital (BK Aquisição): Financiamento à aquisição de máquinas, equipamentos e bens de informática e automação nacionais novos, exceto ônibus, caminhões e aeronaves.
- Aquisição e Comercialização de Ônibus, Caminhões e Aeronaves Executivas (BK Aquisição Ônibus e Caminhões): Financiamento à aquisição e comercialização de ônibus; chassis e carrocerias para ônibus; caminhões; caminhões-tratores; cavalos-mecânicos; reboques; semirreboques; chassis e

carrocerias para caminhões, aí incluídos semi-reboques tipo dolly e afins; carros-fortes e equipamentos especiais adaptáveis a chassis (tais como plataformas, guindastes, betoneiras, compactadores de lixo e tanques); e aeronaves executivas, nacionais novas.

- Produção de Bens de Capital (BK Produção): Financiamento de capital de giro destinado à produção de máquinas, equipamentos e bens de informática e automação.

Recentemente, o BNDES promoveu o estudo denominado “Análise e avaliação da mobilidade urbana na Região Metropolitana da Grande Florianópolis” com recursos não reembolsáveis provenientes do BNDES Fundo de Estruturação de Projetos (BNDES FEP), fundo de apoio a estudos técnicos ou pesquisas que estejam relacionadas ao desenvolvimento econômico e social do Brasil e da América Latina que possam orientar a formulação de políticas públicas. O estudo resultou no Plano de Mobilidade Urbana Sustentável da Grande Florianópolis – PLAMUS, que configurou o primeiro plano metropolitano de mobilidade realizado à luz da Política Nacional de Mobilidade Urbana – PNMU (Lei 12.587/2012) e cuja metodologia será utilizada pelo Banco na avaliação do financiamento de projetos de mobilidade a serem apoiados pela instituição, como os propostos pelo PDM.

Caixa Econômica Federal

A Caixa Econômica Federal (CEF) é um banco público e principal agente de políticas públicas do Governo Federal, atendendo desde clientes bancários e usuários das unidades lotéricas, até trabalhadores formais por meio do Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS), do Programa de Integração Social (PIS), do Seguro-Desemprego e de programas sociais. É vinculada ao Ministério da Fazenda e tem como principal objetivo influenciar e contribuir para o desenvolvimento sustentável do Brasil, ao ser um parceiro do Estado na implementação de políticas públicas.

O principal programa para viabilização financeira para projetos de mobilidade urbana vinculada à CEF é o Programa de Infraestrutura de Transporte e da Mobilidade Urbana (Pró-Transporte), voltado aos estados, municípios e o Distrito Federal, órgãos públicos gestores e as respectivas concessionárias ou permissionárias do transporte público coletivo urbano. Os recursos desse programa são provenientes do FGTS, seguindo regulamentação da Instrução Normativa nº 42 de 24 de outubro de 2012.

Podem participar do Pró-Transporte Estados, Distrito Federal e também Municípios com mais de 700 mil habitantes, número este que pode se encaixar no horizonte das intervenções propostas pelo presente

Plano. O acesso ao crédito exige a existência de um plano de transporte e circulação, de um plano diretor, ou de algum instrumento de planejamento que justifique os investimentos.

De acordo com a Caixa, são financiáveis as seguintes modalidades:

- Implantação, ampliação, modernização e/ou adequação da infraestrutura dos sistemas de transporte público coletivo urbano, incluindo-se obras civis, equipamentos, investimentos em tecnologia, sinalização e/ou aquisição de veículos e barcas e afins;
- Ações voltadas à qualificação e pavimentação de vias, inclusão social, à mobilidade urbana, à acessibilidade e à salubridade;
- Obras e serviços complementares e equipamentos especiais destinados à acessibilidade, à utilização e à mobilidade de idosos, pessoas com deficiências ou restrição de mobilidade, voltados à prevenção de acidentes.

Além disso, a Caixa também financia outros programas, tais como o Programa de Infraestrutura de Transporte Coletivo, o Programa Mobilidade Urbana e também o Pró-Municípios, todos sob a responsabilidade do Ministério das Cidades.

Programas e Ações do Governo Federal

O Governo Federal brasileiro, assim como já abordado, continua sendo o ente federativo com maior capacidade de financiamento dos transportes. A Secretaria de Mobilidade do Ministério das Cidades – SEMOB destaca duas maneiras de obtenção de recursos para planos, projetos e implantação de obras ligadas à mobilidade urbana. Um dos modos de acessar financiamento constitui os recursos ditos onerosos, cujo formato é o dos financiamentos do programa Pró-Transporte, junto à Caixa Econômica Federal com recursos do FGTS, assim como já abordado no presente relatório.

A outra maneira de demandar financiamento é relativa a recursos não onerosos, dentro do formato do Programa 2048 - Mobilidade Urbana e Trânsito, do Ministério das Cidades. O proponente deve enviar a proposta por meio do Sistema de Gestão de Convênios do Governo Federal – SICONV, sempre pela internet. Para a apresentação dessas propostas, manuais de instruções para apresentações de propostas dos programas e ações do MCidades – OGU são disponibilizados no site do MCidades. Então, havendo

recursos, as Secretarias Nacionais analisam o enquadramento do projeto, aprovam as propostas no SICONV e informam a Subsecretaria de Planejamento, Orçamento e Administração – SPOA/SE/MCidades. De modo geral, este programa garante apoio:

- À elaboração de planos e projetos de sistemas de transporte coletivo urbano;
- À implantação de sistemas de transporte coletivo urbano;
- À elaboração de planos e projetos e à implantação de sistemas de transporte não motorizado, para ciclistas e pedestres;
- À elaboração de planos e projetos e à implantação de medidas de moderação de tráfego.

Além do Ministério das Cidades, o PAC – Programa de Aceleração do Crescimento, também representa uma importante fonte de financiamento do Governo Federal brasileiro e está vinculado ao Ministério do Planejamento. No caso, o programa tem como foco os setores estruturantes e determinadas obras e empreendimentos estratégicos para o desenvolvimento do país, estabelecendo parcerias com os governos estaduais e municipais. O PAC prevê investimentos em diversos segmentos, tal como mobilidade urbana, infraestrutura logística (rodovias, ferrovias, aeroportos etc.), pavimentação e acessibilidade, entre outros. Assim, consiste em um programa amplo e de alto alcance no território brasileiro, porém é limitado a projetos de caráter mais estratégico.

9.1.2.1.2 Financiamento Público das Operações

O financiamento público dos transportes, assim como já mencionado anteriormente, é mais comum no que diz respeito ao investimento nos sistemas. Entretanto, é relevante abordar no presente relatório a forma de atuação do Poder Público no financiamento das operações dos sistemas de transporte, uma vez que os operadores, sejam estes públicos ou privados, encontram-se muitas vezes em dificuldades financeiras e frequentemente recorrem às autoridades públicas para cobrir suas perdas. Normalmente países desenvolvidos financiam o funcionamento de seus modos de transporte público mais do que os países em desenvolvimento, até mesmo por terem maior capacidade financeira e de organização e gestão dos sistemas.

Dentre as possíveis formas de contribuições públicas para a operação dos transportes, têm destaque: (i) as tarifas especiais para determinadas categorias de usuários; (ii) a simples e contínua compensação de perdas, em que as empresas não tem incentivos para melhorar seu nível de rentabilidade

ou o seu serviço; (iii) o pagamento de um montante por viagem (ou por quilômetro percorrido) com base nos custos de funcionamento declarados pela empresa ou estimados pelo Poder Público; entre outros.

Em todos os casos, entretanto, é do interesse da Administração Pública introduzir um acordo em relação aos serviços prestados pela operadora, em que o pagamento de subsídios, por exemplo, esteja vinculado à produtividade ou a qualidade do sistema, ou a introdução de penalidades ou bonificações. Caso o Poder Público não realize a exigência contratual e sempre injete dinheiro na operação para cobrir os custos, a empresa operadora se acomoda e não busca mecanismos para melhorar a sua eficiência.

Nesse caso, é possível afirmar que a operação dos transportes públicos geralmente apresenta altos custos que dificilmente são rentáveis para as empresas. Sendo assim, o auxílio por parte do setor público é justificável, porém deve ser feito com cautela de modo a promover sempre a eficiência das empresas. Novamente, a existência de uma estrutura institucional adequada e a capacidade de gestão por parte do Poder Público aparecem como aspectos de extrema importância, uma vez que este deve realizar a constante fiscalização do setor privado.

Assim como será discutido posteriormente, as tarifas representam a principal fonte de financiamento da operação dos meios de transporte público. Por outro lado, estas apresentam um dilema entre a necessidade de oferecer o serviço de transporte às camadas de menor renda da população e o objetivo de financiar a operação do sistema, de modo que as tarifas se definem geralmente em um meio termo entre esses dois critérios. No caso, os preços das tarifas são definidos pelo Poder Público, porém nem sempre refletem os custos reais da operação, que por sua vez variam muito com base na qualidade do serviço. Assim, é possível afirmar que o auxílio por parte do Poder Público é necessário, porém a questão central para discussão é encontrar a maneira correta de injetar os recursos públicos na operação dos sistemas de transporte, de modo que os operadores sejam sempre estimulados a melhorar a sua eficiência.

No caso atual da RMRJ, os concessionários Supervia, Metrô-Rio e CCR Barcas e os sistemas de ônibus apresentam equilíbrio operacional, ou seja, as tarifas cobrem os custos de operação, havendo subsídios operacionais somente para a compensação financeira das integrações intermodais possibilitadas pelo uso do Bilhete Único Metropolitano. Todavia, a situação poderá vir a sofrer alterações dada a expansão futura da rede sobre trilhos proposta pelo PDM, tendo em vista que a ampliação da área de cobertura e a redistribuição dos fluxos entre os distintos modos de transporte não necessariamente representará crescimento de número de usuários proporcional ao aumento dos custos operacionais decorrentes do aumento de rede. A sustentabilidade financeira da ampliação da rede segundo proposto no

PDM pôde ser avaliada no contexto das avaliações financeiras desenvolvidas no âmbito do [Capítulo 16](#) deste relatório.

9.1.3 Financiamento dos Transportes pelos Usuários

Os usuários dos sistemas de transporte representam a principal fonte de financiamento por meio do pagamento de tarifas para os transportes a nível operacional e, em alguns casos (especialmente nas concessões e PPPs), como forma de amortização de investimentos realizados para a ampliação e qualificação da rede de circulação. Tal modelo de financiamento, entretanto, não é considerado justo por diversos especialistas sobre o tema quando se trata das redes de transporte público, uma vez que seus usuários normalmente possuem menor poder aquisitivo e estão contribuindo para cidades mais sustentáveis utilizando meios de locomoção com menores externalidades urbanas.

Assim, o presente capítulo tem como principal objetivo analisar este modelo de financiamento, amplamente utilizado no Brasil, e levantar outros modelos possíveis. Mesmo com a ajuda ocasionada pela instituição nos anos 80 do Vale Transporte, iniciativa nacional mediante a qual o empregador assume a maior parte dos custos dos deslocamentos casa/trabalho/casa de seus empregados a sociedade brasileira não conseguiu equilibrar essa equação. Isto se deve, provavelmente, às oscilações da macroeconomia e o consequente aumento dos cidadãos economicamente ativos que permanecem na economia informal, sem vínculos empregatícios.

9.1.3.1 Financiamento do Transporte Público por Seus Usuários

O modelo de financiamento dos transportes públicos em diversos países, inclusive no Brasil, recai sobre os usuários diretos do serviço, principalmente no que diz respeito ao financiamento operacional dos sistemas. É possível afirmar, desse modo, que o modelo utilizado faz com que a população de baixa renda, que é dependente do transporte público e normalmente reside em áreas periféricas, seja o principal ator que financia o serviço.

A política de preços das tarifas, nesse sentido, torna-se guiada pela necessidade de financiar o transporte público a um custo que seja socialmente aceitável para o Município e os usuários do serviço. O

preço da tarifa, quando alto, representa um fator de exclusão social, uma vez que não permite o acesso das classes mais pobres ao seu direito à cidade, ao mercado de trabalho e aos serviços públicos, tal como educação, saúde, cultura, entre outros.

Assim, é preciso refletir em que medida tal mecanismo de financiamento é justo e que o preço das tarifas pode influenciar na própria escolha modal e desfavorecer o uso do transporte público. Diversos estudos desenvolvidos pelo Banco Mundial revelam que se os gastos com transporte representam mais do que 15% do rendimento do agregado familiar, o transporte público perde o seu apelo.

Existem países que possuem modelos nos quais o funcionamento dos sistemas de transporte público não é inteiramente financiado pelos usuários diretos do serviço. No caso desses países, a taxa de contribuição dos usuários varia de 21% em sistemas com menos de 100.000 habitantes a 33% naqueles com mais de 300.00 habitantes. É o caso da França, em que as contribuições dos usuários cobrem apenas 25% dos custos operacionais dos sistemas⁴.

A cidade de Istambul, na Turquia, representa outro exemplo interessante, em que a taxa de cobertura para o sistema de ônibus operado pela empresa IETT é de 64%, caindo para apenas 41% quando amortizações e provisões para reposição de equipamentos estão incluídas⁵. A cidade de Tshwane, na África do Sul, serve de exemplo contrário, em que a ausência de subsídios de outros atores faz com que o sistema de transporte tenha uma baixa qualidade. No caso, os micro-ônibus públicos e táxis, que representam 32% das viagens motorizadas, não recebem quaisquer subsídios operacionais. A empresa ferroviária e a empresa de ônibus, que por vez representam 15% das viagens motorizadas, recebem subsídios que cobrem 50% dos seus custos operacionais.

Tais exemplos de cidades introduzem a discussão acerca dos indicadores ideais a serem adotados e dos custos que devem ser considerados na operação dos sistemas de transporte. Algumas opções comumente usadas para estabelecer a tarifa para o usuário são as seguintes:

Estabelecer uma relação entre a receita e as despesas operacionais representaria a razão ideal, de modo que os custos de funcionamento seriam cobertos.

Por outro lado, a amortização do investimento, calculada através da diferenciação do material rodante e da infraestrutura, também tem de ser considerada. Assim, a questão torna-se complexa e revela

⁴ CERTU Mobilités et transports. Fiche n° 10 Une décennie de transports collectifs urbains.. **Mobility and transport**. Issue no. 10 (A decade of public urban transport) January, 2009.

⁵ Istambul - Um estudo de caso por Caroline Fabianski. Valores estimados pelo autor com base em dados de IETT e ulaşım AS, 2007 relatórios de negócios.

que o modelo que depende unicamente dos usuários do transporte público é insustentável, sendo necessário caminhar no sentido de um modelo progressivo.

Existem diversos meios para que o financiamento do setor deixe de se basear apenas na arrecadação tarifária. Um deles é representado pelos passes semanais e mensais, em que um desconto é dado aos usuários mais frequentes em comparação com aqueles que compram apenas um bilhete, ou ainda os subsídios públicos, tema este já abordado anteriormente.

Outra opção frequentemente estudada é a integração tarifária, em que um bilhete dá acesso a todos os modos de transporte, mesmo quando controlado por empresas diferentes. No entanto, tal integração faz a oferta mais atraente e pode levar a maiores volumes de tráfego que podem até compensar parcialmente as reduções de tarifa realizadas. Por outro lado, a integração, apesar de poder aumentar a demanda, pode trazer também mais custos, não sendo uma solução para o problema de financiamento das operações dos sistemas de transporte.

Além da integração tarifária, existem outros tipos de tarifas que podem ser levadas em consideração:

A tarifa fixa, primeiramente, tende a ser desfavorável aos operadores em relação aos níveis de receita e favorece a expansão urbana em particular, uma vez que penaliza as viagens curtas e favorece as viagens mais longas.

Já a tarifa por quilômetro pode dissuadir habitantes das áreas periféricas das cidades, não sendo, assim, uma opção justa, ao passo em que tais habitantes normalmente são pessoas de baixa renda que dependem fortemente do transporte público para ter acesso ao mercado de trabalho e aos serviços públicos.

A tarifa quilométrica, por sua vez, é frequentemente um compromisso entre as necessidades de cobertura de custos operacionais e as escolhas das políticas urbanas quanto à contenção do espraiamento da mancha urbana.

É importante considerar que a discussão acerca do financiamento através do usuário é complexa principalmente por envolver questões de escolha do modal. A adoção de uma determinada medida ou o próprio aumento da tarifa do transporte público são ponderações que influenciam não apenas na questão do financiamento, mas em toda a dinâmica de migração e escolha do modo de transporte. Assim, fica claro que o estudo do modelo ideal a ser adotado a partir da implantação das propostas do PDM não deve analisar apenas a questão do financiamento, mas também toda a dinâmica por escolha e demanda por transportes.

9.1.3.2 Financiamento do Transporte Público pelos usuários do Transporte Privado

Além do financiamento dos transportes públicos através dos usuários diretos do serviço, uma alternativa defendida por diversos teóricos sobre a questão é o financiamento através dos usuários de veículos particulares, em que se tem a premissa de que tais usuários, por serem os principais utilizadores da malha viária, devem pagar um preço tanto pelo maior consumo do espaço público para circular quanto pelos efeitos negativos que causam nas cidades, como congestionamento, poluição atmosférica, acidentes, entre outros.

Compreende-se que tais usuários não pagam adequadamente os custos reais dos deslocamentos em automóvel particular, dado o espaço viário de circulação que consomem no meio urbano (que demandaram historicamente vultosos investimentos em infraestrutura e manutenção) e as externalidades que produzem.

Tal modo de arrecadação varia de país para país e os usuários de veículos privados são tributados das mais variadas formas, com cobranças para acesso a determinados perímetros da cidade, taxas em combustíveis e para estacionamento, entre outros. Entretanto, não são muitas as cidades que já adotaram este modelo dadas as polêmicas que essas medidas suscitam e os complexos arranjos jurídicos necessários para sua viabilização.

Existem diversos modelos nos quais a propriedade e o uso dos automóveis pode gerar receitas para o financiamento dos transportes públicos. Alguns casos de taxas e impostos pagos pelos usuários do automóvel são as seguintes:

- O modo mais comum de arrecadação, já implantado no Brasil, consiste na cobrança de impostos sobre a propriedade do veículo e outras taxas, em que os carros podem ser tributados de acordo com a sua potência, consumo de combustível, entre outros fatores. Os recursos advindos do IPVA (Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores), recolhidos pelos estados e parcialmente repassados aos municípios (na razão de 50% do montante arrecadado por esse imposto em cada município), representam arrecadação consolidada no Brasil, mas não existe uma destinação específica prevista em lei para a aplicação dessas verbas, sendo uma decisão de cada ente federativo. O dinheiro não é completamente direcionado para a manutenção das vias públicas, como é de praxe considerar, pois seu fato gerador (continuado, porque repete-se anualmente) é a propriedade de veículos automotores (aqueles que possuem propulsão própria) e não a circulação dos mesmos (já que não há vinculação

com a quilometragem rodada anualmente no cálculo do imposto). Sua eventual destinação aos transportes públicos poderia representar vultosa contribuição ao seu financiamento, como é o caso da cidade de Ottawa, no Canadá, em que estes impostos representavam 9% do orçamento de funcionamento da empresa de Transportes STO no ano de 2003. Cabe ainda lembrar que os próprios ônibus e vans destinados ao transporte público também recolhem IPVA.

- Outra opção é através da tributação sobre a licença de conduzir dos veículos, a exemplo de Singapura, em que existem certificados do direito de conduzir por um período específico.
- A cobrança de impostos sobre os combustíveis também aparece como um modo viável de financiamento dos transportes públicos, além de poderem interferir na própria escolha modal do indivíduo. Tal medida varia de país para país, que podem tanto tributar fortemente os combustíveis, quanto subsidiá-los, tal qual é o caso da Venezuela, Irã e Argélia, o que por sua vez favorece o uso do transporte individual. No Brasil, A Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico (CIDE-combustíveis) foi instituída pela Lei 10.336/2001 com a finalidade de assegurar um montante mínimo de recursos para investimento em infraestrutura de transporte, em projetos ambientais relacionados à indústria de petróleo e gás, e em subsídios ao transporte de álcool combustível, de gás natural e derivados, e de petróleo e derivados. Do total arrecadado pela Contribuição, 20% dos recursos são desvinculados, de acordo com o instrumento Desvinculação de Receitas da União (DRU), 29% são destinados aos estados e municípios e 51% são investidos conforme determina a lei. Há em tramitação no Congresso Nacional uma Proposta de Emenda à Constituição (PEC nº 1/2015) que propõe distribuir igualmente entre o governo federal, os estados e os municípios os recursos da CIDE, o que poderá destinar mais recursos à mobilidade urbana. Já a PEC 179/2007 propõe a destinação de 10% dos recursos arrecadados para o subsídio de programas do transporte coletivo urbano para a população de baixa renda em Municípios com população igual ou maior que 50.000 habitantes⁶. Vale destacar que, em junho de 2011, a alíquota foi zerada para compensar o reajuste nos preços da gasolina e do diesel. Em janeiro de 2015, o governo editou decreto instituindo a alíquota de R\$ 0,10 por litro para a gasolina, e R\$ 0,05 por litro para o diesel, que passou a ser cobrada em maio daquele ano.

⁶ Algumas cidades defendem a municipalização da CIDE como forma de viabilizar o investimento no transporte público e reduzir o preço da tarifa, a exemplo da gestão do Prefeito Fernando Haddad (SP-PT) na cidade de São Paulo. Segundo um estudo da Fundação Getúlio Vargas (FGV-SP) do ano de 2013, o aumento da gasolina em R\$ 0,50 por litro, aliado à municipalização da Cide, poderia reduzir a tarifa em R\$ 1,20.

- Existem ainda cidades que utilizam o pagamento de “Ecotaxas” como um modo de financiamento do transporte público.

Além da cobrança de impostos e taxas, existe também a opção de cobranças de congestionamento que são projetadas para reduzir o número de veículos que circulam nas zonas urbanas. No caso, os usuários de veículos individuais são cobrados quando entram em determinadas zonas das cidades ou usam algumas vias. Tal medida, entendida em muitos lugares pelo nome de “pedágio urbano” ou *congestion charge*, pode ser usada não apenas para financiamento do transporte público, mas novamente como forma de desestimular o uso de veículos em determinados momentos.

Tal medida aparece como necessária em diversas cidades e é interessante analisar como foi a sua aplicação em alguns locais, a exemplo de Londres, na Inglaterra. No caso da cidade em questão, a adoção do pedágio urbano teve tanto sucesso que um número muito alto de pessoas parou de usar o automóvel particular. Por outro lado, tamanho sucesso impossibilitou alcançar o objetivo de arrecadação estabelecido inicialmente pela diminuição do número de veículos circulando nessas zonas.

Além disso, o custeio da própria manutenção do pedágio na cidade representou 50% do valor arrecadado realmente, de modo que tal medida acabou não sendo necessariamente usada como forma de conseguir recursos para o financiamento do transporte público, mas sim como um mecanismo de transferência modal.

O estacionamento pago também é outro modo viável de financiamento do transporte público e que incide diretamente sobre os usuários do transporte privado. Nesse caso, tem-se a premissa de que os motoristas, por ocuparem o espaço em vias urbanas e contribuírem para congestionamentos e outros efeitos negativos, devem também pagar um preço para tal, que por sua vez é destinado ao financiamento dos transportes públicos, primordialmente em termos de investimento. Deve ser considerado que a implementação deste sistema pode ter efeitos semelhantes ao caso do pedágio urbano implementado em Londres onde o custo de operação, administração e manutenção do sistema implementado e a redução do uso do automóvel não permitiram atingir o valor arrecadado previsto inicialmente.

Apesar de diversos países contarem com muitas políticas de tributação sobre o automóvel individual, ainda são poucos os exemplos, principalmente em países em desenvolvimento, que direcionam tais impostos para o financiamento do transporte público. Assim como já abordado, é importante considerar que tais medidas de cobrança dos usuários de automóveis privados também interferem na demanda da população por transporte coletivo e podem ter forte impacto na própria mobilidade urbana. Assim, é necessário que tais mecanismos sejam sempre acompanhados de uma conscientização de que os

usuários de carros contribuem para a geração de diversos efeitos negativos com custos econômicos, sociais e ambientais.

Além disso, tal situação torna-se ainda mais complexa em países em desenvolvimento como o Brasil, em que grande parte da população acredita que os impostos já são extremamente altos e que os serviços públicos, incluindo os transportes, são de baixa qualidade. Sendo assim, tem-se não apenas o desafio de convencer a população, mas também o de possuir uma rede de transporte público que seja capaz de absorver o volume de novos usuários.

9.1.4 Financiamento Através de Impostos sobre Atividades Comerciais e Empresas

As empresas também representam uma possível fonte de financiamento para o transporte público, partindo da premissa de que o sistema de transporte e boa acessibilidade potencializam o desenvolvimento econômico, permitindo melhores deslocamentos de trabalhadores, clientes e mercadorias. Desse ponto de vista, é natural que empresas devam destinar recursos para o financiamento do sistema de transporte, especialmente do transporte público, como insumo básico à própria atividade empresarial que desempenham.

O envolvimento das empresas com a questão pode ter um caráter obrigatório, no qual impostos podem incidir sobre os custos totais da folha de pagamento e diretamente atribuídos ao setor de transportes, ou através de subsídios concedidos a empregados assalariados que usam o transporte público. Um exemplo deste segundo caso no Brasil é o Vale Transporte, benefício obrigatório a ser concedido por empresas desde 1985 (Lei 7.418) em que o empregador participa dos gastos de deslocamento do trabalhador com a ajuda de custo equivalente à parcela que exceder a 6% de seu salário básico.

Outro modelo de financiamento empresarial é a cobrança de um imposto de transporte, que por sua vez pode incidir sobre as empresas dependendo do local em que estão inseridas. O caso mais conhecido de “Imposto de Transporte” é o “Versement Transport” (VT), introduzido na França em 1971. Este imposto é aplicado a empresas com 11 ou mais funcionários na folha de pagamento em cidades com mais de 10 mil habitantes, segundo valor que varia, dependendo da região onde se localiza a companhia, de 1.4% até 2.6% da folha de pagamento. Esse imposto representa 1/3 dos fundos destinados para operação e investimento no transporte público na região Île-de-France, onde se localiza Paris, tendo gerado, somente em 2010, mais de 3 bilhões de euros em receitas nessa região.

9.1.5 Financiamento Através de Impostos sobre Atividades Comerciais e Empresas

Um método alternativo de financiamento do sistema de transporte é a captura do valor agregado da terra uma vez implementadas melhorias no sistema de transporte ou novos projetos viários ou de transporte público. A experiência internacional sugere que o incremento do valor da terra pode variar entre 5% e 10% em propriedades residenciais, enquanto que para propriedades comerciais pode variar entre 10% e 30%⁷.

Existem diversos modos de realizar tal captura, ainda que apresentem dificuldades de implantação, regulamentação e até mesmo de aceitação por parte da população. Alguns dos mecanismos usados para a captura da valorização fundiária são os seguintes:

- Compra antecipada de estoques de terra pelo estado quando da decisão por ampliação de infraestruturas (quando há disponibilidade de recursos);
- Escolha de terrenos que já fazem parte do patrimônio público para abrigar novas linhas e estações com empreendimentos associados (caso das faixas de domínio da SuperVia na RMRJ);
- Desenvolvimento de atividades comerciais associadas nos novos projetos de transporte, principalmente em pontos de transferência, aproveitando espaço aéreo de estações ou terminais e áreas remanescentes de obras de infraestrutura;
- Introdução de um imposto associado a melhoria da acessibilidade (nos moldes da Contribuição de Melhoria);
- Operações Urbanas e Outorga Onerosa do Direito de Construir;
- PPP para um projeto de desenvolvimento urbano associado à ampliação da rede de circulação.

A implementação de um imposto direto sobre os ganhos de valor da propriedade para áreas construídas pode ser uma questão sensível, uma vez que apresenta uma resistência social, é difícil de ser calculado e requer a existência de um quadro jurídico. Apesar de existirem exemplos de aplicação, a questão é delicada, pois ao tributar áreas recentemente urbanizadas para financiar o capital investido, ao mesmo tempo em que resolve o problema da expansão urbana, também aumenta a densidade populacional ao longo das linhas de transporte público, resultando em mais usuários e também maiores custos operacionais.

⁷ "Who pays what for urban transport? Handbook of good practices", Agencia Francesa de Desenvolvimento" (AFD), 2009

Cidades de países em desenvolvimento são bem adequadas para a implementação desses tipos de instrumentos, uma vez que a densidade populacional é baixa fora do centro da cidade e, portanto, o valor da terra também é baixo. No entanto, tais procedimentos exigem manter um registro completo da terra, estabelecendo um imposto sobre a propriedade e ter um sistema de gestão fundiária, bem como elaborar projetos de desenvolvimento que promovam o direito à habitação a famílias de baixa renda, que por sua vez sofrem diretamente com o aumento do valor da terra. Por outro lado, são muitos os casos de cidades que não dispõem de estruturas institucionais e legais capazes de organizar e administrar tais procedimentos.

No Brasil, muito é discutido sobre a chamada Contribuição de Melhoria, que, diferente de um imposto sobre a propriedade, diz respeito à cobrança de um determinado valor pela valorização da propriedade devido a uma ação de caráter comunitária, e não por uma ação do proprietário em si, como seria o caso de reformas e melhorias gerais.

A Constituição Federal de 1988 define que a Contribuição de Melhoria decorrente de obras públicas consiste no “tributo cuja obrigação tem por fato gerador uma situação que representa um benefício especial auferido pelo contribuinte. Seu fim se destina às necessidades do serviço ou à atividade estatal”. Do mesmo modo, o Código Civil (Lei Federal 10.406/2002) também trata do assunto no Artigo 884, em que é definido que “Aquele que, sem justa causa, se enriquecer à custa de outrem, será obrigado a restituir o indevidamente auferido, feita a atualização dos valores monetários”. Nesse sentido, a Contribuição de Melhoria tem por objetivo custear o enriquecimento sem causa de um patrimônio privado, derivado de uma obra ou um investimento público, porém não é facilmente aceito por parte dos proprietários, o que justifica a sua subutilização. Existe ainda o risco do fenômeno de gentrificação, no qual as classes mais baixas são expulsas das áreas valorizadas por não terem a capacidade de arcarem com tal contribuição. Por outro lado, tal desafio pode ser facilmente superado com a definição de níveis de tributação com base no rendimento das famílias.

Os métodos de aplicação de instrumentos de financiamento do transporte público por meio do valor da terra variam de país para país devido às estruturas legais e institucionais existentes. Independentemente do método, o Poder Público deve ter controle sobre todo o projeto, de modo que possa ser garantido que os recursos sejam alocados de maneira efetiva para o desenvolvimento sustentável da área, em que todos os aspectos sejam considerados, sejam estes: transporte público, adequações viárias, habitação de interesse social, entre outros.

Os modos de gerar a captura do valor da terra para financiar o transporte público, a exemplo do instrumento da Outorga Onerosa do Direito de Construir ou ainda da Parceria-Público-Privada, serão abordados a seguir, no Capítulo “Mecanismos de Financiamento”, uma vez que estes são mecanismos, mas podem servir também como uma fonte de financiamento para os transportes.

9.2 MECANISMOS DE FINANCIAMENTO

9.2.1 Parceria Público Privada (PPP)

A Parceria Público-Privada – PPP consiste em um contrato de prestação de serviços ou obras, firmado entre a Administração Pública, direta ou indireta, e o ente privado. É, assim, uma cooperação conjunta entre uma autoridade pública e uma empresa privada, criada para realizar um projeto específico. No caso, o valor do contrato não pode ser inferior a R\$ 20 milhões e a duração é de no mínimo 5 anos e no máximo 35. No Brasil, a Parceria-Público-Privada foi regulamentada por meio da Lei Federal nº 11.079/2004 e pressupõe o pagamento do setor privado por meio da contraprestação da Administração Pública, sendo essa com ou sem cobrança de tarifa dos usuários. Além disso, a Parceria Público-Privada possui duas modalidades de concessão, que são:

- Patrocinada: PPP no qual o ente privado é responsável pelo planejamento, execução e operação da atividade ou serviço público, sendo esse precedido ou não de obra pública. No caso, a remuneração da empresa se dá pela contraprestação adicional por meio de recursos públicos, e também pelo pagamento do usuário na utilização do serviço de modo a pagar o restante dos investimentos realizados.
- Administrativa: consiste no Contrato de Concessão firmado entre o poder público e o setor privado no qual o usuário direto ou indireto do serviço público é a própria Administração Pública. O parceiro privado, nesse caso, é remunerado apenas após a entrega do objeto do contrato e por meio exclusivo de recursos públicos orçamentários.

Em relação ao setor público, são diversas as vantagens de se estabelecer uma PPP. Os motivos principais, assim como já abordado, consistem tanto na repartição dos riscos envolvidos em determinado projeto, quanto na viabilização de um serviço ou projeto que o Poder Público dificilmente teria a capacidade de financiar por conta própria.

Os riscos a serem repartidos entre as duas partes envolvidas podem estar relacionados a escolhas técnicas inadequadas, à operação da infraestrutura (concorrência com outros modos de transporte, riscos de tráfego, entre outros), ao financiamento (taxas de juros variáveis ou risco de inflação), entre outros.

Além disso, o ente público é beneficiado com algumas vantagens típicas do setor privado, como a existência de maior flexibilidade e eficiência, uma especialização técnica diferenciada em uma atividade de caráter complexo, entre outras. O setor privado, por sua vez, também possui vantagens na PPP, a exemplo de previsão de garantias contratuais (financeiras ou de receitas comerciais mínimas) ou ainda o próprio acesso ao setor de transportes.

Nesse sentido, o objetivo da PPP é envolver o setor privado no investimento inicial ou na operação de um determinado projeto através da transferência de uma parte do risco para o parceiro privado, mas garantindo ao mesmo tempo uma configuração suficientemente favorável e rentável para o mesmo. É, assim, um mecanismo que pode ser usado no financiamento tanto no investimento, quanto na operação dos transportes públicos.

No caso de projetos de transporte público, a partilha de responsabilidades e riscos irá determinar o grau de envolvimento de cada parceiro na PPP. No caso, existem dois tipos de risco: o comercial, relacionado com as tendências da receita, e o risco industrial, que por sua vez tem relação com o custo de construção e as tendências nos gastos de operação e manutenção do serviço ou projeto. Se ambos os tipos de riscos forem cobertos pelo setor público, então o parceiro privado não seria motivado a melhorar a sua eficiência e nem propor novas técnicas ou uma gestão inovadora. Por outro lado, se a receita comercial e a política de preços estiverem nas mãos do parceiro público e o risco industrial for transferido ao parceiro privado, este último aumentará a sua produtividade, porém não será diretamente afetado por alterações no número de passageiros ou de ocupação.

Assim, o setor privado, nesse caso, não será motivado a encontrar formas inovadoras para atender os usuários. Por último, caso os dois riscos forem transferidos ao setor privado, este será obrigado a controlar os seus custos e a gerar o máximo de receita, buscando, nesse sentido, maneira inovadoras e eficientes de gerir o serviço. A autoridade pública, por sua vez, deve prever no contrato um sistema de bônus e determinadas penalidades.

A partir dessa análise, é possível afirmar que o financiamento do transporte público, tanto em investimento, quanto em operações, pode ser feito a partir de PPPs, sendo estas uma solução de longo prazo. Nesse sentido, a PPP possibilita e viabiliza determinados serviços e projetos públicos, nos quais o setor público não seria capaz de investir. Assim, do mesmo modo que o setor privado precisa de certas

proteções nesse tipo de parceria, o Poder Público necessita ter uma organização e estrutura institucional para garantir o devido controle sobre o serviço público.

Um caso de concessão patrocinada para os transportes metropolitanos na RMRJ foi, em 1998, a privatização multissetorial que incluiu as barcas, o sistema ferroviário suburbano e o sistema de metrô, em um modelo em que o Estado do Rio de Janeiro e as concessionárias adquiriram responsabilidades específicas de investimento que se traduziram em melhorias do serviço e que estão definidas no contrato de concessão.

9.2.2 Concessão Comum

Assim como a Parceria Público-Privada, as concessões comuns são Contratos Administrativos de obras ou serviços públicos firmados entre a Administração Pública, direta ou indireta, e o setor privado. A principal diferença entre a Parceria Público-Privada e as concessões comuns está na remuneração do setor privado, uma vez que o pagamento da concessionária nas concessões comuns ocorre exclusivamente por meio das tarifas cobradas dos usuários nos serviços, enquanto que as PPPs se destinam essencialmente aos serviços e obras públicas cuja exploração ou não envolve a contraprestação pelos usuários, a exemplo de um presídio, ou não é suficiente para remunerar o parceiro privado, ou seja, cabe ao Poder Público remunerar integral ou parcialmente a empresa privada, sem que necessariamente exista uma contrapartida pela tarifa.

No Brasil, a concessão comum é regulamentada por meio da Lei Federal nº 8.987/1995, que estabelece as principais regras e normas acerca da contratação e licitação dos regimes de concessão e permissão. Assim como a PPP, o desafio do Poder Público é assegurar que o serviço público esteja sendo efetivamente entregue à população.

9.2.3 Debêntures para Infraestruturas de Mobilidade Urbana

Esse mecanismo de financiamento, sancionado pelo Ministério das Cidades pela Portaria nº 252 de 8 de maio de 2014, possibilita a emissão de títulos de dívida – debêntures, Fundos de Investimento em Direitos Creditórios (FIDC) e Certificados de Recebíveis Imobiliários (CRIs) – por parte de Sociedades de Propósito Específico (SPEs) constituídas para implantar projetos de investimento prioritário em infraestrutura. A vantagem da possibilidade de emissão desses títulos é uma série de incentivos fiscais, concedidos segundo as regras especificadas pela Lei 12.431/2011.

Para que o projeto da SPE seja categorizado como prioritário, os interessados (na pessoa jurídica da SPE) devem enviar ao Ministério das Cidades uma série de documentos, conforme a especificação e o formato determinados por essa portaria⁸. Os projetos abarcados pela SPE podem incluir, desde que relacionados ao sistema de transporte público, vias e demais logradouros públicos, estacionamentos, terminais, estações, pontos de conexão, sinalização viária, equipamentos, instalações, e instrumentos de controle.

Os projetos serão avaliados pelo Ministério das Cidades para atingir classificação de prioritários, e serão submetidos ainda à avaliação e à aprovação da Subsecretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão (SPOA) desse mesmo Ministério. Se aprovado, o projeto será relacionado em portaria publicada no Diário Oficial da União, e poderá, então, ser enquadrado para obter os benefícios da emissão de títulos de dívida.

Assim, com a classificação aprovada, os fundos de investimento em direitos creditórios e os certificados de recebíveis imobiliários podem ser constituídos e ofertados ao mercado pela respectiva SPE (concessionária de um serviço de mobilidade urbana, no exemplo) relacionados à captação de recursos com vistas em implementar projetos de investimento na área de infraestrutura.

9.2.4 Outorga Onerosa do Direito de Construir

O Estatuto da Cidade (Lei Federal 10.257/2001), com o objetivo de “ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana”, foi responsável por definir os instrumentos da política urbana brasileira, dentre eles a Outorga Onerosa do Direito de Construir. No caso, tal instrumento autoriza o Poder Público municipal a estabelecer áreas nas quais o direito de construir poderá estar acima do coeficiente de aproveitamento básico gratuito⁹ adotado, mediante contrapartida financeira a ser prestada pelo beneficiário.

Nos municípios em que tal mecanismo é adotado, os recursos auferidos pela cobrança de Outorga Onerosa constituem um fundo municipal de desenvolvimento urbano usualmente destinado às políticas de urbanização (meio ambiente, habitação, drenagem e mobilidade urbana), sem, entretanto, haver vinculação às regiões da cidade em que houve a arrecadação ou a setores de atuação pública específica.

⁸ Os documentos podem ser encontrados em <http://www.cidades.gov.br/index.php/transporte-e-mobilidade/financiamento/141-secretaria-nacional-de-transporte-e-da-mobilidade/financiamento258954a/1963-debentures-em-infraestrutura-de-mobilidade-urbana-projeto-de-investimento-prioritario>

⁹ Para os efeitos desta Lei, coeficiente de aproveitamento é a relação entre a área edificável e a área do terreno (Estatuto da Cidade, Lei Federal 10.257/2001, Art. 28).

O caso do Município de São Paulo fornece interessante caso de estudo, tendo em vista que em seu Plano Diretor Estratégico de 2002 havia a previsão, em seu Art. 122, de que a Outorga Onerosa captada nas áreas de influência do sistema de transporte coletivo fosse destinada a investimentos em mobilidade – ainda que tal artigo nunca tenha sido regulamentado e essa destinação específica não tenha acontecido. Já no Plano Diretor de 2014, ficou estabelecido que todos os recursos obtidos com a Outorga Onerosa irão para o Fundo Municipal de Desenvolvimento Urbano.

É importante destacar que um impedimento ao desenvolvimento do conceito na capital paulista era o fato de que parte significativa da infraestrutura de transporte que definiria essas áreas de influência eram fruto de investimentos do Governo do Estado de São Paulo (redes do Metrô e da CPTM), o que implicaria transferência de recursos auferidos em âmbito municipal para instituições estaduais – o que ocorreria também caso essa vinculação fosse proposta na RMRJ.

Sendo assim, a Outorga Onerosa pode financiar o investimento em transporte público, porém a sua aplicação atual não prevê que os recursos devam ser necessariamente direcionados para os transportes nem que devam ser transferidos para instituições de competência estadual, de modo que qualquer alteração desse quadro dependerá de revisões nas legislações dos municípios metropolitanos, tendo em vista tratar-se de um mecanismo exclusivamente municipal.

9.2.5 Operação Urbana

As Operações Urbanas são importantes instrumentos da gestão pública para promover o planejamento urbano nas cidades. Estas Operações dependem de recursos vindos do setor privado para tornarem-se viáveis, logo, há um intenso debate acerca da predominância dos interesses do mercado em detrimento das demandas sociais.

Assim, como a Outorga Onerosa do Direito de Construir, as Operações Urbanas também foram definidas pelo Estatuto da Cidade, que as classificou como “Consoiciadas”. É importante considerar que as operações urbanas, não necessariamente as de modalidade “consoiciada”, já eram utilizadas no Brasil antes da promulgação do Estatuto da Cidade, porém foram devidamente regulamentadas apenas com a lei em questão.

Nesse sentido, conforme o Artigo 32 do Estatuto da Cidade, “considera-se operação urbana consoiciada o conjunto de intervenções e medidas coordenadas pelo Poder Público municipal, com a participação dos proprietários, moradores, usuários permanentes e investidores privados, com o objetivo

de alcançar em uma área transformações urbanísticas estruturais, melhorias sociais e a valorização ambiental”.

O instrumento tem como objetivo promover as transformações urbanísticas de uma região. Portanto, os seus recursos não são unicamente investidos no transporte público, mas também nas adequações viárias, em habitações para interesse social, infraestrutura de drenagem, entre outros, de acordo com a lei específica que cria o instrumento e delimita seu perímetro de intervenção.

São diversos os casos de Operações Urbanas Consorciadas (OUC) no Brasil, com exemplos nos municípios de São Paulo (OUCs Centro, Faria Lima, Água Branca, Água Espraiada), Curitiba (Linha Verde), Recife (Joana Bezerra) e Rio de Janeiro (Porto Maravilha).

No caso, as cidades são responsáveis por definir as operações e as suas especificações em lei municipal, enquanto os recursos são obtidos através da venda dos Certificados de Potencial Adicional de Construção (CEPACs), títulos com valor imobiliário que representam o direito do setor privado de construir além do coeficiente de aproveitamento básico (entre outras flexibilizações na legislação urbanística) na área determinada da Operação.

Os recursos financeiros provenientes da venda dos CEPACs vão para um fundo vinculado à Operação, que posteriormente são investidos em intervenções previamente planejadas e necessariamente localizadas na região que gerou a receita – sendo essa especificidade o diferencial entre os instrumentos da OUC e da Outorga Onerosa.

Na RMRJ, destaca-se o caso da Operação Urbana Porto Maravilha, que mobilizou uma série de investimentos na região portuária da capital fluminense. Com isso, espera-se uma transformação funcional da área (com aumento da população residente e dos serviços e atividades comerciais) impulsionada pela transformação física advinda dos investimentos na infraestrutura custeados pela comercialização de CEPACs, como implantação de VLT, desmonte do viaduto da Perimetral, tuneis e outras intervenções viárias associadas ao instrumento da Concessão Urbanística.

Existem diversos questionamentos relacionados às Operações Urbanas Consorciadas, sendo a principal crítica no fato destas serem responsáveis pela valorização imobiliária de áreas já privilegiadas ou, então, não atenderem interesses locais, satisfazendo em primeiro lugar o mercado imobiliário e agravando problemas sociais.

Assim, é possível afirmar que nem sempre tais instrumentos favorecem o desenvolvimento em si da região e podem acabar cedendo a interesses do mercado ou pressões políticas, de modo que qualquer

OUC a ser proposta como mecanismo de viabilização financeira para implantação das propostas do PDM deverá ser planejada tendo em vista o risco de gentrificação e a garantia de processos democráticos de participação social na definição das intervenções.

9.2.6 Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

Além dos mecanismos já abordados no presente relatório, é relevante levar em consideração o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), estabelecido no Protocolo de Kyoto das Nações Unidas. Tal mecanismo tem como premissa a redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) e objetiva auxiliar os países em desenvolvimento no alcance do desenvolvimento sustentável através da implementação de projetos de mitigação desses gases em parceria com países desenvolvidos.

O mecanismo funciona com os países em desenvolvimento elaborando e implementando projetos que beneficiem a redução da emissão de GEE, de modo a emitir as chamadas Reduções Certificadas de Emissões (RCEs), que por sua vez são negociadas no mercado global.

Os países desenvolvidos, assim, podem comprar os RCEs como uma forma de ajudar no cumprimento das suas cotas de diminuição de emissões, repassando recursos financeiros àqueles que já lograram tal redução.

Logo após a vigência o Protocolo de Kyoto (2005), houve entusiasmo mundial com esse mecanismo e alguns leilões de venda de crédito de carbono no Brasil conseguiram recursos para projetos inovadores, como o Aterro Sanitário NovaGerar em Nova Iguaçu (2006) e o Aterro Sanitário de Perus em São Paulo (2007).

Entretanto, sem novos períodos de compromisso de redução de emissões após 2012, o mercado regulado de carbono caiu muito, e o valor das RCEs, que referenciam a redução de uma tonelada de carbono equivalente, chegou a ser cotado em torno de € 0,5 em 2015¹⁰, muitíssimo abaixo dos € 20 que chegou a valer no auge do mercado de carbono.

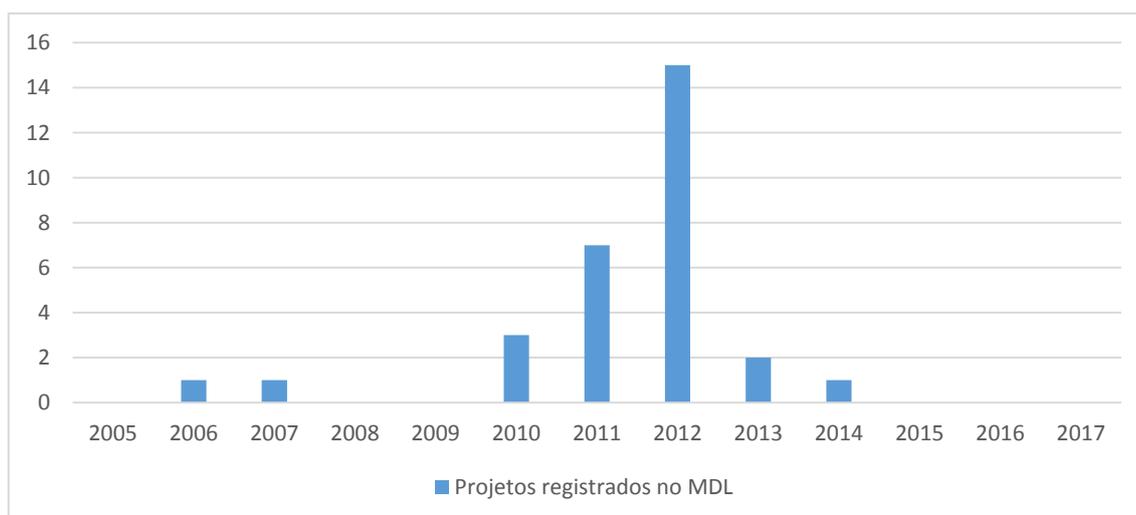
¹⁰ Fonte: LEONHARDT, Roberta Danelon; STUMP, Daniela. Banco Mundial promove leilão de crédito de carbono (22/05/2015). Disponível em: <<http://www.machadomeyer.com.br/imprensa/banco-mundial-promove-leilao-de-credito-de-carbono> . Acesso em: 08 jul. 2016>.

Dessa maneira, muitos dos projetos de MDL foram redirecionados para o mercado voluntário, em que as reduções de emissões são atestadas por organizações não-governamentais e adquiridas por empresas que visam compensar voluntariamente suas emissões de GEE.

Nesse contexto, levantou-se os projetos da área de transportes desenvolvidos no âmbito do MDL, relatados pela *United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC*.

A partir destas informações, o [Gráfico 14 a seguir](#) ilustra a quantidade de projetos registrados em cada ano. Observou-se que nos últimos 10 anos houveram apenas 30 projetos registrados na área de transportes desenvolvidos por MDL, havendo um pico de solicitações no ano 2012. Nota-se também que não houveram solicitações de projetos nos anos 2008, 2009, 2015 e 2016.

Gráfico 13: Projetos relativos à área de Transportes desenvolvidos por MDL.



Fonte: UNFCCC

Tabela 59: Projetos relativos à área de Transportes desenvolvidos por MDL

Ano de registro	Projeto	País	Início de Crédito	Fim de Crédito
2006	BRT Bogotá, Colombia: TransMilenio Phase II to IV	Colombia	2013	2019
2007	Installation of Low Green House Gases (GHG) emitting rolling stock cars in metro system	India	2007	2017
2010	Cable Cars Metro Medellín, Colombia	Colombia	2010	2017
2010	BRT Chongqing Lines 1-4, China	China	2010	2017
2010	Plant-Oil Production for Usage in Vehicles, Paraguay	Paraguay	2010	2017
2011	Modal Shift from Road to Train for transportation of cars	India	2011	2021
2011	BRT Lines 1-5 EDOMEX, Mexico	Mexico	2011	2018
2011	BRT Zhengzhou, China	China	2011	2018
2011	Metro Delhi, India	India	2011	2018
2011	BRT Metrobus Insurgentes, Mexico	Mexico	2012	2019
2011	Mumbai Metro One, India	India	2011	2021
2011	BRT Transmetro Barranquilla, Colombia	Colombia	2012	2018
2012	BRT Macrobus Guadalajara, Mexico	Mexico	2012	2019
2012	MIO Cali, Colombia	Colombia	2012	2019
2012	BRT Metroplus Medellin, Columbia	Colombia	2012	2019
2012	Bus Rapid Transit (BRT) in Guatemala City	Guatemala	2012	2019
2012	Lanzhou Bus Rapid Transit (BRT) Project	China	2013	2019
2012	MEGABUS, Pereira, Colombia	Colombia	2012	2019
2012	Metro Line 12, Mexico City	Mexico	2012	2019
2012	BRT Metrobus 2-13, Mexico	Mexico	2013	2022
2012	EKO electric vehicles, India	India	2012	2022
2012	Hero Electric Vehicles, India	India	2012	2022
2012	Nittsu Fuel Efficiency Improvement with Digital Tachograph Systems on Road Freight Transportation CDM Project in Malaysia	Malaysia	2012	2022
2012	Electrotherm Electric Vehicles, India	India	2012	2022
2012	Lohia Auto Industries Electric Vehicles, India	India	2012	2022
2012	Mode-shift of passengers from private vehicles to MRTS for Gurgaon metro	India	2013	2019
2012	LRT System in Tunis	Tunisia	2015	2024
2013	Demonstration project for annual production 4, 000, 000 m3 biogas from organic waste in Anyang City	China	2013	2023
2013	Guiyang MRTS Line I Project	China	2016	2025
2014	Landfill Closure and Gas capture CDM project by GAIL at Ghazipur, India	India	2015	2024

Fonte: UNFCCC

Desta forma, é notável a importância deste tipo de mecanismos para incentivo de implantação de dispositivos sustentáveis, principalmente no que tange a evolução dos transportes urbanos associados ao desenvolvimento urbano sustentável. No entanto, observa-se que não se alcançou a amplitude esperada de busca por estes recursos, como pode ser observado a partir das informações apresentadas.

Os projetos de transportes urbanos, por sua natureza, são sustentáveis, porém a falta de projetos inscritos nessa área revela que existem algumas dificuldades a serem consideradas. De início, tais projetos envolvem muitos atores e, conseqüentemente, arranjos institucionais e legais muito complexos. Além disso, poucas metodologias de medição das reduções de GEE foram aprovadas, o que também exigiria uma grande quantidade de trabalho para desenvolver um novo método.

Somado a isso, as regras existentes para o funcionamento do projeto e a sua duração também são aspectos que podem tornar difícil a integração ao mecanismo. A viabilidade financeira também é outro ponto a ser levado em consideração, uma vez que existe uma defasagem entre o custo do projeto, normalmente elevado para infraestrutura de transportes, e as receitas, o que não incentiva os investidores a investir em projetos do MDL na área de transportes. Apesar destas constatações, a utilização de recursos oriundos da comercialização de créditos carbonos é ainda possível a partir de negociações com os mecanismos alternativos à Quioto, como a Bolsa do Clima de Chicago (Chicago Climate Exchange – CCX), a Regional Greenhouse Gas Initiative (RGGI), o Califórnia AB 32, Califórnia Carbon Allowance, entre outros.

9.3 VISÃO OBJETIVO DA ESTRUTURA INSTITUCIONAL PARA O CENÁRIO COM A REDE PROPOSTA

9.3.1 Quadro Institucional Atual Relevante para a Mobilidade na RMRJ

Os estudos institucionais apresentados a seguir têm como objetivo a compreensão das estruturas gerenciais e políticas em que ocorrem as políticas públicas de mobilidade na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, tendo em vista o contexto de ações e atividades relevantes para a implementação e gestão do sistema de transporte coletivo sobre trilhos proposto pelo Plano Diretor Metroviário – PDM RMRJ. Tal contexto é condicionante das propostas desenvolvidas no PDM uma vez que indica as possibilidades presentes de ação e os desafios a serem enfrentados para a implantação de novas políticas e intervenções.

9.3.1.1 A Gestão da RMRJ

A Região Metropolitana do Rio de Janeiro – RMRJ foi instituída originalmente por meio da Lei Complementar nº 20, de 1974, ainda no contexto de planejamento centralizado do regime militar. Posteriormente, à luz da Constituição Federal de 1988, vieram a Lei Complementar Estadual nº 64 de 1990 e a Lei Complementar Estadual nº 87 de 1997, alteradas pelas leis complementares estaduais nº 89 de 1998 e nº 97 de 2001, determinando que o planejamento de serviços comuns dos municípios no território polarizado pela capital fluminense deve ser feito de maneira integrada. Atualmente, a RMRJ é composta por 21 municípios e conta com uma população estimada em 12,28 milhões de habitantes (IBGE 2015).

A RMRJ já contou com a FUNDREM - Fundação para o Desenvolvimento da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, criada pelo Decreto-Lei Estadual nº 14/1975 para as atividades de planejamento metropolitano, mas extinta por meio do Decreto Estadual nº 13.110 em 1989.

Com a extinção da FUNDREM, a questão da gestão acabou sendo fragmentada em diversos órgãos, entidades e agências que passaram a atuar sob uma perspectiva metropolitana, porém sem grande efetividade na consolidação de uma governança metropolitana. No caso, destacaram-se o Comitê de Bacias Hidrográficas, a Agência Metropolitana de Transportes Urbanos do Estado do Rio de Janeiro – AMTU e também as Secretarias de Estado de Obras e de Habitação, estas últimas responsáveis pela normatização e estruturação do Uso e Ocupação do Solo na região.

A partir desse cenário, surgiu a necessidade de criar mecanismos para a gestão integrada que englobassem não apenas o Poder Público, mas também a sociedade civil organizada e o setor privado. Nesse sentido, o chamado Comitê Executivo de Estratégias Metropolitanas (Decreto Estadual nº 42.832/2011) foi criado com o objetivo de promover a articulação e o diálogo entre os diversos atores da RMRJ, de modo a instituir uma governança metropolitana.

Posteriormente, foi criada a Câmara Metropolitana de Integração Governamental do Rio de Janeiro (CIG) e o Grupo Executivo de Gestão Metropolitana (Decreto nº 44.439, de 17 de outubro de 2013, modificado pelos decretos nº 44.905 de 11 de agosto de 2014 e 45.142 de 30 de Janeiro de 2015), ambos com o intuito de retomar a governança metropolitana e integrar as políticas públicas voltadas para o desenvolvimento urbano regional. Além disso, existem projetos financiados pelo Banco Mundial para o fortalecimento do planejamento integrado, tais como o Sistema de Informação Geográfico e o planejamento estratégico da RMRJ para os próximos 15 anos.

É também importante considerar a recente promulgação da Lei Federal 13.089/2015, responsável por instituir a Política Nacional de Planejamento Regional Urbano, nomeada como Estatuto da Metrôpole. A lei representa um passo importante na constituição de um planejamento estratégico em conjunto entre os municípios, em que deve ocorrer uma articulação entre os governos locais, assim como entre os setores público e privado em prol do desenvolvimento regional.

O Estatuto determina que o Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado (PDUI), de edição estadual, seja o instrumento para a articulação dos parâmetros de planejamento urbano interfederativo, ao qual os planos diretores municipais passam a estar vinculados. O PDUI também deve articular os arranjos adicionais no ambiente metropolitano, inclusive por meio das formas de gestão associadas voltadas para a prestação de serviços públicos caracterizados como funções públicas de interesse comum, por meio de planos setoriais interfederativos, fundos públicos, operações urbanas consorciadas interfederativas, zonas para aplicação compartilhada dos instrumentos urbanísticos, consórcios públicos, convênios de cooperação e contratos de gestão, compensação por serviços ambientais ou outros serviços prestados pelo município à unidade territorial urbana, e parcerias público-privadas interfederativas.

São componentes do PDUI temas de interesse comum aos municípios constituintes da região metropolitana, como uso do solo, meio ambiente, destinação de resíduos, saneamento, gestão integrada e mobilidade. Nesse sentido, a Câmara Metropolitana de Integração Governamental do Rio de Janeiro já está elaborando o Plano Estratégico de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Rio de Janeiro à luz do Estatuto da Metrôpole.

Destaca-se ainda para a questão institucional o projeto de lei em elaboração pelo Governo do Estado do Rio de Janeiro que propõe a criação de uma nova forma de governança metropolitana e um marco legal para o tema. No caso, pretende-se criar uma autarquia, chamada de Instituto Rio Metrôpole, responsável pela aprovação de projetos e políticas públicas para a região, e, em conjunto, um fórum de participação.

9.3.1.2 Gestão da Mobilidade Urbana em Escala Metropolitana

Sob a perspectiva da mobilidade urbana, não existem no Brasil autoridades unificadas que sejam responsáveis pela gestão integrada do trânsito e dos transportes em nível metropolitano, o que revela o desafio no que diz respeito à consolidação de uma governança que seja responsável por pensar na mobilidade na região como um todo. No país, as políticas para regiões metropolitanas estão a cargo dos

Estados Federados, que normalmente possuem órgãos (organizados em distintos modelos institucionais) que são responsáveis pelo transporte intermunicipal em regiões metropolitanas, dividindo atribuições de acordo com os modos de transporte que oferecem (ônibus, metrô e trens metropolitanos), mas a gestão dos serviços locais permanece sob responsabilidade das prefeituras.

O caso brasileiro que logrou integrar de maneira mais ampla distintas esferas de serviços públicos para a mobilidade urbana encontra-se na Região Metropolitana de Recife, que configurou o Grande Recife Consórcio de Transporte, único caso de consórcio público focado em transportes metropolitanos no país, no qual todas as atribuições do Estado de Pernambuco e das Prefeituras de Recife e Olinda quanto aos transportes públicos metropolitanos foram outorgadas ao Consórcio – ainda que os demais municípios da região e os serviços do MetroRec tenham ficado fora do arranjo.

No caso da RMRJ, a Secretaria de Estado de Transportes – SETRANS coordena os serviços do Metrô-Rio, SuperVia, Barcas, DETRO (ônibus intermunicipais), como será tratado adiante, mas a ausência de uma instituição pública regional plenamente integrada à ação municipal faz com que a gestão dos diferentes modos de transporte seja feita de maneira fragmentada, de modo que a integração com os sistemas locais seja considerada de maneira pontual, caso a caso, ainda que existam esforços na articulação das ações pelas instâncias decisórias em nível regional.

O desafio da integração plena (desde o planejamento até a gestão) entre os sistemas metropolitanos e municipais é um dos aspectos que a ampliação da rede sobre trilhos proposta pelo PDM enfrentará, especialmente quando linhas metroviárias forem implantadas fora da capital, pois incluirá novos atores e sistemas na definição das políticas de integração física e tarifária para os deslocamentos metropolitanos. Nesse sentido, destaca-se o potencial papel a ser desempenhado pelos fóruns de governança metropolitana como órgãos que oferecem espaços institucionalizados para a mediação de conflitos, articulação regional, planejamento e gestão coordenados, especialmente a Câmara Metropolitana.

9.3.1.3 A Organização Institucional Atual da Mobilidade Metropolitana na RMRJ

O Governo do Estado do Rio de Janeiro é o principal ator na definição das políticas de mobilidade urbana metropolitana na RMRJ. Para tal, conta com a Secretaria de Estado de Transportes (SETRANS) e seus órgãos relacionados de planejamento, fiscalização e operação.

A SETRANS tem como função a promoção, implantação, ampliação, melhoria e integração da infraestrutura de transportes fluminenses. Para tal, realiza a condução de pesquisas e estudos para o melhor planejamento de políticas públicas e é responsável pelos serviços de transportes e terminais, tendo assim como importante atribuição a fiscalização tanto de entidades a ela vinculadas quanto de iniciativas privadas que operam por regime de concessão ou permissão. A SETRANS possui dois fundos vinculados: Fundo Estadual de Transportes – FET e o Fundo para Operação e Melhoria dos Transportes Coletivos Metropolitanos - FOM Transportes. Na SETRANS encontra-se a Agência Metropolitana de Transportes Urbanos – AMTU que, criada em 2007, é responsável pelo acompanhamento de projetos de transporte para a RMRJ e pela promoção de reuniões e encontros entre os municípios de modo a promover a sua integração, assim como outras funções. É, assim, um órgão público que atua no sentido de fortalecer as relações entre os municípios e o governo estadual tendo em vista os serviços de transporte e a mobilidade urbana.

Vinculada à SETRANS, a Agência Reguladora de Serviços Públicos Concedidos de Transportes Aquaviários, Ferroviários e Metroviários e de Rodovias do Estado do Rio de Janeiro – AGETRANSP - é a autarquia estatal responsável pela fiscalização da prestação dos serviços de transporte rodoviário, aquaviário, ferroviário e metroviário. A agência representa um importante ator para as políticas de mobilidade urbana, uma vez que desempenha o papel fundamental de avaliação e acompanhamento dos serviços de transporte do Estado do Rio de Janeiro, como as Barcas, o MetrôRio e a SuperVia, conforme explicado adiante.

Ainda no âmbito das secretarias de estado, destaca-se o papel da Secretaria de Estado de Obras – SEOBRAS, que tem por função o planejamento, coordenação, supervisão e avaliação das políticas públicas estaduais dos diferentes setores, tais como saneamento, desenvolvimento urbano e, evidentemente, infraestrutura de transportes, entre outros.

A SEOBRAS desempenha também a função de formar parcerias público-privadas e de regulamentar as concessões de serviços, além de administrar o Fundo de Desenvolvimento Metropolitano - FDM. Destaca-se ainda o Escritório de Gerenciamento de Projetos do Governo do Rio de Janeiro - EGP-Rio, criado em 2007 e vinculado à Secretaria de Estado da Casa Civil com o objetivo de promover maior eficiência e qualidade na gestão de projetos no Rio de Janeiro, e atua em temas relacionados a ambiente, instalações e transportes, em que realiza o devido acompanhamento, monitoramento e avaliação.

Além das secretarias citadas, para compreender a estrutura estadual de transportes, é necessário descrever o processo de privatização multissetorial ocorrido no estado em 1998, que incluiu a concessão

do sistema ferroviário suburbano (antiga Flumitrens), das Barcas e do sistema de metrô a concessionários privados. Em todos os casos, cabe à AGETRANSP a contínua avaliação e acompanhamento do serviço prestado pelas concessionárias, a fim de fiscalizar o cumprimento das normas e cláusulas contratuais.

A concessão foi feita com auxílio do Banco Mundial (Projeto de Reforma e Privatização do Estado do Rio de Janeiro - P039197, Empréstimo N° 4211-BR). Desde então, a estratégia do estado tem-se baseado em princípios acordados com o Banco Mundial: criação de uma Autoridade Metropolitana que priorizaria os investimentos em transportes na RMRJ e promoveria a integração modal por intermédio de uma política de tarifa comum e subsídio; atualização periódica da estratégia de transporte urbano integrado, uso da terra e qualidade do ar; desenvolvimento de mecanismos de financiamento para o setor, além dos orçamentos do governo; e promoção progressiva da participação do setor privado nas operações e investimento no setor.

Quanto ao sistema ferroviário suburbano de 225 Km de trilhos, o estado e a concessionária SuperVia (Odebrecht Transport a partir de 2011) adquiriram responsabilidades específicas de investimento que se traduziram em melhorias do serviço e que estão definidas no contrato de concessão. O estado, por meio da Companhia Estadual de Engenharia de Transportes e Logística – CENTRAL (criada em 2001), é responsável pela renovação da frota de trens, enquanto a concessionária deve melhorar os sistemas de trilhos e de sinalização, fazer melhorias em algumas estações, comprar uma parte dos novos trens e operar e manter a rede a uma tarifa que esteja definida no contrato e seja atualizada anualmente, após aprovação por parte da AGETRANSP.

A CENTRAL também é responsável pelo sistema de Bondes de Santa Teresa e coordenou o desenvolvimento do Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Rio de Janeiro - PDTU/RMRJ, do Plano Estratégico de Logística e Cargas do Estado do Rio de Janeiro - PELC/RJ 2040 e do Programa Estadual de Transportes – PET.

A partir da concessão do sistema ferroviário suburbano, novos empréstimos do Banco Mundial financiaram parte dos compromissos do estado no acordo de concessão para aquisição de novos trens e a recuperação de outros. Desde 1998, o número de passageiros na SuperVia vem aumentando de forma consistente em consequência das melhorias na qualidade dos serviços, chegando a 530.000 passageiros por dia útil em 2010. O subsídio operacional pago pelo estado para suportar as operações do sistema ferroviário caiu de US\$ 121 milhões por ano em 1997 para zero atualmente.

O Contrato de Concessão firmado entre o Estado do Rio de Janeiro e a SuperVia estipula um prazo de vigência de 25 anos, com a possibilidade de prorrogação por mais 25 anos. Vale destacar que a

SuperVia administra ainda o Teleférico do Morro do Alemão (Bonsucesso – Palmeiras, integrado à rede de trens), desde 2011.

Quanto ao sistema metroviário, a concessionária Metrô Rio (Consórcio Oportrans até 2009, depois Grupo Invepar) presta, desde 1998, o serviço público de transporte metroviário de passageiros, além de realizar investimentos em reforma de estações, aquisição de novos carros, melhoria no sistema de ar condicionado e modernização do centro de controle, entre outros. Inicialmente, foi estipulado um prazo de 20 anos para a exploração das duas linhas, porém, no ano de 2007, o contrato foi reeditado e a concessão se prorrogou por mais 20 anos mediante a realização de novos investimentos por parte da MetrôRio. Já a Linha 4 (Ipanema-Barra), inaugurada no segundo semestre de 2016, foi concedida para exploração precedida de obra pública à Concessionária Rio Barra (Queiroz Galvão, Odebrecht, Carioca Engenharia, Cowan, Servix). Em ambos os casos, as expansões da rede metroviária, aquisição de novos trens e as atividades de planejamento e elaboração de projetos e obras ficaram a cargo da Companhia de Transportes sobre Trilhos do Estado do Rio de Janeiro - RioTrilhos, empresa vinculada à Secretaria de Estado de Transportes – SETRANS e promotora do presente estudo.

Já o transporte aquaviário da região é realizado pela Concessionária CCR Barcas, que opera linhas nos municípios do Rio de Janeiro, Niterói, Angra dos Reis e Mangaratiba. O transporte foi inicialmente concedido à iniciativa privada em 1998, com a assinatura de um Contrato de Concessão entre o Estado do Rio de Janeiro e o consórcio Barcas S/A até o ano de 2023, podendo ser prorrogado por mais 25 anos. Em 2012, 80% do capital da concessionária foi comprado pelo Grupo CCR, que passou a realizar a exploração e a gestão das linhas e mudou o nome do consórcio para CCR Barcas. É prevista também a realização de investimentos por parte do consórcio, com o objetivo de recuperar e reformar a frota existente e também adquirir novas embarcações.

Outro ator relevante na mobilidade metropolitana é o Departamento de Transportes Rodoviários do Estado do Rio de Janeiro – DETRO, autarquia do Governo do Estado do Rio de Janeiro que possui como funções o planejamento, a concessão, a regulamentação e a fiscalização do transporte intermunicipal feito por ônibus ou vans. Assim, a entidade realiza vistorias nos veículos utilizados de modo que o serviço seja prestado de maneira adequada. Já a Companhia de Desenvolvimento Rodoviário e Terminais do Estado do Rio de Janeiro – CODERTE é uma empresa de economia mista vinculada à Secretaria de Estado de Transportes, responsável por 16 terminais rodoviários localizados no Estado, administrados sob regime de concessão ou operados diretamente.

Como entidade representativa dos operadores de ônibus, outro conjunto de atores sociais privados diretamente envolvidos na operação do sistema metropolitano de ônibus é a Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro – Fetranspor, que congrega 10 sindicatos de empresas de ônibus responsáveis por transporte urbano, interurbano e de turismo e fretamento. Esses sindicatos, por sua vez, reúnem mais de 200 empresas de transporte por ônibus, que respondem por 81% do transporte público regular no Estado do Rio de Janeiro.

Verifica-se assim que, na RMRJ, é fundamental ter em vista a parceria do Governo do Estado com a área privada, para a qual foi transferida a totalidade da responsabilidade pela operação do sistema de mobilidade metropolitano em todos os modos coletivos de transporte, ficando para os órgãos públicos o papel de planejamento, implantação e fiscalização dos serviços. Tal contexto amplo de parceria para a viabilização da operação dos sistemas é a característica mais destacada da organização institucional atual da mobilidade metropolitana, e condiciona tanto as ações para a implantação das linhas propostas pelo PDM – tendo em vista o potencial de novas parcerias para a expansão da rede – quanto às proposições para a qualificação da gestão pública em seu papel de concepção, provimento ou fiador de investimentos em bens de capital e de monitoramento das novas operações.

9.3.1.4 Quadro Institucional da Mobilidade em Escala Municipal

As prefeituras metropolitanas têm, por competência constitucional, o dever de planejar, implantar e gerir os sistemas municipais de transporte, em um papel que desempenham segundo distintos graus de estruturação institucional, atribuições (usualmente limitadas à atuação operacional) e capacidade técnica e política, especialmente quanto à articulação com as ações metropolitanas.

Dessa maneira, a necessária articulação com diversas estruturas municipais, com distintas capacidades, para a implantação da rede proposta pelo PDM revela-se de antemão um desafio institucional que deverá ser enfrentado para a ampliação da rede sobre trilhos, especialmente quanto à coesão com os planos municipais de mobilidade e a integração física e tarifária com os sistemas municipais que serão impactados pelas novas infraestruturas – com destaque para a capital, São Gonçalo e Niterói, que abrigarão as maiores extensões de novas linhas.

A Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, como capital estadual e cidade-polo da RMRJ, tem a maior capacidade de proposição e implantação de sistemas por meio de sua Secretaria Municipal de Transportes

– SMTR e da Companhia de Engenharia de Tráfego do Rio de Janeiro – CET-Rio, empresa de economia mista com majoritária participação da prefeitura da capital.

Nos últimos anos, a prefeitura logrou implantar importantes infraestruturas para a qualificação dos transportes na cidade, como o VLT na área central (em parceria com a Concessionária Porto Rio) e corredores BRT, como o TransCarioca, TransOeste, TransOlímpico e TransBrasil (em obras), sendo um ator fundamental na articulação do Governo do Estado para a implantação de políticas metropolitanas. Merece destaque no município, como ator privado, a Rio Ônibus, sindicato que representa os quatro consórcios que operam no sistema de transporte coletivo na cidade do Rio de Janeiro, dividida em quatro regiões (consórcios Intersul, Internorte, TransCarioca e Santa Cruz), somando 43 empresas.

Niterói também se sobressai no quadro metropolitano pela gestão que realiza dos transportes municipais, contando inclusive com a Niterói Transporte e Trânsito – NitTrans, sociedade de economia mista responsável pelo planejamento e gerenciamento técnico-operacional do sistema de transportes e trânsito e do sistema viário da cidade. Destacam-se ainda na gestão da mobilidade, entre os municípios metropolitanos, as prefeituras de Duque de Caxias e São Gonçalo por serem as únicas, como a capital, que já iniciaram tratativas para a elaboração de seus Planos Municipais de Mobilidade à luz da Política Nacional de Mobilidade Urbana.

9.3.1.5 Sistemas Eletrônicos de Pagamento de Tarifas

A organização do pagamento eletrônico de tarifas de transporte, que permite inclusive descontos ao usuário na integração entre distintos modos de deslocamento motorizado, é feita pelo sistema RioCard (RioPar Participações S/A, RioCard Administradora de Cartões e Benefícios S/A, RioCard TI, RioTerminais, MovTV e SPTA), unidade de negócios da Holding RioPar voltada para criar soluções customizadas para a gestão de meios de pagamentos eletrônicos e ligada à Rio Ônibus. A gestão do sistema é feita, assim, por uma entidade privada, que repassa aos órgãos públicos de transporte os dados da operação e faz as compensações entre as empresas operadoras.

Devido aos subsequentes acordos entre operadores e a administração pública para os descontos na integração tarifária e para atender a ampla legislação fragmentada que trata do tema, existem quatro tipos de Bilhete Único na RMRJ, além de seus equivalentes para os usuários de Vale Transporte, revelando as dificuldades na gestão integrada dos sistemas metropolitanos e municipais na metrópole fluminense:

- **Bilhete Único Intermunicipal (Bilhete Único RJ):** Nos termos da Lei Estadual nº 5.628/2009 e do Decreto Estadual nº 42.262/2010, possibilita a utilização de no mínimo um transporte intermunicipal, dentro de um período determinado, na região metropolitana no Rio de Janeiro. Tem o prazo máximo de utilização de 3h para realização da integração, sendo o intervalo entre as viagens (integrações) de ida e volta de, no mínimo, 1 hora. O usuário pode realizar até duas viagens diárias (ida e volta), compostas por até duas integrações cada, nos seguintes modais: ônibus, metrô, trem, barcas e vans legalizadas. Em linha ou serviço de transporte intermunicipal com valor superior à tarifa praticado no sistema Bilhete Único Intermunicipal, é debitado do cartão o valor máximo da tarifa de Bilhete Único. No caso de utilização nas barcas, o usuário se beneficia da Tarifa Social, pagando um valor inferior ao praticado na tarifa atual. Os ônibus executivos (“Frescão”) não estão incluídos no benefício tarifário do Bilhete Único Intermunicipal, sendo debitado do cartão o valor integral da tarifa praticada nestes. O benefício da tarifa reduzida do Bilhete Único Intermunicipal é válido nas viagens entre modais nos seguintes municípios da Região Metropolitana do Rio de Janeiro: Belford Roxo, Duque de Caxias, Guapimirim, Itaboraí, Itaguaí, Japeri, Magé, Mangaratiba, Maricá, Mesquita, Nilópolis, Niterói, Nova Iguaçu, Paracambi, Queimados, Rio de Janeiro, São Gonçalo, São João de Meriti, Seropédica, Tanguá.
- **Bilhete Único Carioca:** à luz da Lei Municipal nº 5.211/2010, possibilita no município do Rio de Janeiro a utilização de um segundo transporte, em um período de 2 horas e meia, com intervalo entre as integrações de ida e volta a partir de 1h, sendo que o usuário pode realizar apenas duas integrações diárias.
- **Bilhete Único Niterói:** amparado pela Lei Municipal nº 2.851/2011, possibilita a utilização de um segundo transporte, dentro de um período determinado, dentro do município de Niterói.
- **RioCard Expresso:** cartão recarregável (conceito de ‘cartão moedeiro’) que pode ser usado em todos os transportes públicos do Estado do Rio de Janeiro, independentemente do valor da tarifa, sem restrições de uso e tempo, exceto quando estiver associado ao benefício tarifário do sistema Bilhete Único, de acordo com as regras de integrações mencionadas acima. De acordo com o artigo 6º. Lei 5.628/2009, os portadores de Vale-Transporte Convencional e Cartão Expresso também podem usufruir do benefício tarifário do sistema Bilhete Único com seus cartões.

Fora do sistema RioCard, existem ainda os cartões do Metrô Rio, nas modalidades ‘recarregável’, ‘unitário’ e ‘Metrô na superfície’ (válido para a estação Botafogo para linhas de ônibus operadas pelo próprio Metrô com ponto final na Gávea), que funcionam somente para acesso às linhas do Metrô Rio. A

integração tarifária com os sistemas de ônibus municipal ocorre somente em algumas estações e linhas determinadas em acordos específicos entre os operadores, inclusive com algumas permitidas para cartões de Vale Transporte.

Assim, a expansão da rede sobre trilhos proposta pelo PDM coloca como desafio a simplificação do sistema de pagamentos de tarifas e a ampliação da integração tarifária, especialmente com os sistemas municipais da capital, de São Gonçalo e Niterói, que abrigarão as maiores extensões de novas linhas.

9.3.2 Diretrizes para Estrutura Institucional para o Cenário com a Rede Proposta

A partir do quadro geral da organização institucional dos serviços de mobilidade metropolitana, ou seja, da divisão de responsabilidades e atribuições entre os entes federativos locais que planejam, implantam e fiscalizam os sistemas de transporte (fragmentação institucional governamental com diversos órgãos públicos que tratam dos transportes de maneira compartimentada), e o papel e as características dos entes privados que os operam, é necessário avaliar como o PDM se insere enquanto instrumento que orienta as ações de expansão da rede-objetivo sobre trilhos no cenário da RMRJ para o ano de 2045.

De um lado, o PDM apresenta a ousada tarefa de implantar novos 150 Km de linhas em 30 anos, de modo que a cada década deverão ser construídos, em média, quase 50 Km de linhas – quase a mesma extensão implantada nos últimos 46 anos, desde a criação do Metrô (53,9 Km construídos entre 1970 e 2016). Tendo em vista os aportes financeiros necessários (cerca de R\$ 30 bilhões a serem investidos a cada dez anos) e os aspectos técnicos de coordenação da elaboração de projetos e de acompanhamento de obras, é fundamental que a RioTrilhos, como instituição que conduzirá a execução do PDM, seja fortalecida com ampliação de seus quadros técnicos e recursos gerenciais para conceber, estruturar e realizar tamanho empreendimento.

Mesmo a concepção e condução de eventuais parcerias com a iniciativa privada exigirá o empoderamento dessa instituição para assegurar a qualidade dos contratos, estudos funcionais, projetos executivos e obras, assim como o controle público e transparência das ações, de maneira coerente com as premissas do Plano. Mais do que isso, compreendendo o planejamento de transportes como processo contínuo, é importante também que a empresa agregue à rede proposta mudanças ocasionais resultantes de alterações nas dinâmicas metropolitanas que fatalmente ocorrerão do ponto de vista econômico, urbanístico e político dado o longo prazo do Plano, promovendo revisões regulares do PDM com as

ferramentas computacionais de modelagem de transportes criadas no contexto de elaboração do presente projeto.

Por outro lado, a implantação dessas novas linhas de transporte e aumento de sua abrangência nos municípios metropolitanos exigirá estratégias para alinhar compromissos de todos os entes federativos envolvidos, de modo a garantir consistência entre as ações para a mobilidade feitas em escala metropolitana e aquelas organizadas em nível municipal, o que inclui ainda as políticas de uso e ocupação do solo, fundamentais para o gerenciamento da demanda.

Nesse sentido, emerge a importância da Agência Metropolitana de Transportes Urbanos – AMTU como articuladora das ações municipais e estaduais para a mobilidade, e da Câmara Metropolitana de Integração Governamental do Rio de Janeiro, como instância de planejamento intersetorial capaz de integrar as políticas metropolitanas de desenvolvimento urbano, uso do solo, meio ambiente, saneamento e mobilidade à luz do Plano Estratégico de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

É importante destacar, finalmente, que o desenvolvimento das políticas de mobilidade na RMRJ tem como ponto nodal os desafios de gestão derivados do fato de que os operadores do sistema são todos empresas privadas, concessionárias dos serviços concedidos. Isso exige postura atenta de órgãos planejadores e fiscalizadores para promover o desenvolvimento integrado dos sistemas e a prestação adequada dos serviços públicos concedidos, satisfazendo as condições de regularidade, continuidade, eficiência, segurança, atualidade, generalidade, cortesia na sua prestação e modicidade das tarifas, conforme Art. 6º da Lei nº 8.987/1995 (que dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos).

Assim, o papel hoje desempenhado pela AGETRANSP também demandará fortalecimento dado o aumento da complexidade da rede metropolitana e o ganho de importância que a mesma terá nas dinâmicas cotidianas da população.

10. DEBATE COM A SOCIEDADE SOBRE O PLANO DE IMPLANTAÇÃO

O debate com a sociedade é tarefa indispensável em trabalhos da natureza do PDM. Essa ação se materializou por meio de um seminário técnico, para o qual foram convidados membros da comunidade técnica de transportes do Rio de Janeiro, da comunidade acadêmica e entidades representativas da .

O objetivo foi apresentar os resultados do PDM, a proposta de rede metroviária a ser implantada no horizonte de 30 anos, bem como a hierarquização proposta, e ouvir dúvidas, comentários e sugestões dos participantes do seminário.

Ocorreu no dia 13 de dezembro de 2017, no Auditório da Secretaria de Estado de Transportes, entre 10h30min e 12h30minh o segundo Seminário Técnico do PDM, momento em que foi realizada apresentação de um resumo do Plano, contemplando breve descrição de todas as atividades desenvolvidas e apresentado, de maneira inédita, o Plano de Implantação do PDM, que constitui a atividade final do desenvolvimento do Plano.

Durante uma hora e quarenta minutos os técnicos do Consórcio SETEPLA/LOGIT apresentaram ao público presente, composto por 52 pessoas, um conjunto de 70 slides com o seguinte conteúdo:

Breve Introdução,

Estrutura do Plano e Fluxograma de Atividades,

Metodologia empregada no PDM, as diversas etapas do desenvolvimento do trabalho,

Rede Básica proposta, a estrutura de filtros para depuração da Rede Básica, Uso de modelo de processo de análise hierárquica (conhecido no meio técnico pela sigla do nome em Inglês AHP),

Critérios e subcritérios estabelecidos para esse processo, os pesos estabelecidos pelos especialistas para cada critério e o resultado do método AHP aplicado, ou seja, a hierarquização e linhas por ele proporcionadas.

Em seguida foi apresentado o resultado da hierarquização das linhas e trechos da rede metroviária, em cada um dos três horizontes temporais decenais: de 2015 a 2025, de 2026 a 2035 e de 2036 a 2045. Ato contínuo foi explicado ao público acerca da última fase da depuração da rede – a Avaliação Socioeconômica de todas as linhas e da rede como um todo.

Foi apresentado quadro em que as linhas/trechos referentes ao terceiro e último horizonte não se mostraram viáveis na ótica econômica. Por essa razão apresentou-se o conjunto e linhas com implantação

sugerida até 2045 sem esses trechos, e com prazos mais dilatados para as linhas que passaram pelo crivo da análise econômica.

O público presente foi composto por técnicos e dirigentes da RioTrilhos, da Secretaria de Estado de Transportes, da CENTRAL e da Câmara Metropolitana, também contou entre os presentes com o Secretário Municipal e Transportes e Vice-Prefeito da Cidade do Rio de Janeiro, bem como com técnicos da administração municipal.

As únicas manifestações dos participantes foram:

- a) Confirmar qual se o trecho Gávea-Carioca seria implantado antes do Trecho Gávea-Uruguaí, o que foi esclarecido imediatamente.
- b) Conhecer o traçado da linha Deodoro – Presidente Vargas no trecho entre o Caju e a região central. A pergunta objetiva era se o traçado proposto coincidiria com as linhas de VLT. Foi respondido que não exatamente, uma vez que o VLT utilizará túnel ferroviário existente no bairro Gamboa, enquanto o metrô teria implantação subterrânea.

Não foram apresentadas dúvidas nem objeções ao material exposto pelos técnicos.

Não houve outras perguntas nem novas manifestações, motivo pelo qual o Presidente em exercício da RIOTRILHOS encerrou o Seminário.

Este relato consigna a finalização da atividade de debate do PDM com a sociedade.

11. CONSOLIDAÇÃO DO PLANO DE IMPLANTAÇÃO

O Plano de Implantação é um produto que combina a proposta de implantação apresentada no [Capítulo 8](#) deste relatório com as sugestões emanadas pela sociedade e devidamente avaliadas pela equipe técnica. Por esse motivo este capítulo será finalizado somente após a realização do seminário.

Adiante-se que o conteúdo deste capítulo será a consolidação definitiva do Plano de Implantação, isto é, a informação das linhas a serem implantadas, a ordem de implantação e o cronograma de implantação definitivos.

12. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A título de conclusão apresenta-se a seguir um balanço dos objetivos pelo PDM, visando orientar futuras atualizações do trabalho e deixar lançado o debate sobre a ampliação da rede metroviária do Rio de Janeiro para técnicos, estudiosos, tomadores de decisão vindouros e interessados em geral:

Sobre o estudo e análise do uso de solo e demandas de transporte

Os levantamentos de informações socioeconômicas, uso do solo e demanda de transporte atuais, bem como o entendimento de suas perspectivas futuras permitiram concluir que a área central é e continuará sendo o polo predominante de atração de viagens. Apesar de que a rede estudada e proposta pelo PDM incorpora ligações a outras centralidades e polos geradores e atratores de viagens, observa-se que as linhas mais carregadas do sistema continuam sendo as que têm a área central como destino ou como ponto de passagem.

A tendência da metrópole em médio e longo prazo é apresentar uma redução no ritmo de crescimento, mesmo ao considerar os cenários de crescimento mais otimistas. Com isso verifica-se que os principais fluxos de demanda atuais continuarão a sê-lo no futuro.

Sobre as diretrizes do Plano

Dados os requerimentos de implementação dos sistemas metroviários o PDM concentrou-se em priorizar as alternativas propostas, estudar a viabilidade econômica e financeira das mesmas, bem como a capacidade de investimento para este tipo de projetos.

Após vencer várias etapas de estudo consolidou-se uma proposta de expansão da rede metroviária composta 140 Km adicionais à existente, com um orçamento de R\$ 79,4 bilhões. Entretanto, após a análise da viabilidade econômica, financeira e da capacidade de investimento do Estado, o PDM recomendou a implantação de 110 Km de rede, com um custo de R\$ 57,8 bilhões, para o horizonte 2045.

Sobre a meta recomendada, cabe tecer as seguintes considerações, caso a caso:

- Trecho Estácio - Praça Quinze: O estudo considera como pressuposto que este trecho será implantado, antes mesmo da execução do conteúdo do Plano. Isso se deve não somente ao fato de que se trata de trecho com projeto consolidado e já em fase inicial de implantação, mas também, e, principalmente porque as análises realizadas confirmaram a relevância do mesmo para o conjunto da rede em função das seguintes razões:
 - Este trecho possibilita a redução dos intervalos de serviço (*headway*) e, conseqüentemente o aumento da oferta das atuais linhas 2 e 1, a qual se encontra limitada pela linha 2, uma vez que trens de ambas linhas coexistem na mesma infraestrutura em um trecho expressivo da rede (de Central a Botafogo). Essa ampliação da oferta permitirá ao sistema recuperar a demanda reprimida existente nas linhas existentes e agir diretamente sobre a credibilidade do sistema, que perdeu ao longo dos anos usuários que se afastaram do metrô por não perceberem nele as condições de conforto anteriormente percebidas..
 - A implantação deste trecho viabiliza a construção da transposição da Baía de Guanabara.
- Praça Quinze – Arariboia: Quando se fala em utilizar uma rede metroviária para permitir a interligação de polos geradores e atratores de viagens e também fomentar centralidades urbanas emergentes, que não existe em toda a RMRJ maior necessidade de ligação por meio de transporte de massa entre dois pontos do que entre o centro da cidade do Rio de Janeiro e o centro de Niterói. O PDM reconhece que se trata de um grande desafio institucional e técnico, mas perfeitamente abordável no âmbito da

engenharia e menos difícil do que quando foi considerado pela primeira vez. Por outro lado, constatou-se também que não existe nenhuma alternativa mais eficiente do que construir uma ligação metroriária, seja do ponto de vista financeiro, seja do ponto de vista social.

Linha 3 Arariboia – Alcântara: Verificou-se que este é o corredor de maior concentração de demanda da face leste da RMRJ. Se não existir uma rede de transporte de alta capacidade na região de São Gonçalo e na sua conturbação com Niterói, o quadro atual de baixo adensamento, espraiamento populacional e desarticulação dos espaços ocupados tende a se consolidar. A Linha 3 deverá ser um instrumento de requalificação e desenvolvimento, que acarretará grandes benefícios para a região, especialmente para seu desenvolvimento imobiliário, de melhoria da qualidade de vida de sua população e de aquecimento da economia local, permitindo aos municípios de São Gonçalo e Itaboraí deixarem de exercer um papel de “exportadores de mão-de-obra” para se tornarem polos de comércio e indústria mais forte do que hoje. Na estruturação desta linha é necessário prever a existência do Pátio Neves, vital para a operação da linha. No caso de não poder contar com ele, devido a questões de natureza fundiária, far-se-á necessário outro pátio alternativo, por exemplo o de Guaxindiba, mesmo que para tal fosse necessário descartar a implantação dessa linha por etapas.

- Ligação Deodoro – Presidente Vargas. É o maior corredor de transporte da metrópole. Nos resultados das simulações realizadas se pôde verificar uma concentração de demanda tal que será necessária à implantação de um sistema de transporte de massa nesse eixo, da capacidade e pujança do metrô, e adicionalmente de uma boa oferta de transporte público rodoviário, visando complementar este sistema e garantir acessibilidade e capilaridade. Além disso nesse corredor o metrô se transformará em uma ferramenta de estímulo à requalificação urbana e à mudança de uso do solo, implantando o uso residencial em trechos do corredor e com isso gerando demanda lindeira ;
- Prolongamento da Linha 4, Jardim Oceânico – Alvorada: A análise da demanda confirmou a importância da ligação entre a Barra da Tijuca e a Zona Sul do Rio de Janeiro. Adicionalmente constatou-se que o estabelecimento de Alvorada como terminal da Linha 4 permite a consolidação da rede, permitindo as transferências com a linha Alvorada-Cocotá, bem como a formação de um grande anel que permite reproduzir os movimentos realizados entre a Barra e a região central por modo rodoviário.

- Ligação Alvorada – Cocotá: A importância dessa linha está atrelada à consolidação de uma rede de transporte que permita mais pares de viagem dos que hoje existem e ao mesmo tempo se contrapor à lógica vigente de ligações predominantemente radiais e convergente para a região central da metrópole. Trata-se de uma grande ligação transversal que permitirá “amarrar” a rede, por meio da consolidação e apoio às ligações existentes (especialmente à linha 2) e à nova ligação troncal Deodoro-Presidente Vargas, além de se articular também com a rede de trens de subúrbio operada pela SuperVia. Além disso atende à necessidade e à premissa de fomentar a consolidação de novas centralidades emergentes, neste caso a Barra da Tijuca, além e incorporar à rede de alta capacidade a Ilha do Governador.
- Ligação Gávea – Uruguai – Del Castilho. Este trecho é muito importante para a configuração final da rede, pois permite a realização de deslocamentos entre o norte e o sul da metrópole sem passar pela área central, aspecto muito positivo em uma rede da natureza da que foi proposta pelo PDM, o que permite liberar capacidade nos trechos com maior renovação de passageiros (região central e sua periferia imediata). Trata-se de uma ligação do tipo “*by pass*”. Esta ligação está sendo proposta em conjunto com a ligação Gávea – Uruguai – Avenida Brasil, que será abordada posteriormente. Trata-se de uma operação em “Y” quando ambas estiverem implantadas. Contudo, as simulações revelaram que a demanda do trecho entre Gávea e Uruguai e entre Uruguai e Del Castilho deve ser implantada primeiro, dada sua dupla função de desafogar as linhas 1 e 2 e de fechamento funcional do anel da linha 1, na medida em que permitirá que os bairros de Leblon, Gávea e Ipanema sejam ligados à Tijuca pelo menor percurso.

A Ligação Gávea – Carioca é complementar na rede, isto é ela tem um papel preponderante de complementar a Linha 4, que liga a região da Barra da Tijuca à região central, e de apoiar a Linha 1 no que a oferta se refere a oferta. Além disso ela também permitirá conquistar nova demanda lindeira, especificamente de bairros importantes da zona sul que passarão a ter atendimento metroviário, direto, uma vez que atualmente (2017) só o tem mediante integração com o serviço de ônibus integrados dedicados (conhecido como “metro na superfície”). São eles: Jardim Botânico, Humaitá e parte de Botafogo) e também atrair passageiros dos bairros de Laranjeiras e parte de Santa Teresa. Cabe salientar que se a linha 5 proposta operar como continuidade da Linha 4 a mesma permitirá viagens entre o Centro da cidade e a Barra da Tijuca mais rápidas do que pelo atual trajeto via linha 1, devido, principalmente à menor quantidade de estações do trecho em questão.

Novo Prolongamento da Linha 4, entre Alvorada e o Recreio. Esta ligação atualmente (2017) é satisfatoriamente atendida pelo BRT TransOeste. Contudo, no horizonte 2014,e, considerando o aumento da densidade do Recreio dos Bandeirantes, que tende a assumir configuração semelhante à Barra da Tijuca no que diz respeito à verticalização das edificações residenciais e, se confirmando uma tendência de dispersão e intensificação da atividade comercial no eixo da Avenida das Américas, far-se-á necessário um atendimento no modo metroviário.

Sobre a ligação Arariboia – Maravista cabe comentar que, dado o seu baixo carregamento, é possível que a ligação precise ser estudada com maior detalhe, contemplando até mesmo uma mudança de modo (tecnologia), que garanta um atendimento de maior qualidade do que o prestado atualmente pelo modo rodoviário e sirva para requalificar o espaço urbano lindeiros. A adoção de um corredor de VLT ou BRT pode ser cogitada, assim como é possível transferir essa decisão para o município de Niterói, retirando definitivamente da rede metroviária, mas sem deixar de atender à população com aperfeiçoamento tecnológico dos serviços e sem prejuízo de uma integração física e tarifária do metrô com um eventual sistema de média capacidade operado sob a responsabilidade da Prefeitura de Niterói.

Conforme descrito anteriormente o conjunto de duas ligações: Del Castilho – Uruguai – Gávea e Avenida Brasil – Uruguai – Gávea deverá ser complementada com a implantação do trecho Avenida Brasil – Uruguai ao final de todo o processo. Essa ligação também tem caráter complementar na rede. Trata-se de um atendimento direto que permitirá não sobrecarregar a linha 1, a linha 2 e a futura linha 7 (Deodoro – Presidente Vargas), que terá como diretriz a Avenida Brasil. .

Questões urbanísticas e as centralidades

O PDM na forma em que foi planejado e concebido, é um instrumento de apoio aos tomadores de decisão, porém não apenas no que a transporte urbano se refere, mas também em relação à causa dos deslocamento, que é o uso e ocupação do solo. O conceito é planejar a rede com foco não apenas na rede, na demanda e na oferta, em uma atitude reativa, mas de assumir uma postura preditiva e ao mesmo tempo conjugada.

Essa interação de planejamento se materializa nas contribuições que este Plano proporciona ao fortalecimento de algumas centralidades, as quais passa-se a descrever:

- Centro do Rio de Janeiro: Consolida-se sua importância, porém o mesmo passa a compartilhar seu protagonismo com outras centralidades, nesta data (2017) emergentes;
- Centro de Niterói: Bastante beneficiado pela implantação do túnel subaquático sob a Baía de Guanabara. Deverá aumentar a influência que já exerce sobre os municípios vizinhos (São Gonçalo, Marica, Itaboraí e Tanguá, especialmente) e poderá absorver parte da atividade econômica ligada a comércio e serviços atualmente concentrada no Centro do Rio;
- Barra da Tijuca: em que pese sua característica de dispersão e de não consolidação de um único ponto irradiador, e sem dúvida uma centralidade metropolitana. A região em torno do terminal Alvorada e da futura Estação Alvorada, que contará com duas linhas de metrô provavelmente exercerá esse papel;
- Del Castilho: Trata-se de uma proposta do PDM, atualmente não cogitada, porém de grande potencial de atração de atividades comerciais e de serviços. As mesmas atualmente se encontram concentradas em um grande shopping center, mas a grande disponibilidade de terrenos e a presença de ocupação subnormal, criam as condições para uma completa reformulação da ocupação e da dinâmica urbana local. O encontro no local de três linhas de metrô, uma das quais já existente em 2017 criará as condições para isso. O desenvolvimento do mercado imobiliário, aliado a uma política municipal de ordenamento do território podem fazer de Del Castilho uma centralidade de importância metropolitana.
- Tijuca, especialmente o trecho entre as estações Saenz Peña (que já é uma centralidade) e Uruguai, que passará a constituir um nó da rede metroviária e não mais uma simples estação –terminal. Espera-se que essa nova condição transforme a ocupação em torno da Estação Uruguai, com incremento da oferta de comércio e serviços, rivalizando ou não com a Praça Saenz Peña, espera-se que complementando-a como centralidade da Cidade.
- Por outro lado outros dois nós da rede, se não estimularem novas centralidade, ao menos deverão provocar um aumento no adensamento acompanhado de uma diversificação nos usos do solo. É o caso da Gávea, local em que uma ação de planejamento urbano por parte do Poder Público se faz necessário, dada a predominância do uso residencial de padrões médio e alto. Outro exemplo é o nó batizado Avenida Brasil, que nada mais é do que a interseção da Avenida Brasil e da rodovia urbana conhecida como Linha Amarela, contemplando ainda parte da Avenida Leopoldo Bulhões. Essa forte concentração de transbordos promoverá uma acessibilidade que ocasionará não somente a implantação de um grande equipamento urbano, a estação em si, mas também a atração de negócios e o desenvolvimento imobiliário.

Procurou-se mencionar acima apenas as centralidades promovidas ou incentivadas pela rede metroviária proposta no PDM, porém não se pode esquecer que ao longo de todos os traçados de linha o metrô promoverá adensamento e desenvolvimento imobiliário, o qual será mais intenso em função de condicionantes variadas, especialmente o status imediatamente anterior à implantação do metrô de cada local.

Sobre o processo de consolidação e execução do Plano

Recomenda-se fortemente que este Plano, como é praxe em instrumentos de planejamento desta natureza, seja periodicamente revisto, *a priori* em prazos de dez anos, salvo melhor juízo. Essa recomendação se alicerça na dinâmica da ocupação urbana, que pode se modificar de maneira diferente à que foi modelada e prevista no PDM. Também podem variar externalidades e a conjuntura econômica.

Uma segunda recomendação é que este Plano seja consulta obrigatória para a formulação de metas orçamentários do Governo do Estado, bem como dos planos plurianuais de investimento.

Adicionalmente, se recomenda que o Plano seja amplamente divulgado e entregue aos municípios da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, de maneira a orientar as políticas de uso e ocupação do solo, as quais são, por força de lei, responsabilidade dos governos municipais.

APÊNDICE A

DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA ADOTADA PARA CÁLCULO
DAS VARIÁVEIS SOCIOECONÔMICAS DO CENÁRIO INDUZIDO



Descrição da Metodologia Adotada para Cálculo das Variáveis Socioeconômicas do Cenário Induzido Otimista

Como descrito no Capítulo 3 deste relatório, a concepção deste cenário incorpora tanto a distribuição de variáveis socioeconômicas obtida na construção do Cenário Induzido Revisado quanto o adicional de estimativa das variáveis socioeconômicas, definindo-se um novo valor total global de população e emprego, considerando a possibilidade da ocorrência de um crescimento mais expressivo ao previsto pela projeção tendencial.

Nesta seção, descreve-se a metodologia e procedimentos utilizados para o cálculo dos novos valores globais de população e emprego.

1. Descrição da metodologia adotada

As projeções tendenciais das variáveis socioeconômicas do estado do Rio de Janeiro, realizadas para elaboração do Cenário Tendencial no âmbito do PDM, foram feitas com base em uma metodologia do tipo *Top-Down*, que consiste em estimar, inicialmente, os valores das variáveis socioeconômicas para as áreas geográficas agregadas e, posteriormente, distribuir e alinhar estes valores entre as áreas geográficas inferiores que compõem a rede que se consolida nesta área.

Adotou-se também uma abordagem teórica que define o desenvolvimento econômico como sendo uma combinação do crescimento sustentado da renda per capita de um processo de reestruturação produtiva com a melhoria dos indicadores sociais da população em geral. Sob este enfoque, assumiu-se que o PIB projetado no cenário tendencial para os anos horizontes do projeto guardaria forte correlação com as variáveis socioeconômicas utilizadas nos processos de modelagens de transporte, sendo, juntamente com a população, determinante na projeção das variáveis condicionantes que determinarão as demandas futuras.

Para o Cenário Induzido, pensando na hipótese de um possível aumento no número de empregos e de população, assumiu-se a premissa de que ocorre um crescimento da massa de riqueza produzida em uma determinada região em decorrência da implantação de novos investimentos em infraestrutura de transportes. Desta forma, o PIB projetado para a área de estudos foi acrescido de um valor decorrente da implementação dos investimentos metroviários preconizados pelo PDM para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

Com a mesma abordagem estruturante adotada na construção do Cenário Tendencial, que subsidia uma visão de futuro no contexto da evolução da sociedade e da economia analisada como um todo, o possível aumento no PIB da região de estudo, advindo do aumento dos investimentos metroviários,

implicará em aumento da população (a partir da premissa de que mais riqueza, além de atrair mais imigrantes, implica também em mais saúde que, por sua vez, induz a menos mortes prematuras e mais nascimentos) e no aumento de empregos (a partir da premissa de que o crescimento da riqueza deve gerar também o crescimento da oferta de novos postos de trabalho),

Toda a fundamentação teórica e os parâmetros utilizados para quantificar o efeito da implantação dos empreendimentos metroviários, objeto do presente estudo, sobre a riqueza produzida em sua área de influência, mensurada por intermédio do PIB, baseia-se em estudos realizados e apresentados no âmbito do “Estudo dos Eixos de Integração e Desenvolvimento” do Avança-Brasil, concluídos em 1998 e publicados em 2000, descrito a seguir.

2. Estudo dos Eixos de Integração e Desenvolvimento

O Programa “Avança Brasil” foi o destaque principal da elaboração do PPA do Governo Federal para 2000-2003, com o propósito de dar continuidade aos investimentos econômicos de infraestrutura para o escoamento da produção de regiões privilegiadas com o “foco do dinamismo”. Dessa forma, as regiões foram classificadas por Eixos de Desenvolvimento, com o objetivo de integrar as diversas economias regionais e melhor articulá-las aos mercados internacionais.

Nesse contexto, o Governo Federal estabeleceu um contrato com consultorias internacionais sob a supervisão do BNDES (Banco de Desenvolvimento Econômico e Social) e Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, com o objetivo de realizar um estudo para a divisão espacial do território brasileiro a fim de identificar os “focos dinâmicos” para integração através dos Eixos Nacionais de Desenvolvimento. As principais diretrizes do Estudo, segundo o relatório síntese (Consórcio Brasileira, 2000b, p. 7-8) foram:

- Assegurar a integração dos Eixos, nos níveis nacional e internacional, com vistas à competitividade internacional do país, à redução das disparidades regionais e ao desenvolvimento sustentável, considerando a integração das regiões como fator de competição internacional;
- Orientar os investimentos básicos para a geração de novos negócios e novos espaços, com o objetivo de geração de maior número de empregos;
- Orientar os investimentos básicos para o aumento do valor agregado;
- Destacar a dimensão de informação e conhecimento (educação, capacitação científica, empreendimentos e tecnologias de acesso à informação);
- Introduzir inovação tecnológica e gerencial em empreendimentos de desenvolvimento social;
- Considerar o meio ambiente como área de oportunidades de implementação de investimentos;
- Considerar a importância crescente do setor de serviços na economia;

- Adotar o conceito de rede intermodal de infraestrutura econômica;
- Identificar e ressaltar oportunidades de inserção internacional em cada espaço; e
- Destacar a integração do país com a América Latina e o caráter multilateral das relações internacionais do país.

Ainda segundo o relatório síntese [Consórcio Brasileira (2000b, p. 12)], o ponto de partida foi a definição e delimitação geográfica de um conjunto de regiões de planejamento, fragmentando um todo heterogêneo – o território nacional – com a finalidade de compreendê-lo melhor a partir da análise de suas partes. O apêndice metodológico [Consórcio Brasileira (2000c, p. 1)] define o conceito de Eixo utilizado da seguinte maneira:

“Eixo é um corte espacial composto por unidades territoriais contíguas, efetuado com objetivos de planejamento, cuja lógica está relacionada às perspectivas de integração e desenvolvimento consideradas em termos espaciais. Nesse sentido, dois critérios devem ser levados em conta na sua definição e delimitação: a existência de uma rede multimodal de transporte de carga, efetiva ou potencial, permitindo a acessibilidade aos diversos pontos situados na área de influência do eixo; e a presença de possibilidades de estruturação produtiva interna, em termos de um conjunto de atividades econômicas que definem a inserção do eixo em um espaço mais amplo (nacional ou internacional) e a maximização dos efeitos multiplicadores dentro da sua área de influência.”

Dada a definição utilizada e os principais objetivos, a delimitação inicial dos Eixos foi feita, então, orientando-se por métodos de superposição de critérios, tradicionalmente empregados em análises de planejamento regional:

- As vias de transporte existentes: orientado pela lógica da produção, indicada pelos fluxos de transporte entre pontos de origem e destino das cargas que se utilizavam do sistema de transporte estruturador das diversas regiões do Brasil;
- Os focos dinâmicos identificados no país: seguindo a lógica do consumo, foi representada pelo mapeamento da rede hierarquizada de cidades (hierarquia funcional de cidades); e
- A diferença dos ecossistemas das diversas regiões brasileiras: preocupações de ordem ambiental, cuidando da preservação e integridade dos espaços.

A delimitação geográfica assim obtida admitia inicialmente limites provisórios, principalmente no caso de algumas situações nas quais permaneceram dúvidas quanto a real abrangência geográfica dos Eixos. Em grande medida essas situações foram solucionadas ao longo da tarefa de caracterização dos Eixos e da análise de sua integração.

Contudo a delimitação geográfica definitiva somente foi obtida após processo de validação, quando os resultados do Estudo foram debatidos em todas as capitais do país. Dessa forma, o território nacional foi dividido em nove eixos de integração e desenvolvimento, são eles:

- Sul;
- Rede Sudeste;

- Sudoeste;
- Oeste;
- Araguaia-Tocantins;
- São Francisco;
- Transnordestino;
- Madeira-Amazonas; e
- Arco-Norte

A Figura 1, que segue, ilustra o mapa final da delimitação dos eixos nacionais de integração e desenvolvimento.

Figura 1: Eixos Nacionais de Integração e Desenvolvimento



Fonte: Estudo dos Eixos de Integração e Desenvolvimento - 2000

O principal produto do Estudo dos Eixos foi um portfólio de investimento nos setores considerados essenciais ao desenvolvimento social e econômico: infraestrutura econômica (transporte, energia, telecomunicações e infraestrutura hídrica), desenvolvimento social (educação, habitação, saúde e saneamento), informação e conhecimento (associados a atividades econômicas e a projetos de infraestrutura) e meio ambiente (gestão de recursos hídricos, florestas e outros).

Os empreendimentos integrantes deste portfólio foram selecionados por um estudo de demandas e necessidades, determinadas em função da evolução provável das atividades econômicas dominantes,

atuais e potenciais em cada região. Identificaram-se dessa forma os obstáculos ao desenvolvimento e à integração dos Eixos, representados por gargalos e “missing links”.

Estes empreendimentos foram separados em agrupamentos de acordo com suas características e sinergias e avaliados obedecendo a diversos critérios que variavam desde a capacidade de geração de empregos do projeto até o seu impacto ambiental, que podem ser resumidos nos principais grupos de critérios: maximização da participação privada, aumento da competitividade brasileira e promoção do desenvolvimento sustentável.

O estudo, durante o seu período de divulgação, foi apresentado em todas as capitais nacionais, sendo amplamente discutido e analisado. Como resultado deste processo, as principais reivindicações e recomendações da sociedade e das lideranças locais foram agregadas a versão final do estudo, sendo que, a maioria dos agrupamentos de investimentos entraram como programas no PPA 2000/03, que buscou a implementação de seus projetos.

Conforme assinalado na Tabela 1, o valor total dos investimentos para atender às demandas e necessidades identificadas foi orçado em aproximadamente US\$ 229 bilhões, com o objetivo de ser implementado no período de 2000 a 2007. As previsões de crescimento do PIB, apresentados no estudo, para cada um dos eixos de integração e desenvolvimento, estavam condicionadas à efetiva conclusão e operação dos empreendimentos integrantes deste portfólio.

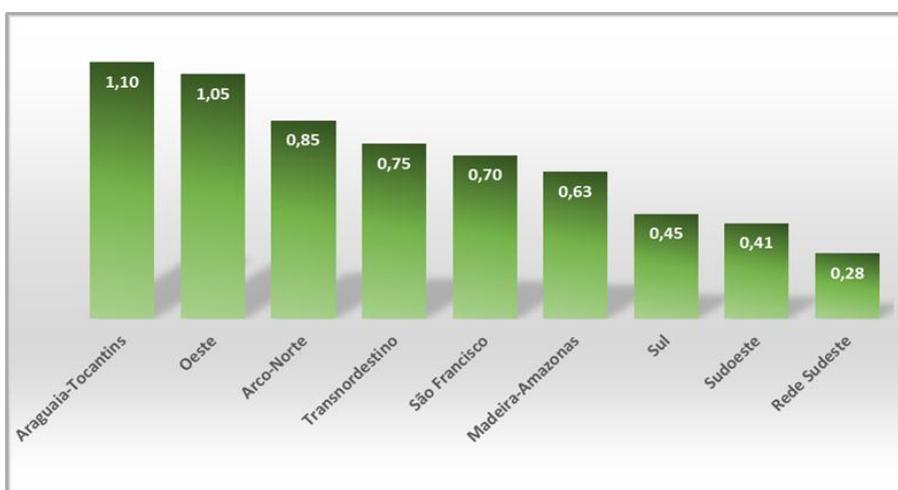
Tabela 1: Portfólio de Investimentos por Eixo de Desenvolvimento

Eixo	Valor dos Investimentos (US\$)	%	% do Eixo no PIB (1996)
Araguaia-Tocantins	24.818,5	10,90	6,60
Arco-Norte	1.501,2	0,70	0,30
Madeira-Amazonas	22.020,4	9,60	3,80
Oeste	8.599,1	3,80	2,20
Rede Sudeste	68.063,4	29,80	52,30
São Francisco	22.504,4	9,80	6,10
Sudoeste	12.293,4	5,40	8,40
Sul	30.337,5	13,30	13,30
Transnordestino	33.024,3	14,50	7,00
Nacional	5.370,2	2,30	–
Total do Portfólio	228.532,4	100,00	100,00

Fonte: Estudo dos Eixos de Integração e Desenvolvimento – 2000

O gráfico da Figura 2, que segue, mostra a previsão do impacto que seria gerado pelos investimentos sugeridos no portfólio sobre o acréscimo da taxa anual de crescimento do PIB de cada um dos Eixos de Integração e Desenvolvimento no período compreendido entre 1997 e 2007. A Rede Sudeste, o Eixo onde se insere a Região Metropolitana do Rio de Janeiro, devido à saturação das relações do tecido socioeconômico, característico de regiões mais desenvolvidas, obteve a menor previsão de crescimento: 0,28% ao ano.

Figura 2: Acréscimo na Taxa Anual de Crescimento do PIB dos Eixos – 1997/2007



Fonte: Estudo dos Eixos de Integração e Desenvolvimento – 2000

De fato, a partir da análise deste gráfico, pode-se constatar que, segundo os estudos então realizados, os Eixos que possuíam as menores participações sobre o PIB nacional em 1996 (ver Tabela 1) são os que deveriam ter maiores impactos na taxa de crescimento do PIB no horizonte de tempo estabelecido pelo Estudo.

3. PIB, População e Empregos no Cenário Induzido

O parâmetro para a constituição de um cenário considerando o portfólio de investimentos eleito pelo PDM foi fundamentado no fato de que ocorre um crescimento da massa de riqueza produzida em uma determinada região em decorrência da implementação de novos investimentos em obras de infraestrutura. Desta forma, o PIB projetado para a área de estudos no Cenário Induzido foi acrescido de

um valor decorrente destes investimentos metroviários. Este aumento no PIB implicará em aumentos nos totais de população e de empregos.

Neste capítulo, inicialmente, serão analisados e descritos os passos para o cálculo do impacto dos investimentos previstos para o Metrô sobre o PIB na Área de Estudos do PDM, com base em informações oriundas do Estudo dos Eixos. Posteriormente, serão apresentados os procedimentos para o cálculo, bem como os resultados das novas projeções do PIB, da população e dos empregos para os municípios da Área de Estudos do PDM.

3.1. Avaliação do impacto dos investimentos previstos para o Metrô na Área de Estudos do PDM

A composição geográfica do Eixo Rede Sudeste incluiu a totalidade dos Estados do Rio de Janeiro e do Espírito Santo e grande parte dos Estados de São Paulo e de Minas Gerais (com a inclusão das regiões metropolitanas de São Paulo e Belo Horizonte). Desta forma, com base nos estudos e nos investimentos sugeridos no portfólio do Estudo dos Eixos para a Rede Sudeste, a primeira etapa para atingir o objetivo do presente estudo consiste em avaliar o possível impacto gerado no PIB da Área de Estudos do PDM (quase que 100% da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, em todos os aspectos físicos e socioeconômicos) entre 1997 e 2007.

É fato que a Região Metropolitana do Rio de Janeiro possui um estágio de desenvolvimento econômico e social superior à média da Rede Sudeste (comparável somente às áreas metropolitanas de São Paulo e Belo Horizonte) e, portanto, passível de que o impacto sobre o acréscimo da taxa anual de crescimento do PIB seja, para ela, inferior comparando-se com a totalidade do referido Eixo. No entanto, também é fato que a evolução da dimensão populacional e da relação superfície-PIB da Área de Estudos do PDM é bem maior que no restante da Rede Sudeste (comparável somente às áreas metropolitanas de São Paulo e Belo Horizonte).

Desta forma, para se estimar o ganho atribuído a Área de Estudos do PDM no período entre 1997 e 2007 com base nos resultados do Estudo dos Eixos para a Rede Sudeste, considerou-se três dimensões básicas:

- Dimensão do volume de Investimentos: total dos investimentos propostos no portfólio do Estudo dos Eixos para a Rede Sudeste vis a vis com o total dos investimentos propostos para o Metrô no PDM;
- Dimensão populacional: relações de população total (em 1997 e 2007) e crescimento populacional (absoluto entre 1997 e 2007) entre a Rede Sudeste e a Área de Estudos – PDM; e

- Dimensão da densidade de PIB (PIB por Km²): relações de densidade de PIB (em 1997 e 2007) e crescimento da densidade de PIB (absoluto entre 1997 e 2007) entre a Rede Sudeste e a Área de Estudos – PDM.

3.2. Estimativa de Cálculo para o ganho do PIB na Área de Estudos do PDM entre 1997 e 2007

Os passos para estimativa de ganho de PIB atribuído a Área de Estudos do PDM no período entre 1997 e 2007, com base em projeções do Estudo dos Eixos para a Rede Sudeste, e do consequente impacto sobre o acréscimo da taxa anual de crescimento do PIB são descritos a seguir e consolidados na Tabela 2:

Passo 1: Inicialmente, para a avaliação da dimensão do volume de investimentos, o valor contemplado pela Rede Sudeste no portfólio sugerido no Estudo dos Eixos (US\$ 68 bilhões – vide Tabela 1) foi transformado em reais de 2015: aproximadamente R\$ 227 bilhões (média do câmbio do ano: R\$ 3,34 – Fonte: Sisbacen PTAX800) - *identificado pela letra “A” na Tabela 2;*

Passo 2: Posteriormente, o volume de investimentos estimados para implantação da rede metroviária proposta no PDM no presente trabalho, cerca de R\$ 85 bilhões - *identificado na Tabela 2 pela letra “B”* – foi dividido pelo valor do portfólio sugerido pelo Estudo dos Eixos para a Rede Sudeste (A). A relação resultante, que quantificará a dimensão do volume de investimentos, foi de 37,39% - *identificado pela letra “C” na Tabela 2;*

[CVP1] Comentário: validar

Passo 3: Os valores projetados para o PIB da Rede Sudeste nos anos de 1997 e 2007 com base no Estudo dos Eixos, tanto para o cenário “sem” investimentos quanto para o cenário “com” investimentos, são apresentados em sequência na Tabela 2, *identificados, respectivamente, pelas letras “D”, “E” e “H”*. A partir destes valores, calculou-se as taxas anuais de crescimento do PIB para o referido período: 4,00 % ao ano para o cenário “sem” investimentos - *identificado pela letra “J” na Tabela 2* – e, 4,28 % ao ano para o cenário “com” investimentos - *identificado pela letra “G” na Tabela 2;*

Passo 4: Subtraindo-se a taxa do cenário “sem” investimentos da taxa do cenário “com” investimentos, obtêm-se o valor do acréscimo na taxa anual de crescimento do PIB de 0,28% (*identificada pela letra “L” na Tabela 2*), conforme atribuído à Rede Sudeste no Estudo dos Eixos e ilustrada no gráfico da Figura 2.

Passo 5: Destes valores originais do Estudo dos Eixos, também se deduz que o acréscimo ao crescimento do PIB da Rede Sudeste, em valores absolutos, entre 1997 e 2007, foi estimado em aproximadamente R\$ 64 milhões - *identificado pela letra “K” na Tabela 2;*

Passo 6: Apresenta-se neste passo as informações secundárias, oriundas do IBGE e do IPEA, para a apuração das relações entre a Rede Sudeste e a Área de Estudos do PDM,

visando à avaliação das dimensões de população e PIB para estas duas variáveis socioeconômicas nas referidas regiões em 1997 e 2007 - *identificada pela letra "M" a "AG" na Tabela 2;*

Passo 7: Com o intuito de mensurar a "amplitude" e a "amplitude de evolução" populacional a partir de comparações entre a população das duas regiões abordadas (Área de Estudo do PDM e Rede Sudeste) que comporá a fórmula para apuração da equivalência entre a Área de Estudos do PDM e a Rede Sudeste - *identificada pela letra "AH" na Tabela 2*, buscou-se correlacionar as informações de total de população em 1997 e 2007 e decréscimo absoluto no período compreendido entre esses anos observadas para as duas regiões – *identificadas respectivamente na Tabela 2 pelas letras "W", "X" e "Y" para a Área de Estudos do PDM e pelas letras "M", "N" e "O" para a Rede Sudeste.*

A relação final resultante para estimativa da população equivalente à Área de Estudo com base na equivalência entre a Área de Estudos do PDM e a Rede Sudeste foi de 14,28 - *identificada pela letra "AH" na Tabela 2;*

Passo 8: De forma similar, com o intuito de mensurar a "amplitude" e a "amplitude de evolução" da densidade de PIB (Reais por Km²) a partir de comparações entre informações das duas regiões abordadas (Área de Estudo do PDM e Rede Sudeste) que comporá a fórmula para a apuração da equivalência entre a Área de Estudos do PDM e a Rede Sudeste - *identificada pela letra "AH" na Tabela 2*, buscou-se correlacionar as informações de densidade total em 1997 e 2007 e de crescimento absoluto no período compreendido entre esses anos – *identificados respectivamente na Tabela 2 pelas letras "AB", "AD" e "AG" para a Área de Estudos do PDM e pelas letras "R", "T" e "V" para a Rede Sudeste;*

Passo 9: Utilizando o mesmo peso para todos os indicadores de comparação referidos, nos Passos 7 e 8, o valor da equivalência entre a Área de Estudos do PDM e a Rede Sudeste, avaliado para mensurar as dimensões de população e PIB, apurado para o período de 1997 a 2007 foi de 14,28%- *identificado pela letra "AH" na Tabela 2;*

Passo 10: O hipotético ganho final no valor de PIB, em termos absolutos, de um cenário "com" investimentos em relação a um cenário "sem" investimentos, atribuído à Área de Estudos do PDM entre 1997 a 2007, foi de aproximadamente R\$ 3,4 milhões - *identificado pela letra "AI" na Tabela 2.* Este valor foi apurado com base em:

- a. Acréscimo ao crescimento do PIB da Rede Sudeste, em valores absolutos, entre 1997 e 2007, apurado com base em informações oriundas do Estudo dos Eixos (base de referência para avaliação do acréscimo ao crescimento do PIB da Área de Estudos do PDM) - *identificado pela letra "K" na Tabela 2;*
- b. Relação percentual entre o valor dos investimentos estimados para implantação da rede proposta no PDM, presente trabalho, e o valor convertido para reais de 2015 do portfólio sugerido pelo Estudo dos Eixos para a Rede Sudeste (avaliação da dimensão do volume de investimentos) - *identificado pela letra "C" na Tabela 2;* e

- c. Valor do percentual da equivalência entre a Área de Estudos do PDM e a Rede Sudeste, apurado com base em informações secundárias do IBGE e do IPEA, (avaliação das dimensões de população e PIB) - identificado pela letra "AH" na Tabela 2.

Passo 11: Para estimativa da taxa de acréscimo a ser aplicada no crescimento do PIB da Área de Estudos entre 1997 e 2007, considerou-se inicialmente que o valor real do PIB total em 2007 seria equivalente ao valor em um cenário "com" investimentos (identificado pela inscrição "AC" na Tabela 2). Posteriormente, para estimativa do valor do cenário "sem" investimentos, subtraiu-se deste valor o ganho final no valor de PIB atribuído à Área de Estudo entre 1997 e 2007 (identificado pela inscrição "AI" na Tabela 2). Como resultado, obteve-se o valor identificado pela letra "AJ" na Tabela 2;

Passo 12: A avaliação final para o valor da taxa de acréscimo ao crescimento anual do PIB na Área de Estudos entre 1997 e 2007, apurada a partir da relação percentual anualizada entre os dois hipotéticos valores de PIB e atribuídos para os dois cenários citados, foi de 0,0934% ao ano - identificado pela inscrição "AM" na Tabela 2.

Tabela 2: Taxa de acréscimo ao crescimento % do PIB na Área de Estudos do PDM

Fontes / Variáveis	Tipos de Informações / Relações (Investimentos e PIB)		Valores	Unidade / Referência
Investimentos - Estudo dos Eixos / PDM	Valor do Portfólio no Eixo Rede Sudeste (A)		227.200,2	R\$ Milhões
	Valor total estimado dos Investimentos para Implantação da Rede Proposta no PDM (B)		84.945,6	R\$ Milhões
	Relação entre os Investimentos => C = B / A		37,39	% s/ R Sud
Valores Projetados no Estudo dos Eixos para o Eixo Rede Sudeste	PIB em 1997 (D)		1.590.848,1	R\$ Milhões
	Cenário COM Investimento	PIB em 2007 (E)	2.420.154,5	R\$ Milhões
		Crescimento Absoluto - entre 1997 e 2007 => F = (E-D)	829.306,4	R\$ Milhões
		Crescimento % anual - entre 1997 e 2007 => G = $\{[(E/D)^{(1/10)}]-1\} \times 100$	4,28	% ao ano
	Cenário SEM Investimento	PIB em 2007 (H)	2.355.954,0	R\$ Milhões
		Crescimento Absoluto - entre 1997 e 2007 => I = (H-D)	765.105,9	R\$ Milhões
		Crescimento % anual - entre 1997 e 2007 => J = $\{[(H/D)^{(1/10)}]-1\} \times 100$	4,00	% ao ano
	Acréscimo ao crescimento absoluto do PIB - 1997 a 2007 => K = (F-I)		64.200,48	R\$ Milhões
	Acréscimo ao crescimento % do PIB - 1997 a 2007 => L = (G-J)		0,28	% ao ano
	Relações entre a Área de Estudos e	Rede Sudeste	Superfície (Área Rede Sudeste)	553.504
		População em 1997 (M)	59.883.912	Habitantes

Fontes / Variáveis	Tipos de Informações / Relações (Investimentos e PIB)		Valores	Unidade / Referência
o Eixo Rede Sudeste - IBGE / IPEA	Real	em 2007 (N)	68.856.625	Habitantes
		Crescimento Absoluto - 1997 a 2007 => O = (N - M)	8.972.713	Habitantes
		Crescimento % - 1997 a 2007 => P = $\{[(N/M)^{(1/10)}]-1\} \times 100$	1,41	% ao ano
	PIB Real	em 1997 (Q)	1.913.458,9	R\$ Milhões
		Densidade em 1997 => R = (Q x 1000) / (Área Rede Sudeste)	3.456,99	R\$ mil / Km2
		em 2007 (S)	2.445.466,2	R\$ Milhões
		Densidade em 2007 => T = (S x 1000) / (Área Rede Sudeste)	4.418,16	R\$ mil / Km2
		Crescimento Absoluto - 1997 a 2007 => U = (S-Q)	532.007,26	R\$ Milhões
		Cresc. Absoluto da Densidade - 1997 a 2007 => V = (T-R)	961,16	R\$ mil / Km2
		Crescimento % - entre 1997 e 2007 => $\{[(S/Q)^{(1/10)}]-1\} \times 100$	2,48	% ao ano
		Superfície (Área AE)	6.137	Km2
	População Real	em 1997 (W)	10.333.906	Habitantes
		em 2007 (X)	11.623.559	Habitantes
		Crescimento Absoluto - 1997 a 2007 => Y = (X - W)	1.289.653	Habitantes
		Crescimento % - 1997 a 2007 => Z = $\{[(X/W)^{(1/10)}]-1\} \times 100$	1,18	% ao ano
	PIB Real	em 1997 (AA)	329.758,3	R\$ Milhões
		Densidade em 1997 => AB = AA / (Área AE)	53.736,32	R\$ mil / Km2
		em 2007 (AC)	369.102,1	R\$ Milhões
		Densidade em 2007 => AD = AC / (Área AE)	60.147,66	R\$ mil / Km2
		Crescimento Absoluto - 1997 a 2007 => AF = (AC-AA)	39.343,82	R\$ Milhões
Cresc. Absoluto da Densidade - 1997 a 2007 => AG = (AD-AB)		6.411,34	R\$ mil / Km2	
Crescimento % - entre 1997 e 2007 => $\{[(AC/AA)^{(1/10)}]-1\} \times 100$		1,13	% ao ano	
Equivalência da AE => AH = $\{[(W/M)+(X/N)+(Y/O)]/3\} \times \{[(AB/R)+(AD/T)+(AG/V)]/3\} \times (AF/U)$		14,28	% s/ R Sud	
Valores Estimados para a Área	Ganho atribuído à Área de Estudos entre 1997 a 2007 => AI = K x $[(C/100) \times (AH/100)]$	3.428,1	R\$ Milhões	
Cenário c/	PIB em 2007 (AC)	369.102,1	R\$ Milhões	

Fontes / Variáveis	Tipos de Informações / Relações (Investimentos e PIB)		Valores	Unidade / Referência
de Estudos c/base no Estudo dos Eixos x IBGE x PDM	Investimento (PIB Real - IBGE)	Crescimento Absoluto - entre 1997 e 2007 (AF)	39.343,8	R\$ Milhões
		Crescimento % - entre 1997 e 2007 => $\{[(AC/AA)^{(1/10)}]-1\} \times 100$	1,1335	% ao ano
	Cenários / Investimento (Estimado)	PIB estimado em 2007 => $AJ = (AC-AI)$	365.674,1	R\$ Milhões
		Crescimento Absoluto - entre 1997 e 2007 => $AK = (AJ-AA)$	35.915,8	R\$ Milhões
		Crescimento % - entre 1997 e 2007 => $\{[(AJ/AA)^{(1/10)}]-1\} \times 100$	1,0392	% ao ano
	Acréscimo ao crescimento do PIB - 1997 a 2007	Crescimento Absoluto => AL ou (AF-AK)	3.428,1	R\$ Milhões
		Cresc. % Taxa Linear => $\{[(AC/AA)^{(1/10)}]-1\} \times 100 - \{[(AJ/AA)^{(1/10)}]-1\} \times 100$	0,0943	% ao ano
		Crescimento % Taxa Exponencial => $AM = \{[(AC/AJ)^{(1/10)}]-1\} \times 100$	0,0934	% ao ano

Fonte: Estudo dos Eixos de Integração e Desenvolvimento – 2000 / PDM / IPEA / IBGE / Processamento Logit

3.3. Nova projeção do PIB na Área de Estudos do PDM em 2045

Para a projeção do PIB em 2045 no Cenário Induzido, considerou-se que a taxa de acréscimo ao crescimento do PIB na Área de Estudos do PDM em virtude de novos investimentos em projetos de infraestrutura, estimada com base em informações do Estudo dos Eixos e informações comparativas oriundas de fontes secundárias (IBGE e IPEA) conforme descrito no item anterior deste documento, deverá se manter constante desde a data base da avaliação do PDM (2015) até o horizonte final (2045). São apresentados na Tabela 3 os passos para os cálculos da projeção do novo PIB para a Área de Estudos do PDM em 2045

Tabela 3: Estimativa do PIB no Cenário Induzido - Área de Estudos do PDM em 2045

Informações pertinentes à projeção do PIB	Valores	Unidade / Referência
PIB Tendencial estimado para 2015 (A)	432.061	R\$ Milhões
PIB Tendencial projetado para 2045 (B)	831.959	R\$ Milhões
Crescimento Absoluto - entre 2015 e 2045 => $C = (B-A)$	399.897	R\$ Milhões
Crescimento % - entre 2015 e 2045 => $D = \{[(B/A)^{(1/30)}]-1\} \times 100$	2,21	% ao ano
Taxa exponencial de acréscimo ao crescimento % do PIB (E) – (“AM” – Tabela 2)	0,0934	% ao ano

PIB c/ Investimentos projetado para 2045 => $F = B \times \{(E/100)+1\}^{30}$	855.577	R\$ Milhões
Crescimento Absoluto - entre 2015 e 2045 => $G = (E-A)$	423.515	R\$ Milhões
Crescimento % - entre 2015 e 2045 => $H = \{[(F/A)^{(1/30)}]-1\} \times 100$	2,30	% ao ano
Acréscimo ao crescimento absoluto do PIB - 2015 a 2045 => $I = (G-C)$	23.618	R\$ Milhões
Acréscimo ao crescimento % do PIB - 2015 a 2045 => $J = (H-D)$	0,0954	% ao ano

Fonte: Estudo dos Eixos de Integração e Desenvolvimento – 2000 / PDM / IPEA / IBGE / Processamento Logit

3.4. Projeção do cálculo do PIB no Cenário Induzido para os municípios da Área de Estudos nos anos horizonte do PDM

O acréscimo ao crescimento do PIB em termos absolutos, estimado segundo premissas do Cenário Induzido, para a Área de Estudos do PDM, no período compreendido entre 2015 e 2045 (vide letra “I” da Tabela 3), expressa o volume do efeito acumulado dos investimentos metroviários sobre o PIB da área de referência em 2045.

Este efeito acumulativo foi distribuído paulatinamente entre os anos do horizonte do projeto segundo o cronograma de implantação dos investimentos metroviários preconizados no PDM para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro. No item 3.4.1 que segue será apresentada uma breve explanação das premissas, parâmetros e procedimentos de cálculo para realização desta distribuição temporal deste efeito acumulativo sobre o PIB da Área de Estudos do PDM.

Seguindo os passos da metodologia “Top-Down”, o PIB estimado para o Cenário Induzido, projetado inicialmente para a Área de Estudos do PDM, foi posteriormente distribuído por entre seus municípios segundo as proporções apontadas pelas projeções do Cenário Tendencial.

3.4.1. Cálculo da evolução do PIB da Área de Estudos do PDM em função do cronograma de investimentos para o Metrô

A apuração do efeito acumulado dos investimentos metroviários dos anos horizontes de projeto sobre o PIB no Cenário Induzido foi realizada com base em proporções mensuradas pelo “peso” do valor dos investimentos de cada um dos grupos de intervenções metroviárias constituídas no PDM.

Na construção da *proxy* de distribuição temporal nos horizontes do PDM, para cada grupo de intervenção, foram considerados os seguintes parâmetros:

- O “peso base” para a avaliação do efeito do grupo de intervenção foi o valor do investimento total;
- Dado que a influência dos empreendimentos de cada grupo sobre a economia começa a partir do início da obra, este “peso base” foi considerado a partir do ano do início do investimento, perdurando por mais 25 anos (vida útil média de material rodante metroviário, referência para este tipo de análise e, aqui, utilizado para obras de infraestrutura) a contar a partir da data de início das operações das linhas pertinentes a cada grupo de intervenções;
- Durante o período compreendido entre o início da obra e o início das operações das linhas, o efeito de cada grupo de intervenção sobre a economia será parcial e, desta forma, o “peso base” foi ponderado por um redutor (30%);
- No primeiro ano de operação das linhas pertinentes a cada grupo de intervenção, o efeito foi considerado de forma parcial. Porém, neste caso, o “peso base” foi ponderado por um redutor menor (50%). O efeito só foi considerado total a partir do terceiro ano de operação, sendo reduzido exponencialmente até atingir 20% no último ano de avaliação pertinente a cada grupo de intervenções.

[CVP2] Comentário: Acho que esses investimentos se referem à infraestrutura, que possui o dobro dessa vida útil... então seria válido associar esta vida útil com a de material rodante, que é utilizado como referência para avaliações e períodos de concessão... Caso não faça sentido esse meu comentário, desconsiderar as alterações propostas...

Assim, os valores dos investimentos (“peso base”) foram ponderados por fatores de redução que variam em função do horizonte temporal abrangido, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4: Tabela de Redutores para avaliação do efeito da Vida Útil das Obras

Referência Temporal	Redutor
Período da Obra	30,00%
1 ^o . ano da vida útil	50,00%
2 ^o . ano da vida útil	75,00%
3 ^o . ano da vida útil	100,00%
4 ^o . ano da vida útil	92,95%
5 ^o . ano da vida útil	86,39%
6 ^o . ano da vida útil	80,29%
7 ^o . ano da vida útil	74,63%
8 ^o . ano da vida útil	69,37%
9 ^o . ano da vida útil	64,47%
10 ^o . ano da vida útil	59,92%
11 ^o . ano da vida útil	55,70%
12 ^o . ano da vida útil	51,77%
13 ^o . ano da vida útil	48,12%
14 ^o . ano da vida útil	44,72%
15 ^o . ano da vida útil	41,57%
16 ^o . ano da vida útil	38,63%
17 ^o . ano da vida útil	35,91%
18 ^o . ano da vida útil	33,38%
19 ^o . ano da vida útil	31,02%
20 ^o . ano da vida útil	28,83%
21 ^o . ano da vida útil	26,80%
22 ^o . ano da vida útil	24,91%
23 ^o . ano da vida útil	23,15%
24 ^o . ano da vida útil	21,52%
25 ^o . ano da vida útil	20,00%

Fonte: Processamento Logit

Os valores ponderados ano a ano foram acumulados de 2015 até 2045 para cada grupo de intervenção em cada ano de referência. A resultante destas operações sobre o somatório auferido por

todos os grupos em todos os anos abrangidos dentro do horizonte do PDM foi a proporção atribuída a cada grupo de intervenção para cada ano de referência.

A aplicação destas proporções sobre o ganho total estimado no Cenário Induzido para o acréscimo ao crescimento do PIB na Área de Estudos do PDM entre 2015 e 2045 (vide letra “f” da Tabela 3) resultaram nos valores apurados para a contribuição ao acréscimo ao crescimento do PIB de cada grupo de intervenção em cada ano de referência.

3.4.2. Distribuição do PIB projetado entre os municípios da Área de Estudos nos anos horizonte do PDM

Consoante aos procedimentos da metodologia “Top-Down”, os valores de PIB projetados no Cenário Induzido até 2045 para o total da Área de Estudos do PDM foram distribuídos, ano a ano, por entre seus municípios, baseando-se nas proporções existentes entre estes dois recortes geográficos (Município / Área de Estudos do PDM), apuradas com base em valores projetados no Cenário Tendencial.

Na Tabela 5 são apresentados os valores de PIB estimados para cada município da Área de Estudos do PDM no âmbito do Cenário Induzido Otimista, conforme a sequência de todos os procedimentos explanados neste item.

Tabela 5: Projeção do PIB para os Municípios da Área de Estudos nos Horizontes do Cenário Induzido

Município	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045
Belford Roxo	7.335	8.048	8.809	9.508	10.354	11.104	11.780
Duque de Caxias	40.909	48.254	56.667	63.807	70.644	77.044	83.063
Guapimirim	782	840	897	942	996	1.033	1.057
Itaboraí	3.548	3.999	4.500	4.998	5.490	5.959	6.404
Itaguaí	6.457	7.429	8.559	9.683	10.814	11.921	12.994
Japeri	1.583	1.700	1.820	1.910	2.023	2.090	2.139
Magé	3.400	3.652	3.900	4.090	4.330	4.484	4.580
Mangaratiba	1.789	1.961	2.124	2.330	2.543	2.735	2.917
Maricá	2.654	2.988	3.358	3.702	3.973	4.172	4.304
Mesquita	2.501	2.708	2.918	3.090	3.301	3.458	3.576
Nilópolis	2.600	2.787	2.988	3.166	3.391	3.588	3.760
Niterói	16.610	18.444	20.669	23.182	26.294	29.927	33.916
Nova Iguaçu	15.606	17.302	19.085	20.709	22.645	24.331	25.827
Paracambi	769	818	880	939	989	1.030	1.063
Queimados	2.475	2.708	2.962	3.199	3.395	3.554	3.681
Rio Bonito	1.427	1.510	1.609	1.698	1.799	1.880	1.948
Rio de Janeiro	295.696	332.862	376.089	421.002	483.273	546.081	611.222

Município	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045
São Gonçalo	16.230	17.814	19.552	21.220	23.263	25.207	27.067
São João de Meriti	7.811	8.415	9.037	9.555	10.199	10.697	11.084
Seropédica	1.422	1.594	1.792	1.978	2.182	2.373	2.551
Tanguá	459	494	530	559	596	624	645
Totais da Área de Estudos do PDM	432.061	486.327	548.746	611.268	692.497	773.293	855.577

Fonte: Processamento Logit

3.5. Projeção do cálculo da População no Cenário Orientado para os Municípios da Área de Estudos nos anos horizonte do PDM

A abordagem teórica adotada para o presente trabalho, que defende um desenvolvimento econômico estruturante que busca a combinação do crescimento sustentado da renda per capita advinda de um processo de reestruturação produtiva com a melhoria dos indicadores sociais para a população em geral, norteou o parâmetro para a projeção da população no Cenário Induzido para todos os municípios da Área de Estudos do PDM.

A projeção foi realizada assumindo a premissa de que, no Cenário Induzido, o aumento da riqueza, advindo dos investimentos metroviários, mensuradas a partir do PIB já projetado, também foi repassada para a população. Assim considerou-se que o PIB per capita projetado para os municípios no cenário tendencial deveria ser aumentado paulatinamente no decorrer dos anos de horizontes do Cenário Induzido constituído para o PDM. Adotou-se como parâmetro o crescimento de 0,5% distribuído exponencialmente até 2045.

Desta forma, a população para todos os municípios da Área de Estudos do PDM para o Cenário Induzido foi estimada em função do valor do PIB majorado a partir da aplicação da seguinte fórmula:

$$POP_{[CenInd]} = \{ PIB_{[CenInd]} / [(PIB_{[CenTen]} / POP_{[CenTen]}) \times Fat.Cresc_{[PIBPC]}] \}$$

Onde:

- $POP_{[CenInd]}$: População no Cenário Induzido no ano horizonte "n";
- $PIB_{[CenInd]}$: PIB no Cenário Induzido no ano horizonte "n";
- $POP_{[CenTen]}$: População no Cenário Tendencial no ano horizonte "n";
- $PIB_{[CenTen]}$: PIB no Cenário Tendencial no ano horizonte "n"; e
- $Fat.Cresc_{[PIBPC]}$: Fator de crescimento do PIB per capita acumulado até o ano horizonte "n" (taxa de 0,5% distribuído exponencialmente entre 2015 e 2045).

São apresentados na Tabela 6 os valores projetados para população e PIB per-capita na data base e no horizonte final estimados para a Área de Estudos do PDM, discriminando-se tanto as informações para o Cenário Tendencial quanto para o Cenário Induzido. Apresenta-se ainda as respectivas variações percentuais ao ano no decorrer do período de análise. Destaca-se que, como esperado, a evolução projetada para as duas variáveis socioeconômicas é maior no Cenário Induzido Otimista que no Cenário Tendencial.

Tabela 6: Evolução das Projeções da População e do PIB per-capita da Área de Estudos nos dois Cenários

Cenário		Total	
População	Cenário Induzido Otimista	2015	12,301,177
		2045	14,375,214
		Ev % aa	0.52
	Cenário Tendencial	2015	12,301,177
		2045	14,038,289
		Ev % aa	0.44
PIB per Capita	Cenário Induzido Otimista	2015	35,124
		2045	59,517
		Ev % aa	1.7735
	Cenário Tendencial	2015	35,124
		2045	59,264
		Ev % aa	1.759

Fonte: Processamento Logit

Posteriormente, seguindo-se a metodologia “*Top-Down*”, o valor estimado de população para a Área de Estudos no Cenário Induzido Otimista foi distribuído por entre seus municípios segundo as proporções apontadas pelas projeções do Cenário Induzido Revisado.

Na Tabela 7, apresenta-se os valores de população para cada município da Área de Estudos do PDM, projetados nos horizontes do Cenário Induzido Otimista, conforme a sequência de todos os procedimentos explanados neste item deste capítulo.

Tabela 7: Evolução das Projeções da População dos Municípios da Área de Estudos nos anos Horizontes do Cenário Induzido Otimista

Município	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045
Belford Roxo	484.206	506.579	530.892	554.392	575.824	595.624	613.382
Duque de Caxias	886.842	953.490	999.688	1.041.748	1.078.541	1.114.518	1.146.835
Guapimirim	56.179	55.981	58.541	60.964	63.213	65.088	66.732
Itaboraí	229.202	246.309	256.807	266.955	274.972	282.993	289.980
Itaguaí	119.677	129.761	139.310	147.984	155.188	162.234	168.492
Japeri	100.275	99.967	105.479	110.735	115.891	120.387	124.733
Magé	235.702	249.745	260.411	270.490	280.095	288.066	295.149
Mangaratiba	40.747	44.119	46.961	49.542	51.662	53.575	55.362
Maricá	144.026	140.919	144.889	148.369	150.449	151.985	152.830
Mesquita	171.676	178.461	184.053	189.047	193.400	196.554	198.836
Nilópolis	159.190	162.113	165.799	169.043	171.535	173.649	175.052
Niterói	497.674	517.149	525.490	533.941	536.437	542.541	546.012
Nova Iguaçu	813.325	837.671	873.327	907.321	937.829	964.505	987.403
Paracambi	49.427	49.581	50.663	51.453	51.823	52.010	52.090
Queimados	144.372	146.156	154.408	162.701	170.028	177.708	185.306
Rio Bonito	57.808	60.229	62.553	64.684	66.581	68.259	69.729
Rio de Janeiro	6.492.294	6.598.069	6.775.621	6.946.179	7.109.608	7.234.587	7.331.403
São Gonçalo	1.038.201	1.134.309	1.162.088	1.186.018	1.201.595	1.212.017	1.217.036
São João de Meriti	464.331	480.023	497.085	512.726	526.663	538.369	548.167
Seropédica	83.600	90.400	96.253	101.306	105.311	108.602	111.044
Tanguá	32.423	34.198	35.595	36.890	38.035	38.931	39.641
Totais da Área de Estudos do PDM	12.301.177	12.715.231	13.125.912	13.512.489	13.854.681	14.142.202	14.375.214

Fonte: Processamento Logit

3.6. Projeção do cálculo dos Empregos no Cenário Induzido para os Municípios da Área de Estudos nos anos horizonte do PDM

Conforme fundamentado no item anterior deste capítulo, da mesma forma que para a população, a projeção dos empregos também foi realizada assumindo-se a premissa de que, no Cenário Induzido, o aumento da riqueza advindo dos investimentos metroviários e mensuradas pelo PIB já projetado também foi repassada para a população. Assim, considerou-se que a relação do número de empregos por habitante projetada no Cenário Tendencial sofreu aumento no decorrer dos anos de horizontes do PDM na mesma proporção que a taxa do PIB projetada para os municípios no Cenário Induzido. Para isto, adotou-se como parâmetro o crescimento de 0,5% distribuído exponencialmente até 2045.

Na Tabela 8, são apresentados os valores projetados para o número de empregos e o indicador de “número de empregos por 100 habitantes” na data base e no horizonte final para todos os municípios da Área de Estudos do PDM, discriminando-se as informações para Cenário Induzido Otimista e Cenário Tendencial. Apresenta-se também as respectivas variações percentuais ao ano no decorrer do período. Destaca-se que, como esperado, a evolução projetada para as duas variáveis socioeconômicas é maior no Cenário Induzido Otimista que no Cenário Tendencial

Tabela 8: Evolução das Projeções dos Empregos e de sua Relação com a População da Área de Estudos nos dois Cenários

Municípios		Total	
Empregos	Cenário Induzido Otimista	2015	5,494,669
		2045	7,239,018
		Ev % aa	0.92
	Cenário Tendencial	2015	5,494,669
		2045	7,014,028
		Ev % aa	0.82
Empregos / 100 habitantes	Cenário Induzido Otimista	2015	44.67
		2045	50.36
		Ev % aa	0.4005
	Cenário Tendencial	2015	44.67
		2045	49.96
		Ev % aa	0.3742

Fonte: Processamento Logit

Finalmente, utilizando-se da metodologia “Top-Down”, o valor estimado de empregos para a Área de Estudos no Cenário Induzido Otimista foi distribuído por entre seus municípios segundo as proporções apontadas pelas projeções do Cenário Induzido Revisado

Na Tabela 9, que segue, são apresentados os valores de empregos para cada município da Área de Estudos do PDM, projetados para os horizontes do Cenário Induzido conforme a sequência de todos os procedimentos explanados neste item.

Tabela 9: Evolução das Projeções dos Empregos para os Municípios da Área de Estudos nos anos Horizontes do Cenário Induzido Otimista

Município	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045
Belford Roxo	107.199	109.096	114.944	121.034	127.130	133.373	139.715
Duque de Caxias	313.745	324.986	346.469	367.711	388.545	410.628	433.152
Guapimirim	17.182	17.422	18.222	19.025	19.855	20.663	21.475
Itaboraí	68.878	72.392	79.974	87.874	95.566	103.744	112.169
Itaguaí	39.351	38.351	41.135	44.052	46.832	49.820	52.868
Japeri	17.804	17.732	18.669	19.621	20.609	21.551	22.549
Magé	66.937	66.067	68.966	71.883	74.926	77.829	80.771
Mangaratiba	16.842	17.885	18.908	20.003	21.061	22.159	23.304
Maricá	44.304	41.979	43.427	44.947	46.223	47.551	48.869
Mesquita	35.653	35.554	36.938	38.326	39.757	41.157	42.534
Nilópolis	45.328	47.168	48.611	50.080	51.521	53.015	54.502
Niterói	309.749	345.200	354.537	365.643	374.240	386.328	397.382
Nova Iguaçu	248.527	257.818	271.205	285.065	299.001	313.107	327.386
Paracambi	15.216	14.263	14.616	14.981	15.317	15.651	15.990
Queimados	32.663	33.326	35.457	37.681	39.743	41.961	44.225
Rio Bonito	23.869	24.720	25.665	26.629	27.602	28.575	29.569
Rio de Janeiro	3.614.753	3.784.443	3.971.435	4.170.489	4.382.236	4.589.517	4.801.209
São Gonçalo	313.428	330.838	341.145	352.074	362.582	373.753	384.694
São João de Meriti	127.165	133.349	138.834	144.459	150.181	155.852	161.558
Seropédica	27.220	26.614	28.138	29.738	31.290	32.924	34.577
Tanguá	8.856	8.688	9.046	9.407	9.789	10.152	10.520
Totais da Área de Estudos do PDM	5.494.669	5.747.891	6.026.342	6.320.722	6.624.005	6.929.309	7.239.018

Fonte: Processamento Logit

APÊNDICE B

RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES DO CENÁRIO DE
PROGNÓSTICO E CENÁRIOS COMPLEMENTARES



Apêndice B - Estruturação do Cenário de Referência para Avaliação da Rede Metroviária Proposta e dos Cenários de Prognóstico Plano Diretor Metroviário

O Plano Diretor Metroviário em questão tem por objetivo propor melhorias na rede metroviária do sistema de transportes integrado da RMRJ, definindo alternativas de ampliação da rede metroviária para os anos-horizontes de 2025, 2035 e 2045. Em contrapartida ao cenário de desenvolvimento proposto para o PDM, desenvolveu-se também o cenário prognóstico, com base apenas no crescimento já previsto do sistema metroviário da RMRJ, como se descreve a seguir.

No âmbito da avaliação de demanda, as matrizes utilizadas para os anos horizontes de projeto seguiram crescimento tendencial, estimadas a partir da aplicação de modelos de geração de viagens que utilizam como insumos dados socioeconômicos. Esta etapa é realizada diretamente no programa Tranus, como descrito no item 3.2 do Relatório Técnico 2 do PDM. As mesmas matrizes de demanda foram utilizadas tanto no cenário PDM como no cenário prognóstico, avaliando-se os impactos decorrentes de alterações na oferta de transportes. Desta forma, o número de viagens totais é equivalente, variando apenas a alocação desta entre os meios de transportes disponíveis em cada cenário.

A elaboração do cenário de oferta tem início com a concepção do cenário base, utilizado para a calibração dos modelos que ocorreu com base na rede viária e informações provenientes do PDTU 2011. Este cenário de calibração foi denominado de 00A e os arquivos correspondentes encontram-se nos anexos digitais deste estudo.

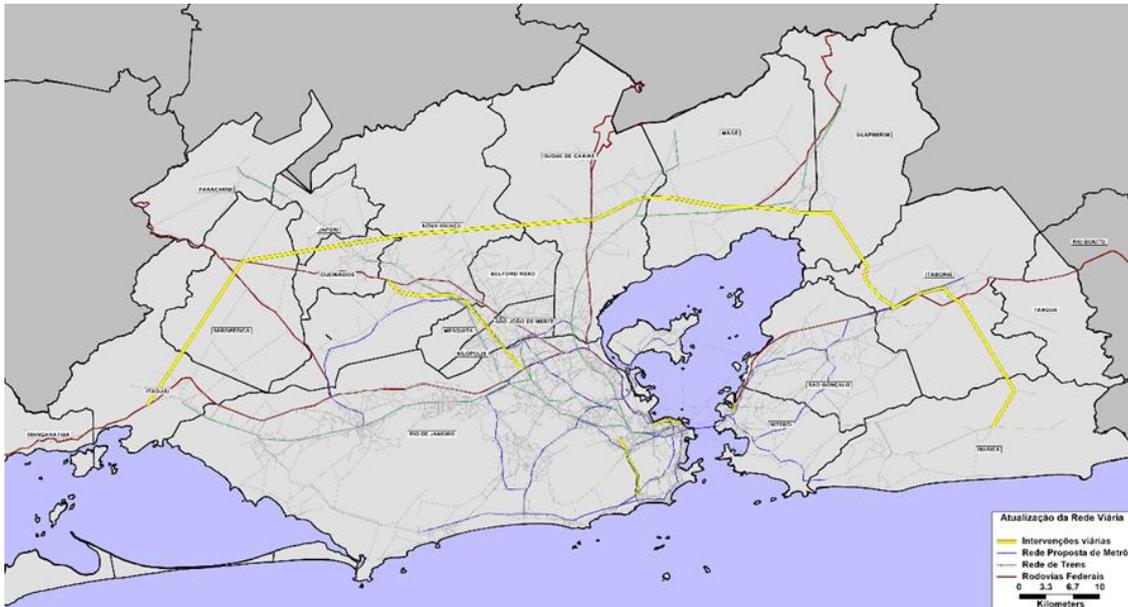
1. Cenário de Referência

Para a avaliação da rede metroviária proposta a partir da utilização de modelos de oferta e demanda, requereu-se a definição de um cenário inicial de oferta de transportes, denominado de “Cenário de Referência”. Este cenário não necessariamente coincide com o cenário base do estudo (ou cenário de calibração do modelo), pois existem projetos e políticas em processo de execução que se espera que estejam concluídos para o primeiro horizonte de análise, devendo ser considerados dentro do marco de avaliação das alternativas. Descreve-se neste item o processo de elaboração do Cenário de Referência, apresentando-se todas as etapas e cenários que o fundamentam.

Inicialmente, utilizou-se da rede metroviária existente para a constituição do cenário de calibração do modelo de simulação, já que o processo de calibração requer dados observados para validação da rede de simulação. Esta rede é denominada de Rede de Cenário Base ou Rede de Calibração e é apresentada na figura a seguir.

- Conexão da Linha Verde ao Túnel Noel Rosa;
- Mergulhão entre a BR-101 e Av. Jansen de Melo;

Figura 2: Intervenções viárias previstas para atualização da rede viária



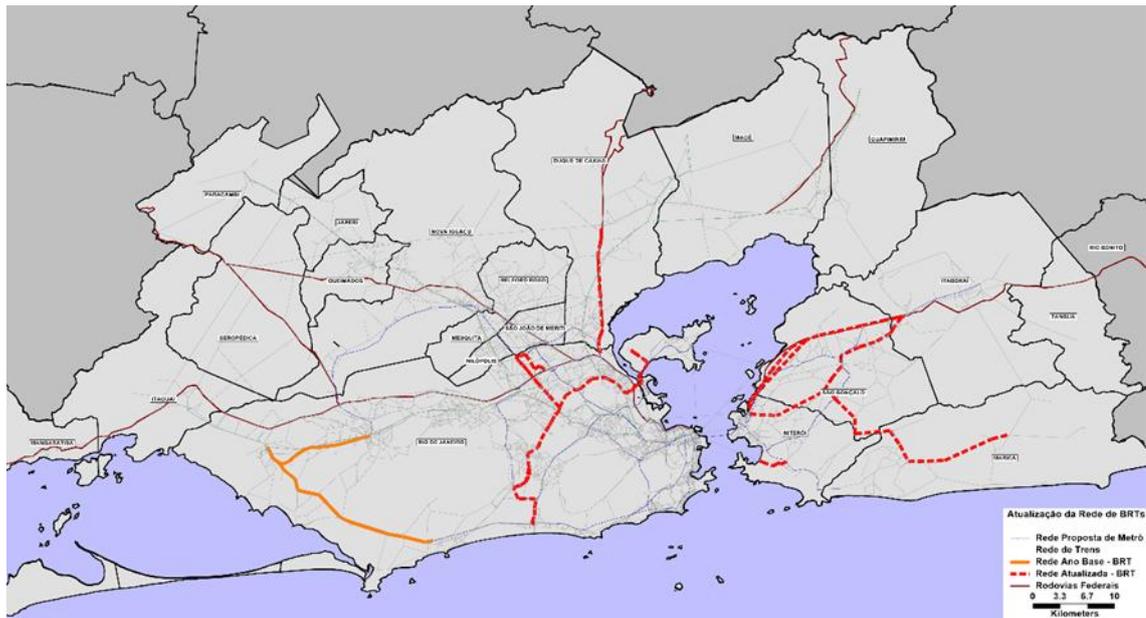
Fonte: Consórcio, 2015.

- **Sistema de BRTs**

A rede de BRT considerada na elaboração do cenário de referência é composta ainda pelos seguintes serviços previstos, como ilustrada na Figura 3:

- Transoeste (Jardim Oceânico a Campo Grande e Santa Cruz);
- Transcarioca;
- Transolímpico;
- Transoceânico (BHLS, BRT em parte do trajeto e circulação em tráfego misto para outra parte);

Figura 3: Rede de BRT prevista para atualização da rede de oferta de transporte coletivo



Fonte: Consórcio, 2015.

- **Sistema de VLT**

A rede de VLT considera o projeto de VLT na região do Porto Maravilha na elaboração do cenário de referência, como ilustrado na Figura 4 e Figura 3.

Figura 4: Rede de VLT prevista para atualização da rede de oferta de transporte coletivo

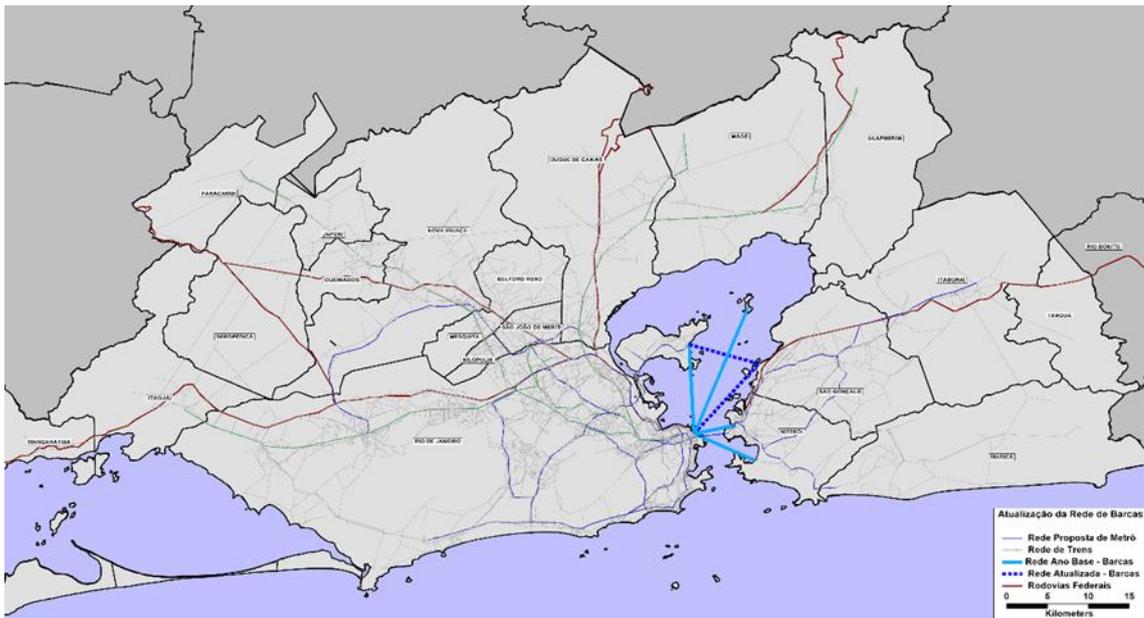


Fonte: Consórcio, 2015.

- **Sistema de Barcas:**

No que refere-se aos serviços de barcas, foram considerados os novos serviços que conectam a região de São Gonçalo, como ilustrado na Figura 5

Figura 5: Rede de barcas prevista para atualização da rede de oferta de transporte coletivo



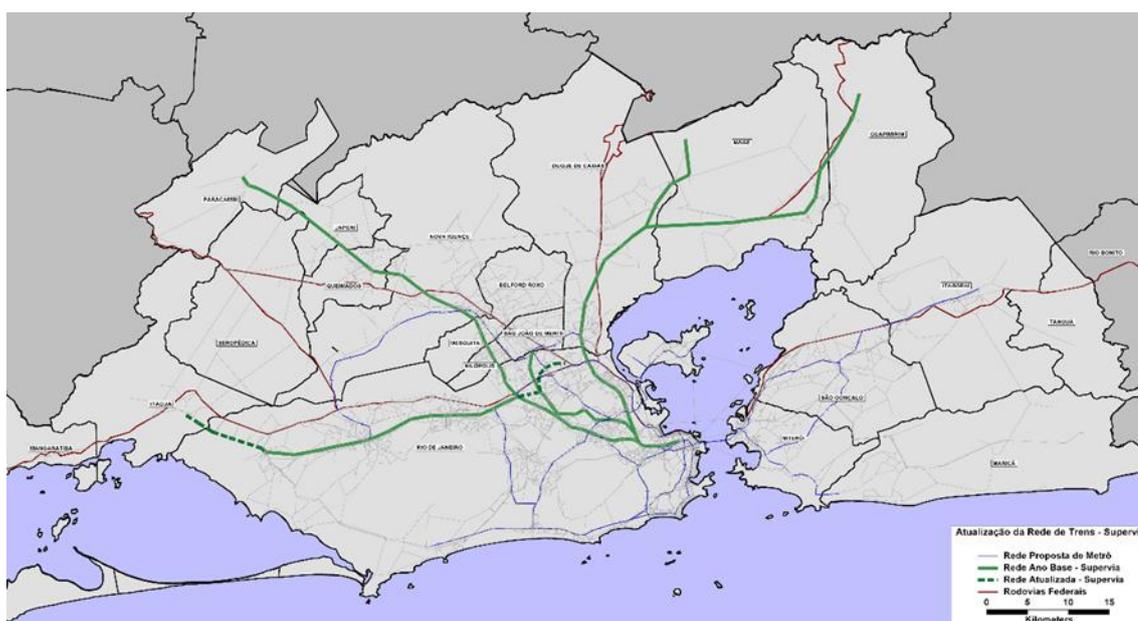
Fonte: Consórcio, 2015.

- **Sistema de Supervias:**

A rede de Supervias considerada na elaboração do cenário de referência abrange ainda os seguintes serviços previstos (como ilustrados na Figura 6):

- Itaguaí – Deodoro;
- Itaguaí – CEASA;

Figura 6: Rede de Supervia prevista para atualização da rede de oferta de transporte coletivo



Fonte: Consórcio, 2015.

- **Sistema de Ônibus:**

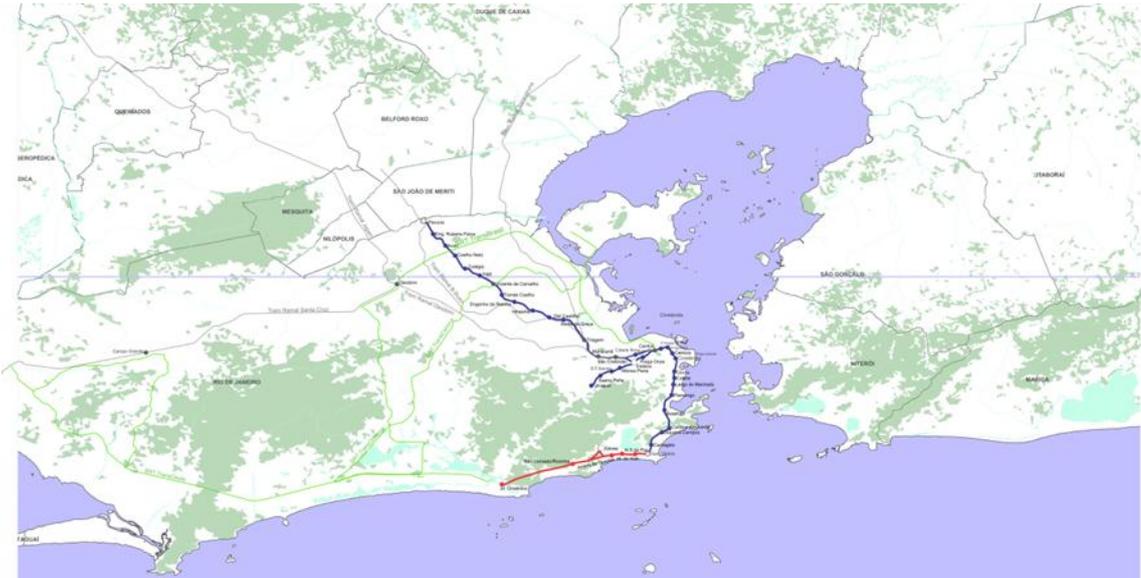
No âmbito do sistema de ônibus, foi considerada a vedação do acesso dos ônibus intermunicipais do centro de Rio de Janeiro, com parada prevista no Terminal Américo Fontenelle, localizado no hipercentro.

O cenário acrescido destes projetos foi denominado de *Cenário 1A* e os arquivos correspondentes encontram-se nos anexos digitais deste estudo.

Em sequência, considerou-se o projeto de ampliação já previsto para a rede metroviária da RMRJ, que inclui (Figura 7):

- Implantação da Linha 4, interligando as estações General Osorio, Gávea e Jardim oceânico, cenário denominado *Cenário 2A*;
- Ampliação da Linha 2 com as estações Estácio e Praça XV, cenário denominado *Cenário 3A*;
- Aumento da frequência de atendimento e consequente redução do headway da Linha 1 e Linha 2 (de 3 para 2 minutos), o que definiu o *Cenário 4A*.

Figura 7: Rede metroviária em operação, incluindo trecho em obras



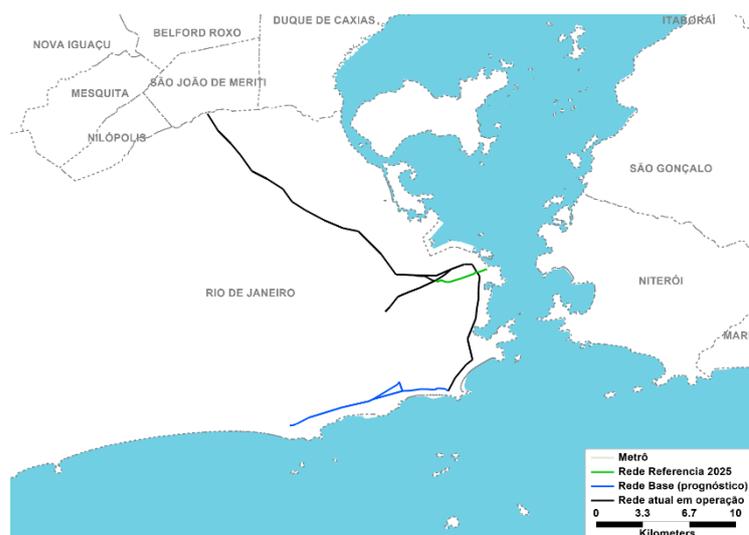
Fonte: Consórcio, 2015.

Adicionalmente, considerou-se o conceito de integração entre os meios de transportes coletivos, ou seja, tarifa única de R\$3,20 para o usuário entrar no sistema de transporte coletivo, podendo fazer integração gratuita entre os meios de transportes disponíveis, estabelecendo-se, assim, o *Cenário 05A*.

Finalmente, considerou-se a ampliação da Linha 4 com o trecho Gávea – Carioca, cenário denominado de *Cenário 6A*;

A consolidação de todos estes projetos e premissas assumidas (cenários 1A, 2A, 3A, 4A, 5A e 6A) constitui um cenário futuro que é o ponto de partida da avaliação das alternativas propostas, o *Cenário de Referência*. Este cenário supõe mudanças expressivas no comportamento da rede metroviária. No entanto, deve-se ressaltar que estas medidas trazem consigo uma quantidade de benefícios que não pode ser associada à proposta de expansão metroviária, já que não são resultantes do processo de planejamento. A Rede do Cenário de Referência é apresentada na figura a seguir.

Figura 8: Rede metroviária incluindo trechos em operação, trecho em obras durante a elaboração do estudo e expansões definidas



Fonte: Consórcio, 2016.

A seguir, descreve-se os resultados de alocação da matriz de demanda para o ano base 2014 nos cenários de oferta supracitados (cenários 00A, 01A, 02A, 03A, 04A, 05A e 06A).

A Tabela 1 apresenta os embarques e volume crítico modelados para o sistema metroviário de cada cenário prognóstico. Os valores de embarques totais, e volume crítico por linha são ilustrados, respectivamente, na

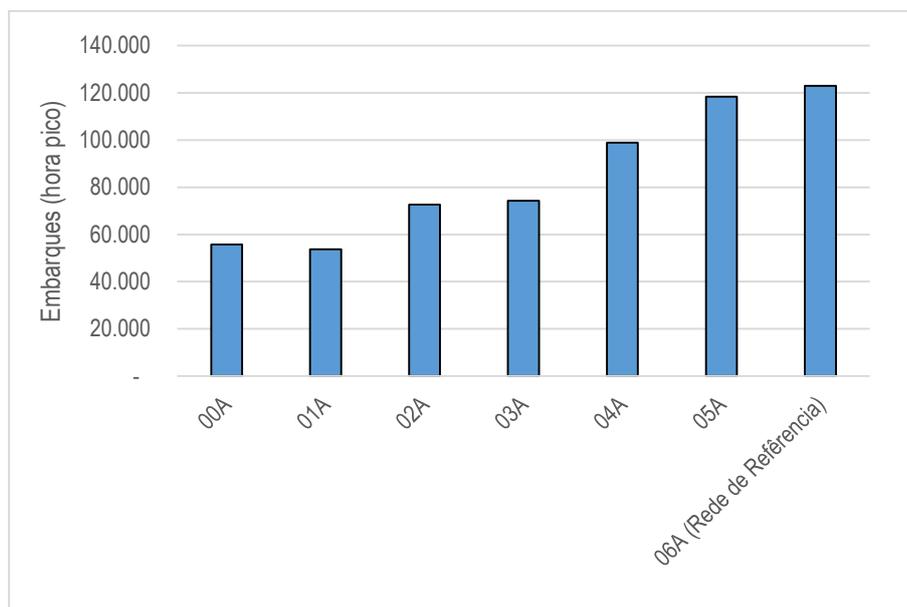
Figura 9 e Figura 10.

Tabela 1: Embarques e volume crítico modelados no sistema metroviário na hora pico manhã para cada cenário de oferta

Cenários	Volume Crítico		
	Linha 1	Linha 2	Linha 4
00A	12.894	36.526	-
01A	18.860	27.949	-
02A	18.623	28.263	14.284
03A	22.953	28.801	14.284
04A	28.193	47.534	12.586
05A	41.375	48.047	14.032
06A	41.972	48.807	15.713

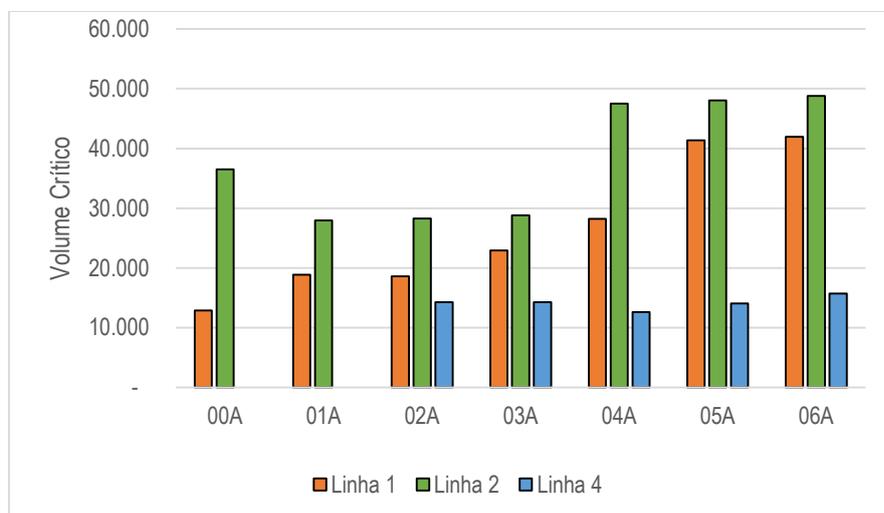
Fonte: Consórcio, 2016.

Figura 9: Embarques totais modelados no sistema metroviário na hora pico manhã para cada cenário de oferta



Fonte: Consórcio, 2016.

Figura 10: Volume crítico modelado de passageiro por linha do sistema metroviário na hora pico manhã para cada cenário de oferta



Fonte: Consórcio, 2016.

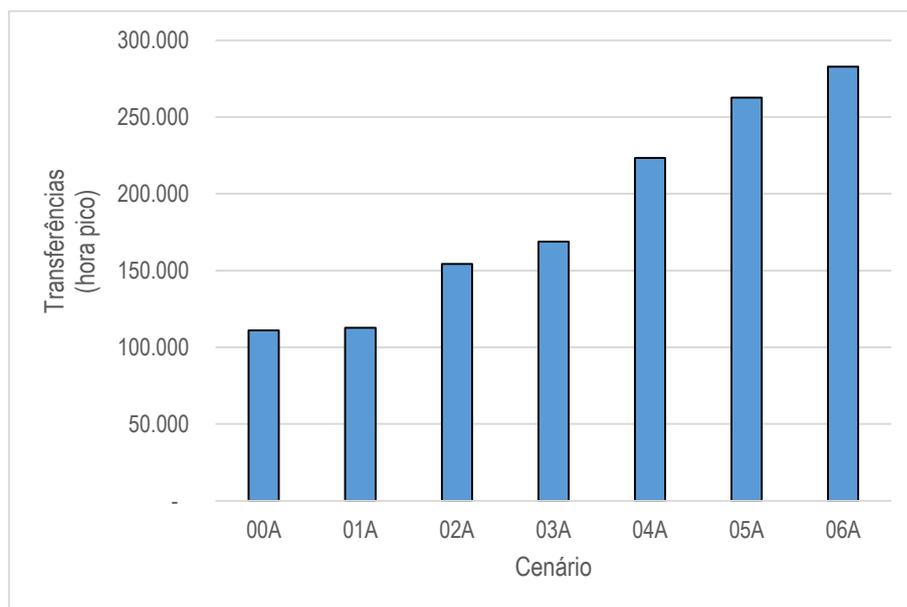
Por sua vez, a Tabela 2 a seguir apresenta o volume modelado de transferências realizadas entre o sistema metroviário e os demais meios de transportes coletivos presentes na RMRJ e considerados na rede de oferta do cenário prognóstico. A Figura 11 ilustra os valores totais de transferências para cada cenário de avaliação.

Tabela 2: Volume modelado de transferências entre o sistema metroviário e os demais meios de transportes coletivos da RMRJ

Meio de transporte	Transferências com o sistema metroviário						
	00A	01A	02A	03A	04A	05A	06A
Metrô	-	927	1.274	13.017	19.687	18.128	31.589
Supervia	11.723	16.278	15.743	15.934	27.559	45.796	43.933
Barca	-	-	-	1.376	1.423	3.007	3.686
BRT	-	290	2.956	2.962	6.613	6.096	5.790
VLT	-	5.860	8.023	10.115	15.433	17.547	18.496
Ônibus	99.391	89.416	126.301	125.508	152.567	172.149	179.467
Total	111.114	112.771	154.297	168.911	223.282	262.722	282.961

Fonte: Consórcio, 2016.

Figura 11: Volume modelado total de transferências entre o sistema metroviário e os demais meios de transportes coletivos da RMRJ



Fonte: Elaboração Consórcio, 2016.

A partir dos resultados apresentados neste item, destaca-se os benefícios de aumento de demanda do sistema metroviário em decorrência da evolução dos cenários intermediários até ser alcançado o Cenário de Referência (6A).

2. Cenários de Prognóstico

A elaboração do cenário prognóstico tem por objetivo diagnosticar a mobilidade urbana sem a implantação do projeto proposto neste estudo, ou seja, aferir os impactos da mobilidade em um cenário em que não há expansão da oferta de transportes. Os resultados deste cenário em contraste com os resultados obtidos para os cenários com a expansão proposta no PDM permite avaliar e estimar os efeitos decorrentes da implantação da rede sugerida, isto é, viabiliza a comparação entre os resultados dos cenários *com* e *sem* projeto. Para fins deste estudo, o Cenário de Prognóstico para os anos horizontes é constituído pela rede de oferta do Cenário de Referência.

Neste contexto, estabelecida a rede de oferta do Cenário de Referência como a rede de oferta do Cenário de Prognóstico para os anos subsequentes de avaliação, aferiu-se os resultados da alocação das matrizes dos anos-horizontes de projeto (2025, 2035 e 2045) neste cenário. Os resultados obtidos na etapa de alocação para os Cenários Prognósticos são apresentados nas tabelas a seguir.

Tabela 3: Total de viagens para o modo de transporte individual e coletivo no cenário prognóstico.

Modo de transporte	Viagens		
	2025	2035	2045
Individual	263.456	279.856	294.442
Coletivo	765.959	807.716	845.743
Total	1.029.415	1.087.572	1.140.185

Fonte: Elaboração Consórcio, 2016.

Tabela 4: Resultados de alocação da matriz de demanda de 2025 para o cenário de oferta prognóstico.

Meio de Transporte	2025			
	Embarques	pass*km	pass*hr	Velocidade Operacional
Ônibus e BRT	835.922	14.722.375	911.107	16
Metrô	190.834	1.749.514	41.655	42
Trem	163.132	3.369.813	68.428	49
Barcas	18.627	98.168	5.132	19
VLT	26.498	24.877	711	35
Total	1.235.013	19.964.747	1.027.033	19

Fonte: Elaboração Consórcio, 2016.

Tabela 5: Resultados de alocação da matriz de demanda de 2035 para o cenário de oferta prognóstico.

Meio de Transporte	2035			
	Embarques	pass*km	pass*hr	Velocidade Operacional
Ônibus e BRT	886,932	13,869,829	966,238	14
Metrô	213,471	1,832,120	43,622	42
Trem	255,423	5,368,140	109,021	49
Barcas	23,008	123,040	6,421	19
VLT	39,075	32,175	919	35
Total	1,417,909	21,225,305	1,126,221	19

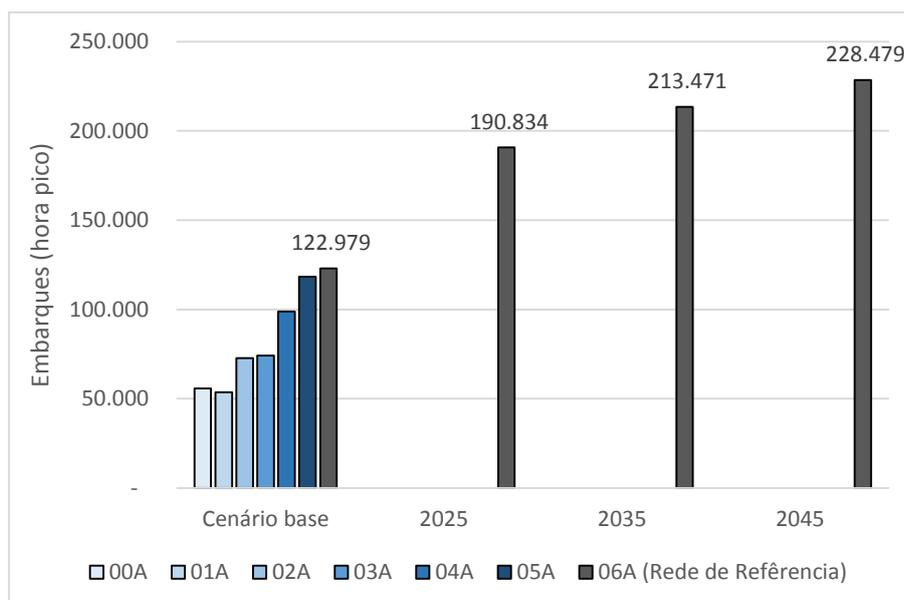
Fonte: Elaboração Consórcio, 2016.

Tabela 6: Resultados de alocação da matriz de demanda de 2025 para o cenário de oferta prognóstico.

Meio de Transporte	2045			
	Embarques	pass*km	pass*hr	Velocidade Operacional
Ônibus e BRT	936,496	13,687,674	1,154,354	12
Metrô	228,479	2,066,571	49,204	42
Trem	279,256	5,761,392	116,989	49
Barcas	25,463	138,479	7,212	19
VLT	37,289	36,031	1,029	35
Total	1,506,983	21,690,146	1,328,788	16

Fonte: Elaboração Consórcio, 2016.

Figura 12: Embarques totais modelados no sistema metroviário na hora pico manhã para cada cenário de oferta do prognóstico



Fonte: Elaboração Consórcio, 2016.

APÊNDICE C

CÁLCULO DE VELOCIDADE OPERACIONAL E
DIMENSIONAMENTO DO MATERIAL RODANTE



Apêndice Digital

Objeto: Cálculo de velocidade operacional

Projeto: PDM - Plano Diretor Metroviário da RMRJ

Produto: Relatório Técnico nº 3 - Plano de Implantação

Complemento: Em complemento ao Apêndice C

Descrição: Planilha de cálculo das velocidades operacionais para cada trecho avaliado no desenvolvimento do PDM

Conteúdo:

- RESUMO Consolidação dos trechos avaliados
- A URUGUAI - GENERAL OSÓRIO
 - B PAVUNA - ARARIBÓIA
 - C PAVUNA - PRAÇA QUINZE
 - D PAVUNA - ESTÁCIO
 - E ESTÁCIO - PRAÇA QUINZE
 - F PRAÇA QUINZE - ARARIBOIA
 - G ARARIBOIA - ALCÂNTARA
 - H JARDIM OCEÂNICO - GENERAL OSÓRIO
 - I JARDIM OCEÂNICO - GÁVEA
 - J GÁVEA - GENERAL OSÓRIO
 - K GENERAL OSÓRIO - ALVORADA
 - L GENERAL OSÓRIO - RECREIO
 - M GÁVEA - ALVORADA
 - N GÁVEA - RECREIO
 - O JARDIM OCEÂNICO - CARIOCA
 - P ALVORADA - CARIOCA
 - Q GÁVEA - CARIOCA
 - R RECREIO - CARIOCA
 - S ALVORADA -COCOTÁ
 - T DEODORO - PRESIDENTE VARGAS
 - U GÁVEA - DEL CASTILHO
 - V URUGUAI - DEL CASTILHO
 - W ARARIBÓIA - MARAVISTA
 - X GÁVEA - AVENIDA BRASIL
 - Y URUGUAI - AVENIDA BRASIL

Ref	Trajetos/Serviço	Extensão (m)	Velocidade média (Km/h)	Horizonte	Tempo terminal A	Tempo terminal B	Tempo de ciclo	Headway desejável	Headway possível
A	URUGUAI - GENERAL OSÓRIO	21.863	39	2022	3	5	76,00	2	2
B	PAVUNA - ARARIBÓIA	34.230	43	2025	3	5	103,57	2	2
C	PAVUNA - PRAÇA QUINZE	28.549	43	2022	3	5	88,50	2	2
D	PAVUNA - ESTÁCIO	24.270	43	-	3	3	73,00	2	2
E	ESTÁCIO - PRAÇA QUINZE	4.141	40	-	3	3	18,46	3	3
F	PRAÇA QUINZE - ARARIBÓIA	5.819	45	-	3	3	21,35	3	3
M	ALVORADA - GÁVEA	15.000	47	-	5	3	46,56	3	3
N	RECREIO - GÁVEA	28.054	44	-	5	3	83,90	3	3
G	ARARIBÓIA - ALCÂNTARA	16.396	42	2025	5	5	56,30	5	5
H	JARDIM OCEÂNICO - GENERAL OSÓRIO	11.728	48	2016	5	5	39,54	3	6
I	JARDIM OCEÂNICO - GÁVEA	8.990	53	2020	5	5	30,35	3	6
J	GÁVEA - GENERAL OSÓRIO	4.493	39	2020	5	5	23,83	6	6
K	GENERAL OSÓRIO - ALVORADA	17.738	45	2035	5	5	57,75	3	6
L	GENERAL OSÓRIO - RECREIO	30.792	43	2045	5	5	94,99	3	6
O	JARDIM OCEÂNICO - CARIÓCA	19.499	46	2025	5	3	59,27		
P	ALVORADA - CARIÓCA	25.647	44	2035	5	3	77,75		
Q	GÁVEA - CARIÓCA	10.509	41	2035	3	5	38,81	3	3
R	RECREIO - CARIÓCA	38.563	43	2045	5	3	114,71		
S	ALVORADA -COCOTÁ	35.007	44	2045	5	5	104,65	3	3
T	DEODORO - PRESIDENTE VARGAS	28.114	44	2025	5	3	85,16	2	2
U	GÁVEA - DEL CASTILHO	14.767	45	2035	3	3	45,33	3	6
V	URUGUAI - DEL CASTILHO	9.129	41	2035	5	3	34,82	3	3
W	ARARIBÓIA - MARAVISTA	12.448	43	2045	3	5	42,69	5	5
X	GÁVEA - AVENIDA BRASIL	13.755	51	2035	3	3	38,36	3	6
Y	URUGUAI - AVENIDA BRASIL	8.117	49	2035	3	3	25,85	3	3

	ATENÇÃO: As diversas versões da mesma linha estão ligados a momentos distintos da operação OU a serviços existentes dentro da linha								
	Tempos de terminal								
	Caso 1: Parada única	3 minutos							
	Caso 2: duas paradas + manobra	5 minutos							
	1 min desembarque, 2 min embarque, 2 min manobra								
	Premissas importantes								
	Pressupõe Linha 1 funcionando sem qualquer influência da linha 2								
	Linha 1A desativada								
	Estações terminais que não permitem manobra								
	Uruguai linha 1 (atual)								
	Pavuna linha 2 (atual)								
	Gávea leste linha 4 (em construção)								
	Gávea oeste linha 4 (em construção)								
	Pres.Vargas (futura) por falta de espaço a montante								
	Observações importantes:								
	Terminais A e B obedecem a ordem da informação da coluna "Trajeto/serviço"								
	"Headway desejável" constitui aproximação inicial, ainda sem conhecer carregamentos								
	"Headway possível" imputa limitações físicas ao "Headway desejável"								
	Calculo da velocidade feito para apenas um sentido e considerado igual para a viagem de volta								
	Tempo de parada em estação intermediária fixado iguais para todas as estações								
	Taxas de aceleração e desaceleração são iguais e uniformes								
	Não foram consideradas curvas verticais e horizontais								
	Velocidade máxima permitida foi padronizada em 60 Km/h								
	Passageiros que embarcam e desembarcam por estação não foram utilizados neste momento								

Cenário Referência

Dados de Entrada do Projeto

*Apenas ida

																					12,4	303	1	2	4	5	6	7
	Linha	Itinerário	Frota Operacional	Frota Total (+5% Reserva)	Estações	Extensão	Pátio	CCO	Headway	Velocidade Média	Tempo Terminal A	Tempo Terminal B	Volume Crítico	Ano	Vagões	Frequência	Freq max	Tempo Ciclo	Demanda Pico	Demanda Dia	Demanda Ano	Centro	Ária da Graça	Barra da Tijuc	Deodoro	Neves	Guaxindiba	
METL1	Linha 1	Uruguai - General Osório	38	40	20	21.863	1	1	2,0	39	3	5	53.533	2017	6	35	30	76,0	93.758	1.162.600	352.267.800	100%						
METL2	Linha 2	Pavuna - Estácio - Carioca - Praça X	37	39	20	28.549	1	1	2,4	43	3	5	49.767	2017	8	25	30	88,5	57.200	709.280	2.149.911.840	20%	80%					
METL45a	Linha 4	Jardim Oceânico - Gávea	8	9	3	8.990	1	1	4,3	46	5	3	20.131	2017	6	14	30	31,6	22.336	276.967	83.921.001			100%				
METL4b	Linha 4*	Gávea - General Osorio	3	4	4	4.493			8,0	39	5	5	7.659	2017	6	7,5	30	23,8	2.029	25.160	7.623.480			100%				
METL1	Linha 1	Uruguai - General Osório	38	40	20	21.863	1	1	2,0	39	3	5	51.065	2025	6	34	30	76,0	90.041	1.116.509	338.302.227	100%						
METL2	Linha 2	Pavuna - Araribóia	46	49	23	36.611	1	1	2,4	43	3	5	50.503	2025	8	25	30	110,2	86.983	1.078.590	326.812.770	20%	80%					
METL3	Linha 3	Araribóia - Alcântara	9	10	12	14.776	1	1	6,0	42	5	5	14.789	2025	6	10	30	51,7	24.516	303.999	92.111.697				50%	50%		
METL45a	Linha 4	Jardim Oceânico - Gávea	8	9	3	8.990	1	1	4,3	46	5	3	18.700	2025	6	13	30	31,6	25.777	319.635	96.849.405			100%				
METL4b	Linha 4*	Gávea - General Osorio	3	4	4	4.493			8,0	39	5	5	7.776	2025	6	7,5	30	23,8	2.040	25.296	7.664.688			100%				
METL7	Linha 7	Pdt Vargas - Deodoro	31	33	18	25.684	1	1	2,6	44	5	3	46.671	2025	8	23	30	78,5	54.703	678.318	205.530.354				100%			
METL1	Linha 1	Uruguai - General Osório	38	40	20	21.863	1	1	2,0	39	3	5	57.560	2035	6	38	30	76,0	108.600	1.346.640	408.031.920	100%						
METL2	Linha 2	Pavuna - Araribóia	50	53	23	36.611	1	1	2,2	43	3	5	54.614	2035	8	27	30	110,2	107.856	1.337.415	405.236.745	20%	80%					
METL3	Linha 3	Araribóia - Alcântara	13	14	12	14.776	1	1	4,3	42	5	5	20.727	2035	6	14	30	51,7	29.015	359.786	109.015.158				50%	50%		
METL45b	Linha 4	Ávorada - Gávea - Carioca	14	15	16	23.892	1	1	5,5	44	5	3	15.535	2035	6	11	30	73,0	38.792	481.021	145.749.363			100%				
METL4b	Linha 4*	Gávea - General Osorio	4	5	4	4.493			7,5	39	5	5	11.682	2035	6	8	30	23,8	14.478	179.528	54.396.984			100%				
METL6	Linha 6	Ávorada - Cocotá	17	18	21	32.169	1	1	6,0	44	5	5	14.985	2035	6	10	30	97,0	50.873	630.826	191.140.278			100%				
METL7	Linha 7	Pdt Vargas - Deodoro	31	33	18	25.684	1	1	2,6	44	5	3	46.597	2035	8	23	30	78,5	70.312	871.869	264.176.307				100%			
METL8	Linha 8	Gávea - Uruguai - Del Castilho	10	11	9	13.411	1	1	4,6	45	3	3	18.927	2035	6	13	30	41,7	32.524	403.298	122.199.294	100%						
METL1	Linha 1	Uruguai - General Osório	38	40	20	21.863	1	1	2,0	39	3	5	59.395	2045	6	39	30	76,0	118.898	1.474.336	446.723.808	100%						
METL2	Linha 2	Pavuna - Araribóia	56	59	23	36.611	1	1	2,0	43	3	5	60.360	2045	8	30	30	110,2	119.845	1.486.078	450.281.634	20%	80%					
METL3	Linha 3	Araribóia - Alcântara	14	15	12	14.776	1	1	3,8	42	5	5	23.470	2045	6	16	30	51,7	32.593	404.154	122.458.662				50%	50%		
METL45c	Linha 4	Recreio - Gávea - Carioca	26	28	25	35.593	1	1	4,3	43	5	5	20.401	2045	6	14	30	108,5	48.770	604.748	183.238.644			100%				
METL4b	Linha 4*	Gávea - General Osorio	4	5	4	4.493			6,0	39	5	5	14.339	2045	6	10	30	23,8	17.502	217.025	65.758.575			100%				
METL6	Linha 6	Ávorada - Cocotá	18	19	21	32.169	1	1	5,5	44	5	5	15.562	2045	6	11	30	97,0	52.346	649.091	196.674.573			100%				
METL7	Linha 7	Deodoro Pres Vargas	33	35	18	25.684	1	1	2,4	44	5	3	50.176	2045	8	25	30	78,5	78.239	970.164	293.959.692				100%			
METL8	Linha 8	Gávea - Uruguai - Del Castilho	9	10	9	13.411	1	1	5,0	45	3	3	17.011	2045	6	12	30	41,7	36.893	457.474	138.614.622	100%						
METL9	Linha 9	Araribóia - Maravista	5	6	9	11.188	1	1	8,0	43	3	5	3.081	2045	6	7,5	30	39,2	9.234	114.502	34.694.106				100%			
METL12	Linha 12	Gávea - Uruguai - Av. Brasil	4	5	5	7.574	1	1	7,5	51	3	3	11.555	2045	6	8	30	23,8	19.419	240.796	72.961.188	100%						
METL12	Linha 12*	Gávea - Uruguai (excluyente-L12&L8)			2	5.503				51	3	3		2045	6	0	30	18,9				100%						

Estimativa de frota da Linha 2 por etapa (2025)															
Linha 2	PAVUNA - ESTÁCIO	31	33	16	24.270	0	0	2,40	43	50.503	2025	8	25	30	73
Linha 2 EST-P15	PAVUNA - PRAÇA QUINZE	37	39	20	28.549	0	0	2,40	43	50.503	2025	8	25	30	89
Linha 2 P15-ARA	PAVUNA - ARARIBÓIA	44	47	23	34.230	0	0	2,40	43	50.503	2025	8	25	30	104
Linha 2 EST-P15	Estácio - Praça XV	6	6	5	4.279				40	50.503	2025				16
Linha 2 P15-ARA	Praça XV - Arariboia	7	8	6	5.819				45	50.503	2025				15

Estimativa de frota da Linha 2 por etapa (2035)															
Linha 2	PAVUNA - ESTÁCIO	33	35	16	24.270	0	0	2,22	43	54.614	2035	8	27	30	73
Linha 2 EST-P15	PAVUNA - PRAÇA QUINZE	40	42	20	28.549	0	0	2,22	43	54.614	2035	8	27	30	89
Linha 2 P15-ARA	PAVUNA - ARARIBÓIA	47	50	23	34.230	0	0	2,22	43	54.614	2035	8	27	30	104
Linha 2 EST-P15	Estácio - Praça XV	7	7	5	4.279				40	54.614	2035				16
Linha 2 P15-ARA	Praça XV - Arariboia	7	8	6	5.819				45	54.614	2035				15

Estimativa de frota da Linha 2 por etapa (2045)															
Linha 2	PAVUNA - ESTÁCIO	37	39	16	24.270	0	0	2,00	43	60.360	2045	8	30	30	73
Linha 2 EST-P15	PAVUNA - PRAÇA QUINZE	45	48	20	28.549	0	0	2,00	43	60.360	2045	8	30	30	89
Linha 2 P15-ARA	PAVUNA - ARARIBÓIA	52	55	23	34.230	0	0	2,00	43	60.360	2045	8	30	30	104
Linha 2 EST-P15	Estácio - Praça XV	8	9	5	4.279				40	60.360	2045				16
Linha 2 P15-ARA	Praça XV - Arariboia	7	7	6	5.819				45	60.360	2045				15

Estimativa de frota da Linha 4 por etapa (adicionais)															
Linha 4	Jardim Oceânico - General Osório	13	14	6	19.499	0	0	4,62	46	18.700	2025	6	13	30	59
Linha 4	Alvorada - General Osório	13	14	12	25.647	0	0	6,00	44	14.339	2045	6	10	30	78
Linha 4	Recreio - General Osório	20	21	20	38.563	0	0	6,00	43	14.339	2045	6	10	30	115
Linha 4	Alvorada - Jardim Oceânico	0	0	6	#N/A				#N/A	23.470	2019				18
Linha 4	Alvorada - Recreio	7	7	8	#N/A				#N/A	23.470	2019				37

Linha 4 primeira etapa	Total	11	13												
Linha 4 segunda etapa	Adicionais	7	7												
Linha 4 segunda etapa	Total	18	20												
Linha 4 terceira etapa	Adicionais	12	13												

Linha	Actuales	Vagoões por comboio	Equivalentes (mudança linha 2 - 6 para 8 vagões)	Frota total requerida				Frota adicional				Total	Carros
				antes 2025	2025	2035	2045	antes 2025	2025	2035	2045		
Linha 1	19	6	19	40	40	40	40	21	-	-	-	21	126
Linha 2	30	8	23	39	49	53	59	17	10	4	6	37	292
Pavuna - Estacio	30	8	23	39	35	38	42	17	4	3	4	20	156
Estacio - Praça XV		8			6	7	9	-	6	1	2	9	72
Praça XV - Arariboia		8			8	8	8	-	8	-	-	8	64
Linha 3		6			10	14	15	-	10	4	1	15	90
Linha 4	15	6	15	13	13	20	33	-	-	7	13	20	120
Jardim Oceânico - Gávea	15	6						-	-	-	-	-	-
Gávea - Carioca		6		-	-	4	4	-	-	4	-	4	24
Alvorada - Jd Oceânico		6				3	4	-	-	3	1	4	24
Recreio - Alvorada		6					5	-	-	-	5	5	30
Linha 6		6			-	18	19	-	-	18	1	19	114
Linha 7		8			33	33	35	-	33	-	2	35	280
Linha 8		6			-	11	10	-	-	11	1	10	60
Linha 9		6			-	-	6	-	-	-	6	6	36
Linha 12		6			-	-	5	-	-	-	5	5	30

Linha	Milhões de reais					Custo do comboio
	antes 2025	2025	2035	2045	Total	
Linha 1	794	0	0	0	794	37,80
Linha 2	832	504	202	302	1.840	50,40
Pavuna - Estacio	832	-202	151	202	983	50,40
Estacio - Praça XV	0	302	50	101	454	50,40
Praça XV - Arariboia	0	403	0	0	403	50,40
Linha 3	0	378	151	38	567	37,80
Linha 4	0	0	265	491	756	37,80
Jardim Oceânico - Gávea	0	0	0	0	0	37,80
Gávea - Carioca	0	0	151	0	151	37,80
Alvorada - Jd Oceânico	0	0	113	38	151	37,80
Recreio - Alvorada	0	0	0	189	189	37,80
Linha 6	0	0	680	38	718	37,80
Linha 7	0	1.663	0	101	1.764	50,40
Linha 8	0	0	416	-38	378	37,80
Linha 12	0	0	0	189	189	37,80
Linha 9	0	0	0	227	227	37,80
	1.625	2.545	1.714	1.348	7.232	
	1.625	4.171	5.884	7.232		

Trecho		Material Rodante		
nome	nome	nº trens	nº carros	nº carros total
Praça XV	Araribóia	8	8	64
Araribóia	Alcântara	15	6	90
Deodoro	Presidente Vargas	35	8	280
Alvorada	Cocotá	19	6	114
Jardim Oceânico	Alvorada	4	6	24
Uruguai	Del Castilho	10	6	60
Gávea	Uruguai	0	6	0
Uruguai	Av. Brasil	5	6	30
Gávea	Carioca	4	6	24
Alvorada	Recreio	5	6	30
Araribóia	Maravista	6	6	36

APÊNDICE D

DETALHAMENTO DA ESTIMATIVA DE CUSTOS E
DESPESAS OPERACIONAIS (OPEX)



Apêndice 7 – Detalhamento da Estimativa de Custos e Despesas

Neste apêndice, apresenta-se as estimativas de despesas e custos operacionais projetados para o Sistema sobre Trilhos da Região Metropolitana do Rio de Janeiro,. O objetivo deste apêndice é determinar, com grau de segurança adequado, o dimensionamento dos recursos físicos e financeiros necessários para garantir a prestação de serviços pela futura rede de transportes sobre trilhos. No entanto, não é ainda abordado neste capítulo a origem destes recursos, se proveniente unicamente do pagamento da tarifa pelos usuários da rede ou se com auxílios de recursos provenientes do tesouro do Governo do Estado do Rio de Janeiro e eventual contribuição das municipalidades.

Para esta avaliação, o plano de expansão da rede de transportes metroviário da Região Metropolitana do Rio de Janeiro proposto no âmbito do Plano Diretor Metroviário foi subdividido em quatro horizontes de análise: 2020, 2025, 2035 e, por fim, 2045, no qual a rede de transportes sobre trilhos chegará a um total de dez linhas, como descritas na tabela apresentada a seguir.

Tabela 1: Composição do sistema metroviária em cada ano horizonte como proposto no PDM.

	Linha	Itinerário
Atual	Linha 1	Uruguai - General Osório
	Linha 2	Pavuna - Estácio - Carioca - Praça XV
	Linha 4	Jardim Oceânico - General Osório
2025	Linha 1	Uruguai - General Osório
	Linha 2	Pavuna - Arariboia
		Arariboia - Alcântara
	Linha 4	Jardim Oceânico - General Osório - Gávea - Carioca
		Presidente Vargas - Deodoro
2035	Linha 1	Uruguai - General Osório
	Linha 2	Pavuna - Arariboia
		Arariboia - Alcântara
	Linha 4	Alvorada - General Osório - Gávea - Carioca
		Alvorada - Cocotá
		Deodoro - Presidente Vargas
		Gávea - Uruguai - Del Castilho
2045	Linha 1	Uruguai - General Osório
	Linha 2	Pavuna - Arariboia
		Arariboia - Alcântara
	Linha 4	Recreio - General Osório - Gávea - Carioca
		Alvorada - Cocotá
		Deodoro Presidente Vargas
		Gávea - Uruguai - Del Castilho
		Arariboia - Maravista
		Gávea - Uruguai - Av. Brasil

Fonte: Consórcio, 2016.

O dimensionamento financeiro da operação foi realizado a partir de informações de engenharia, demanda e investimentos dos projetos das linhas, como descritos nos demais capítulos deste documento. Tais informações foram cruciais para o dimensionamento da operação de cada linha visando atender a demanda modelada. Ressalta-se que, para cada uma das linhas, a estimativa de custos operacionais foi estabelecida para a situação de partida de cada período avaliado, contemplando tanto sua demanda quanto o dimensionamento de oferta correspondente. Em outras palavras, estimou-se os custos operacionais para os anos horizontes de projeto (2020, 2025, 2035 e 2045), evitando-se os anos intermediários. Conforme ocorram incrementos de demanda entre os anos horizontes, estimou-se acréscimos em diversas funções operacionais, tais como: supervisores de trem, cujo número poderá aumentar conforme aumento do número de composições operacionais necessárias para atender a demanda crescente; agentes e supervisores de estação, cujo número pode aumentar conforme aumento do número de usuários em cada estação; agentes e supervisores de segurança, cujo número pode aumentar, de forma equivalente, de acordo com o aumento do número de usuários em cada estação e o número de composições operacionais, entre outros. Desta forma, no longo prazo, diversos custos operacionais possuem correlação direta com a demanda. Exceção deve ser feita à operação do CCO e à manutenção de alguns equipamentos, como sinalização ou energia e estações, já que o custo destes independem da demanda efetiva do sistema.

Deve-se também frisar que os estudos de custeio operacional são definidos de acordo com um determinado padrão de serviço, considerando elementos como limpeza, prestação de informação aos usuários, segurança nos trens e estações. Indicadores de qualidade operacional do sistema também afetam o dimensionamento da operação por meio de elementos como confiabilidade, velocidade, entre outros atributos, o que possui implicação direta sobre o dimensionamento do pessoal operativo e sobre os demais custos operativos além dos custos de manutenção.

A tabela a seguir resume os dados de entrada do projeto do Sistema sobre Trilhos da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, contemplando-se as frotas operacionais, frota reserva, estações, extensão operacional e demanda.

Tabela 2: Definição dos serviços estudados para estimativa dos custos operacionais.

Linha	Itinerário	Frota Operacional	Frota Total (+5% Reserva)	Estações	Extensão (m)	Pátio	CCO	Headway	Velocidade Média	Volume Crítico	Ano	Vagões	Frequência	Freq máxima
METL1	Linha 1	Uruguai - General Osório	38	40	20	21.863	1	1	2,0	53.533	2017	6	35	30
METL2	Linha 2	Pavuna - Estácio - Carioca - Praça XV	37	39	20	28.549	1	1	2,4	49.767	2017	8	25	30
METL45a	Linha 4	Jardim Oceânico - Gávea	8	9	3	8.990	1	1	4,3	20.131	2017	6	14	30
METL4b	Linha 4*	Gávea - General Osório	3	4	4	4.493			8,0	7.659	2017	6	7,5	30
METL1	Linha 1	Uruguai - General Osório	38	40	20	21.863	1	1	2,0	51.065	2025	6	34	30
METL2	Linha 2	Pavuna - Araribóia	46	49	23	36.611	1	1	2,4	50.503	2025	8	25	30
METL3	Linha 3	Araribóia - Alcântara	9	10	12	14.776	1	1	6,0	14.789	2025	6	10	30
METL45a	Linha 4	Jardim Oceânico - Gávea	8	9	3	8.990	1	1	4,3	18.700	2025	6	13	30
METL4b	Linha 4*	Gávea - General Osório	3	4	4	4.493			8,0	7.776	2025	6	7,5	30
METL7	Linha 7	Pdt Vargas - Deodoro	31	33	18	25.684	1	1	2,6	46.671	2025	8	23	30
METL1	Linha 1	Uruguai - General Osório	38	40	20	21.863	1	1	2,0	57.560	2035	6	38	30
METL2	Linha 2	Pavuna - Araribóia	50	53	23	36.611	1	1	2,2	54.614	2035	8	27	30
METL3	Linha 3	Araribóia - Alcântara	13	14	12	14.776	1	1	4,3	20.727	2035	6	14	30
METL45b	Linha 4	Alvorada - Gávea - Carioca	14	15	16	23.892	1	1	5,5	15.535	2035	6	11	30
METL4b	Linha 4*	Gávea - General Osório	4	5	4	4.493			7,5	11.682	2035	6	8	30
METL6	Linha 6	Alvorada - Cocotá	17	18	21	32.169	1	1	6,0	14.985	2035	6	10	30
METL7	Linha 7	Pdt Vargas - Deodoro	31	33	18	25.684	1	1	2,6	46.597	2035	8	23	30
METL8	Linha 8	Gavea - Uruguai - Del Castilho	10	11	9	13.411	1	1	4,6	18.927	2035	6	13	30
METL1	Linha 1	Uruguai - General Osório	38	40	20	21.863	1	1	2,0	59.395	2045	6	39	30
METL2	Linha 2	Pavuna - Araribóia	56	59	23	36.611	1	1	2,0	60.360	2045	8	30	30
METL3	Linha 3	Araribóia - Alcântara	14	15	12	14.776	1	1	3,8	23.470	2045	6	16	30
METL45c	Linha 4	Recreio - Gávea - Carioca	26	28	25	35.593	1	1	4,3	20.401	2045	6	14	30
METL4b	Linha 4*	Gávea - General Osório	4	5	4	4.493			6,0	14.339	2045	6	10	30
METL6	Linha 6	Alvorada - Cocotá	18	19	21	32.169	1	1	5,5	15.562	2045	6	11	30
METL7	Linha 7	Deodoro Pres Vargas	33	35	18	25.684	1	1	2,4	50.176	2045	8	25	30
METL8	Linha 8	Gavea - Uruguai - Del Castilho	9	10	9	13.411	1	1	5,0	17.011	2045	6	12	30
METL9	Linha 9	Araribóia - Maravista	5	6	9	11.188	1	1	8,0	3.081	2045	6	7,5	30
METL12	Linha 12	Gavea - Uruguai - Av. Brasil	4	5	5	7.574	1	1	7,5	11.555	2045	6	8	30
METL12	Linha 12*	Gávea - Uruguai (excludente-L12&L8)			2	5.503					2045	6	0	30

Fonte: Consórcio, 2016.

Um elemento chave no dimensionamento dos custos operacionais futuros será a avaliação da possibilidade de utilização conjunta de recursos alocados para a operação de todo o sistema. Além deste ponto, existem definições sobre a rede futura que poderão afetar de forma substantiva o dimensionamento de custeio operacional do sistema. As definições mais relevantes para o presente relatório são:

- Considerou-se que cada linha possuirá um CCO independente. Cada CCO possui quatro assentos operacionais e um assento de supervisão. Caso exista uma consolidação do CCO das várias linhas do sistema, poderá ser possível otimizar a estrutura de controle das linhas, implicando em redução de custos de investimento e operação. Contudo, nota-se que um CCO que está dimensionado para atender apenas uma linha pode não possuir condições de atender outras linhas. Assim, a centralização do CCO de diversas linhas implica em economias de escala, não implica necessariamente em custo marginal zero.
- Custos administrativos também implicarão em custos marginais decrescentes conforme a mesma estrutura organizacional responsabilize-se pela gestão de mais de uma linha do sistema. Diversas funções diretivas e gerenciais poderão ser executadas por um mesmo profissional para mais de uma linha. Não obstante esta possibilidade, considerou-se que a estrutura administrativa de cada linha será independente para este primeiro estágio.
- Por fim, referindo-se aos custos com pátios, a junção das atividades de guarda e manutenção do material rodante de diversas linhas possibilita a racionalização da realização de investimentos e um decréscimo discreto no custo de operação em comparação à situação em que cada uma das linhas possui pátio independente. Deve-se tão somente notar que a estrutura de um pátio dedicado a um elevado número de composições requer uma vasta área de superfície disponível, além de resultar em aumento da complexidade operacional. No presente relatório considerou-se a alocação da frota de cada uma das linhas nos pátios conforme a tabela apresentada a seguir.

Tabela 3: Distribuição do material rodante de cada linha entre os pátios considerados

	Centro	Maria da Graça	Barra da Tijuca	Deodoro	Neves	Guaxindiba
Carros por pátio 2016	302	250	78	0	0	0
Carros por pátio 2025	318	314	78	264	30	30
Carros por pátio 2035	391	391	391	391	391	391
Carros por pátio 2045	424	378	312	280	81	45
Trens por pátio 2016	48	31	13	0	0	0
Trens por pátio 2025	50	39	13	33	5	5
Trens por pátio 2035	62	42	38	33	7	7
Trens por pátio 2045	67	47	52	35	14	8

Fonte: Consórcio, 2016.

Nas demais seções do presente relatório são apresentadas as projeções dos principais itens de custos de operação de cada uma das Linhas previstas para o sistema metropolitano sobre trilhos, subdivididos em:

- Custos de operação;
- Custos de manutenção;
- Custos com pátios;
- Custos de serviços terceirizados;
- Custos com despesas administrativas.

Os custos de operação compreendem os dispêndios necessários à produção do serviço de transporte, envolvendo custos dispendidos com, por exemplo, movimento dos trens, operação das estações e do centro de controle operacional e gestão da operação. Os custos de manutenção compreendem os custos com a manutenção preventiva e corretiva tanto do material rodante quanto da via permanente, dos sistemas, equipamentos auxiliares, instalações e equipamentos dos pátios de estacionamento e das estações e oficinas. Os custos de serviços terceirizados incluem serviços com limpeza, segurança, bilhetagem e operação de terminais, quando pertinente. Já os gastos com despesas administrativas consistem nos dispêndios com a equipe dotada de capacidade administrativa para assunção das principais funções administrativas e recursos financeiros para o custeio destas atividades.

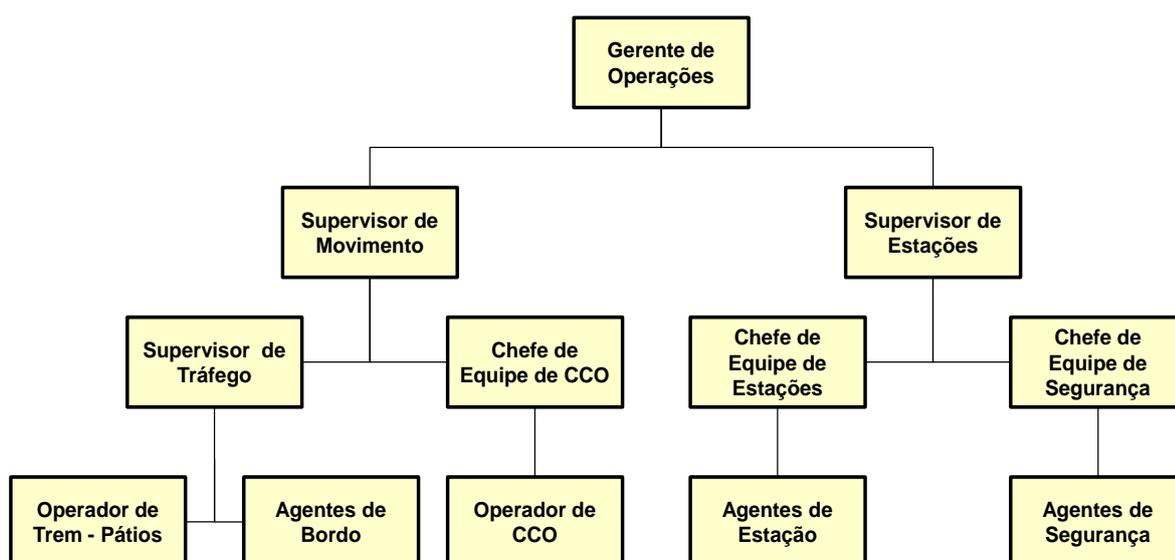
1 OPERAÇÃO

Os custos operacionais concentram-se nos custos com pessoal e energia. Em média o custo com energia corresponde a cerca de 33% do dispêndio total de uma determinada linha, enquanto o quadro de pessoal corresponde a 35%. Os 35% restantes correspondem a custos com terceiros, operação de pátio, materiais e outras despesas gerais. A seguir são detalhados os principais critérios para dimensionamento de cada um dos itens.

1.1. Pessoal Operacional

A estrutura organizacional da operação está centrada em duas supervisões, uma associada à movimentação de trens e outra associada às estações, conforme organograma apresentado a seguir.

Figura 1: Estrutura organizacional da operação sugerida para estimativa da equipe operacional



Fonte: Consórcio, 2016.

Um ponto a ser destacado é a inexistência de bilheteiros na estrutura proposta. A rede de transportes sobre trilhos deverá estar operacionalmente e financeiramente integrada aos demais modais de transportes da Região Metropolitana, o que implica na integração das atividades de produção e comercialização dos meios de viagens, arrecadação fiduciária, transporte e contabilidade de valores ao sistema do RioCard. Em contrapartida à execução destas atividades em favor do operador, o RioCard deve cobrar um percentual das receitas auferidas por cada uma das linhas que deve variar de 4,0% a 6,0%, a depender de questões como volume de recursos arrecadados e custos totais de prestação destes serviços.

Em relação aos postos de trabalho de pessoal próprio da Empresa Operadora, a premissa adotada é de que o sistema de alta capacidade possuirá estrutura operacional simplificada. Como exemplo, a simplicidade das estações faz com que não seja necessária a existência de mais de dois agentes por estação, bastando que alguns supervisores de estação estejam percorrendo periodicamente algumas delas a cada hora¹. Os seguranças, como exemplo, foram alocados como uma proporção do número de composições operacionais para que, atuando em duplas, os mesmos pudessem cobrir toda a linha com um contingente diminuto, utilizando os trens como meio de locomoção. Foram incluídos postos de trabalhos fixos nas estações como forma de garantir a integridade do sistema. A tabela a seguir apresenta os principais critérios utilizados para o dimensionamento dos postos de trabalho de cada uma das funções chave da operação.

Tabela 4: Principais critérios utilizados para dimensionamento dos postos de trabalho de cada função operacional

Função	Operador de Trem	Supervisor de Trem	Bilheteiro	Agente de Estação	Supervisor de Estação	Operador de CCO	Supervisor de CCO	Agente de Segurança	Agente de Segurança	Supervisor de Segurança	Agente de Segurança	Supervisor de Segurança
								Estações	Via	Via / Estações	Trens	Trens
	Frota Operação	Nº Postos Operadores	Nº Bilheterias	Passageiros Dia (3 - Peq; 4 - Méd; 5 - Gr)	Nº Estações	Nº Consoles	Mesa de Supervisão	Passageiros Dia	Quadro de Agentes	Quadro de Agentes	Frota Operação	Quadro de Agentes
Ref		10,00%		40.000		4	1	40.000	2 / 2	10,00%	50,00%	10,00%
				80.000				80.000				

Fonte: Consórcio, 2016.

A partir das referências apresentadas, dimensionou-se, para todos os cargos operacionais, o número de empregados necessários por posto de trabalho visando atender a um ciclo completo da operação diária, sendo este dimensionamento feito pelo pico de atendimento da demanda. A partir de então, estima-se a existência de três turnos de trabalho, na quase totalidade das funções com picos de demanda em dois deles. No terceiro turno de trabalho a necessidade de pessoal estabelecida como proporção dos horários de pico para as funções que

¹ Em sistemas de alta complexidade, há agentes exclusivamente dedicados às funções de elevadores, plataformas, escadas rolantes, bem como ao monitoramento do CFTV e sonorização de cada uma das estações. No caso em tela, a simplicidade do sistema em análise torna a existência de todas as funções desnecessária, sendo possível atribuir múltiplos papéis a operadores volantes.

assim o permitissem. Exceção é feita aos operadores e supervisores de centro de controle operacional (CCO), pelo fato de não ser possível reduzir o número de funcionários nesta função.

No dimensionamento dos postos de trabalho, considerou-se ainda a prática de turnos fixos de trabalho, com folgas concentradas, embora não exclusivamente, nos finais de semana, já que é composto por períodos de menor demanda. Assim, projetou-se o quadro de pessoal com base em 6 dias trabalhados para 1 de folga a cada semana. A partir do dimensionamento realizado para o número de funcionários físicos por posto de trabalho, somado ao adicional de custo por posto de trabalho vinculado ao pagamento das horas extras e do adicional noturno, chegamos ao número final de empregados equivalentes por posto de trabalho para cada uma das funções. O conceito de empregados equivalentes abrange o quantitativo físico e a oneração financeira determinada por horas extraordinárias e noturnas, representativo, desta forma, o custo relativo a cada um dos postos de trabalho.

Para a determinação do número de turnos equivalentes, as funções sofrem uma nova segmentação, separando-as em funções cujo dimensionamento é afetado pela oferta de serviços e funções nas quais isso não ocorre. No primeiro caso, os picos da manhã e da tarde obrigam a criação de dois turnos de trabalho pelo máximo da oferta de serviços, considerando a jornada de trabalho diária. Com isso, determina-se a existência de dois turnos em que para cada posto de trabalho instalado deve obrigatoriamente existir um empregado. No terceiro turno, com a redução da oferta, é possível reduzir proporcionalmente o número de trabalhadores.

Além do número primário de trabalhadores por posto, outros fatores são considerados para a determinação do número de empregados necessários por posto de trabalho. É considerada uma folga por semana, o que onera em 16,67% a necessidade de pessoal por turno equivalente (sete dias de ciclo/seis dias trabalhados).

Quanto ao período de descanso e refeição dentro da jornada, ajusta-se o quadro de pessoal em função do número de horas efetivamente trabalhadas por empregado. Com relação à férias anuais, considera-se que os empregados possuem direito a 1 mês de férias por ano. Isso indica a necessidade de um ajuste de 9,09% no quadro de pessoal (12 meses por ano/11 meses trabalhados). O absenteísmo abrange as ausências por quaisquer motivos. Adotou-se um índice comum a todas as funções de 3,00%. Para cursos e treinamento foram consideradas 40 horas anuais gastas por funcionários com custos e treinamento.

Parte da jornada de trabalho diária de cada posto é exercida no período noturno, o que determina um custo adicional de 25,00% em relação às demais horas. Outro fator a onerar o custo é o relativo às horas extras, quando as mesmas são necessárias. A tabela a seguir consolida os fatores de conversão de postos de trabalho em turnos físicos e turnos equivalentes.

Tabela 5: Fatores de conversão e estimativa do número de empregados por postos de trabalho

Funcionários Físicos por Posto de Trabalho	Operador de Trem	Supervisor de Trem	Bilheteiro	Agente de Estação	Supervisor de Estação	Operador de CCO	Supervisor de CCO	Agente de Segurança	Agente de Segurança	Supervisor de Segurança	Agente de Segurança	Supervisor de Segurança
Jornada de Trabalho Semanal (Horas)	39,2	44,0	44,0	44,0	44,0	36,0	36,0	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0
Dias Trabalhados por Semana (Nº)	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Jornada de Trabalho Diária (Horas Pagas)	8,00	7,33	7,33	7,33	7,33	6,00	6,00	7,33	7,33	7,33	7,33	7,33
Horas Não Trabalhadas por Dia (Refeição e Descanso)	2	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1
Horas Trabalhadas por Dia	6,00	6,67	6,67	6,67	6,67	5,75	5,75	6,67	6,67	6,67	6,67	6,67
Horas Pagas por Mês	196,00	220,00	220,00	220,00	220,00	180,00	180,00	220,00	220,00	220,00	220,00	220,00
Folgas por Semana (Dias)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Meses Trabalhados por Ano (Nº)	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Dias Úteis Equivalentes (Semana)	6,20	6,00	6,00	6,00	7,00	7,00	7,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Turnos de Trabalho	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3
Turnos de Trabalho com Pico	2	2	2	2	3	4	4	2	2	2	2	2
Turnos de Trabalho sem Pico	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1
Fator de Ajuste do Turno sem Pico	60,00%	60,00%	60,00%	30,00%	30,00%	30,00%	30,00%	30,00%	30,00%	30,00%	30,00%	30,00%
Turnos Equivalentes	0,10	2,60	2,60	2,30	3,00	4,00	4,00	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30
Ajuste do Quadro pelas Horas não Trabalhadas	33,33%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	4,35%	4,35%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%
Ajuste do Quadro pela Folga Semanal	42,86%	16,67%	16,67%	16,67%	16,67%	16,67%	16,67%	16,67%	16,67%	16,67%	16,67%	16,67%
Ajuste do Quadro pelas Férias Anuais	9,09%	9,09%	9,09%	9,09%	9,09%	9,09%	9,09%	9,09%	9,09%	9,09%	9,09%	9,09%
Ajuste por Absenteísmo	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%
40 Horas Anuais em Cursos / Treinamento	1,51%	1,51%	1,51%	1,51%	1,51%	1,51%	1,51%	1,51%	1,51%	1,51%	1,51%	1,51%
Reserva de Segurança	5,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	10,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Ajuste Total	128,12%	46,38%	46,38%	46,38%	46,38%	52,74%	38,86%	46,38%	46,38%	46,38%	46,38%	46,38%
Empregados por Posto de Trabalho	0,23	3,81	3,81	3,37	4,39	6,11	5,55	3,37	3,37	3,37	3,37	3,37
Funcionários Equivalentes por Posto de trabalho												
Adicional Noturno (% Acréscimo)												25,00%
Horas Noturnas por Dia (Turno sem Pico)	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Fator de Ajuste dos Custos por Trabalho Noturno	7,29%	7,29%	7,29%	7,29%	7,29%	7,29%	7,29%	7,29%	7,29%	7,29%	7,29%	7,29%
Horas Normais por Dia (Pagamento)	24,00	22,00	22,00	22,00	22,00	24,00	24,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
Horas Extras por Dia (Pagamento)	-	2,00	2,00	2,00	2,00	-	-	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Adicional por Horas Extras												50,00%
Fator de Ajuste dos Custos por Hora Extra	0,00%	13,64%	13,64%	13,64%	13,64%	0,00%	0,00%	13,64%	13,64%	13,64%	13,64%	13,64%
Ajuste Total (Trabalho Noturno + Hora Extra)	7,29%	20,93%	20,93%	20,93%	20,93%	7,29%	7,29%	20,93%	20,93%	20,93%	20,93%	20,93%
Empregados por Posto de Trabalho com Ajustes	0,24	4,60	4,60	4,07	5,31	6,56	5,96	4,07	4,07	4,07	4,07	4,07

Fonte: Consórcio, 2016.

Note-se, pela tabela acima, que duas funções convencionais não foram consideradas no âmbito do staff operacional: operadores de trem e postos de bilheteria.

A primeira função, referente aos operadores de trem, passou a ser suprimida em sistemas metroviários segregados devido à utilização generalizada de tecnologia *driverless* de material rodante. Nestes sistemas, os níveis de confiabilidade obtidos pelos sistemas de sinalização e comunicação, como ATO, permitem que a totalidade da operação seja realizada de forma automatizada, monitorada somente pelos postos de trabalho específicos localizados no CCO. Em linhas com vias não segregadas, é possível que seja necessária a alocação de operadores de trem, tendo em vista o risco de cruzamento de veículos, pedestres ou outros objetos perigosos pela via.

A segunda função não dimensionada, referente aos postos de bilheteria, são usualmente alocadas à gestora do meio de pagamento utilizado no sistema de transportes sobre trilhos, no caso em tela a Riocard. Assim, é possível suprimir uma função operacional onerosa, porém será necessário avaliar futuramente qual será o custo com o sistema de bilhetagem, arrecadação e transferência de recursos realizado pela Riocard.

A combinação dos critérios de dimensionamento de postos de trabalho acima destacado com os parâmetros operacionais das linhas permite avaliar o número de funcionários por linha do sistema, como apresentado na tabela a seguir.

Tabela 6: Dimensionamento do número de funcionários por linha do sistema para estimativa dos custos operacionais – Horizonte 2020

Dimensionamento e Custos de Pessoal	Cenário Base			
	Linha 1	Linha 2	Linha 4	Linha 4*
	Uruguai - General Osório	Pavuna - Estácio - Carioca - Praça XV	Jardim Oceânico - Gávea	Gávea - General Osório
Dimensionamento Físico de Pessoal				
Supervisor de Tráfego	15	15	4	2
Supervisor de Estação	89	89	14	19
Supervisor de Segurança - Via e Estações	15	15	5	4
Supervisor de Segurança - Trens	14	14	4	2
Supervisor de CCO	6	6	6	0
Operador de CCO	26	26	26	0
Agentes de Segurança - Via e Estações	139	139	43	31
Agentes de Segurança - Trens	129	125	28	11
Operador de Trem	10	10	2	1
Agentes de Estação	119	119	43	28
Total de Funcionários Físicos	562	558	175	98
Funcionários Equivalentes				
Supervisor de Tráfego	18	18	4	2
Supervisor de Estação	107	107	16	22
Supervisor de Segurança - Via e Estações	17	17	6	4
Supervisor de Segurança - Trens	16	16	4	2
Supervisor de CCO	6	6	6	0
Operador de CCO	27	27	27	0
Agentes de Segurança - Via e Estações	167	167	51	37
Agentes de Segurança - Trens	155	151	33	13
Operador de Trem	10	10	2	1
Agentes de Estação	143	143	51	33
Total de Funcionários Equivalentes	666	662	200	114

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 7: Dimensionamento do número de funcionários por linha do sistema para estimativa dos custos operacionais – Horizonte 2025

Dimensionamento e Custos de Pessoal	Cenário 2025					
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 4*	Linha 7
	Uruguai - General Osório	Pavuna - Arariboia	Arariboia - Alcântara	Jardim Oceânico - Gávea	Gávea - General Osório	Pres. Vargas - Deodoro
Dimensionamento Físico de Pessoal						
Supervisor de Tráfego	15	19	5	4	2	13
Supervisor de Estação	89	102	53	14	19	80
Supervisor de Segurança - Via e Estações	15	16	10	5	4	14
Supervisor de Segurança - Trens	14	16	4	4	2	11
Supervisor de CCO	6	6	6	6	0	6
Operador de CCO	26	26	26	26	0	26
Agentes de Segurança - Via e Estações	139	154	99	43	31	129
Agentes de Segurança - Trens	129	156	31	28	11	106
Operador de Trem	10	12	3	2	1	8
Agentes de Estação	119	130	88	43	28	111
Total de Funcionários Físicos	562	637	325	175	98	504
Funcionários Equivalentes						
Supervisor de Tráfego	18	22	5	4	2	15
Supervisor de Estação	107	123	64	16	22	96
Supervisor de Segurança - Via e Estações	17	19	12	6	4	16
Supervisor de Segurança - Trens	16	19	4	4	2	13
Supervisor de CCO	6	6	6	6	0	6
Operador de CCO	27	27	27	27	0	27
Agentes de Segurança - Via e Estações	167	186	119	51	37	155
Agentes de Segurança - Trens	155	188	37	33	13	127
Operador de Trem	10	12	3	2	1	8
Agentes de Estação	143	157	106	51	33	134
Total de Funcionários Equivalentes	666	759	383	200	114	597

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 8: Dimensionamento do número de funcionários por linha do sistema para estimativa dos custos operacionais – Horizonte 2035

Dimensionamento e Custos de Pessoal	Cenário 2035							
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 4*	Linha 6	Linha 7	Linha 8
	Uruguai - General Osório	Pavuna - Arariboia	Arariboia - Alcântara	Alvorada - Gávea - Carioca	Gávea - General Osório	Alvorada - Cocotá	Pres. Vargas - Deodoro	Gávea - Uruguai - Del Castilho
Dimensionamento Físico de Pessoal								
Supervisor de Tráfego	15	20	5	6	2	7	13	5
Supervisor de Estação	89	102	53	71	19	93	80	40
Supervisor de Segurança - Via e Estações	15	16	10	13	4	15	14	8
Supervisor de Segurança - Trens	14	18	5	5	2	6	11	5
Supervisor de CCO	6	6	6	6	0	6	6	6
Operador de CCO	26	26	26	26	0	26	26	26
Agentes de Segurança - Via e Estações	139	154	99	119	31	144	129	73
Agentes de Segurança - Trens	129	169	44	48	15	58	106	34
Operador de Trem	10	13	4	4	1	5	8	3
Agentes de Estação	119	130	88	104	28	123	111	66
Total de Funcionários Físicos	562	654	340	402	102	483	504	266
Funcionários Equivalentes								
Supervisor de Tráfego	18	24	6	7	2	8	15	5
Supervisor de Estação	107	123	64	85	22	112	96	48
Supervisor de Segurança - Via e Estações	17	19	12	15	4	18	16	9
Supervisor de Segurança - Trens	16	21	6	6	2	7	13	5
Supervisor de CCO	6	6	6	6	0	6	6	6
Operador de CCO	27	27	27	27	0	27	27	27
Agentes de Segurança - Via e Estações	167	186	119	143	37	174	155	88
Agentes de Segurança - Trens	155	204	53	57	17	70	127	41
Operador de Trem	10	13	4	4	1	5	8	3
Agentes de Estação	143	157	106	125	33	148	134	79
Total de Funcionários Equivalentes	666	780	403	475	118	575	597	311

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 9: Dimensionamento do número de funcionários por linha do sistema para estimativa dos custos operacionais – Horizonte 2045

Dimensionamento e Custos de Pessoal	Cenário 2045										
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 4*	Linha 6	Linha 7	Linha 8	Linha 9	Linha 12	Linha 12*
	Uruguai - General Osório	Pavuna - Arariboia	Arariboia - Alcântara	Recreio - Gávea - Carioca	Gávea - General Osório	Alvorada - Cocotá	Deodoro Pres Vargas	Gávea - Uruguai - Del Castilho	Arariboia - Maravista	Gávea - Uruguai - Av. Brasil	Gávea - Uruguai (excludente-L12&L8)
Dimensionamento Físico de Pessoal											
Supervisor de Tráfego	15	22	6	10	2	8	14	5	3	2	0
Supervisor de Estação	89	102	53	110	19	93	80	40	40	23	10
Supervisor de Segurança - Via e Estações	15	16	10	17	4	15	14	8	8	6	3
Supervisor de Segurança - Trens	14	20	5	10	2	7	12	4	3	2	0
Supervisor de CCO	6	6	6	6	0	6	6	6	6	6	0
Operador de CCO	26	26	26	26	0	26	26	26	26	26	0
Agentes de Segurança - Via e Estações	139	154	99	164	31	144	129	73	73	53	18
Agentes de Segurança - Trens	129	189	48	88	15	62	112	31	18	15	0
Operador de Trem	10	14	4	7	1	5	9	3	2	1	0
Agentes de Estação	119	130	88	138	28	123	111	66	66	50	16
Total de Funcionários Físicos	562	679	345	576	102	489	513	262	245	184	47
Funcionários Equivalentes											
Supervisor de Tráfego	18	26	7	12	2	9	16	5	3	2	0
Supervisor de Estação	107	123	64	133	22	112	96	48	48	27	11
Supervisor de Segurança - Via e Estações	17	19	12	20	4	18	16	9	9	7	3
Supervisor de Segurança - Trens	16	23	6	11	2	8	14	4	3	2	0
Supervisor de CCO	6	6	6	6	0	6	6	6	6	6	0
Operador de CCO	27	27	27	27	0	27	27	27	27	27	0
Agentes de Segurança - Via e Estações	167	186	119	198	37	174	155	88	88	64	21
Agentes de Segurança - Trens	155	228	57	106	17	74	135	37	21	17	0
Operador de Trem	10	14	4	7	1	5	9	3	2	1	0
Agentes de Estação	143	157	106	166	33	148	134	79	79	60	19
Total de Funcionários Equivalentes	666	809	408	686	118	581	608	306	286	213	54

Fonte: Consórcio, 2016.

A partir do dimensionamento do quadro físico e financeiro (funcionários equivalentes), o custo com pessoal foi determinado pela aplicação dos salários. Os valores salariais terão como referência os valores atuais praticados pelo mercado em funções similares, uma vez que já existe uma prática salarial estabelecida no Metrô do Rio de Janeiro e na Supervias. A tabela abaixo apresenta esses valores salariais por categoria.

Tabela 10: Salários por categoria

Staff Operacional	Salário Nominal	Benefícios Mensais	Custos Indiretos	Custo total mensal
Operador de Trem	4.140,00	850,00	48,0%	6.977,20
Supervisor de Tráfego	7.173,50	850,00	48,0%	11.466,79
Agente de Estação	2.760,00	850,00	48,0%	4.934,80
Supervisor de Estação	4.830,00	850,00	48,0%	7.998,40
Operador de CCO	7.245,00	850,00	48,0%	11.572,60
Supervisor de CCO	9.430,00	850,00	48,0%	14.806,40
Agente de Segurança	4.370,00	850,00	48,0%	7.317,60
Supervisor de Segurança	7.130,00	850,00	48,0%	11.402,40

Fonte: Tabela do Sindicato dos Metroviários SP - 2012 / 2013

A tabela a seguir resume o custo total com pessoal de operação para cada uma das linhas planejadas e por categoria.

Tabela 11: Estimativa de custo de pessoal – Ano horizonte 2020.

Dimensionamento e Custos de Pessoal	Cenário Base			
	Linha 1	Linha 2	Linha 4	Linha 4*
	Uruguai - General Osório	Pavuna - Estácio - Carioca - Praça XV	Jardim Oceânico - Gávea	Gávea - General Osório
Custo Médio Mensal	4.971.524	4.942.254	1.569.472	803.018
Custo por Categoria				
Supervisor de Tráfego	206.402	206.402	45.867	22.934
Supervisor de Estação	855.829	855.829	127.974	175.965
Supervisor de Segurança - Via e Estações	193.841	193.841	68.414	45.610
Supervisor de Segurança - Trens	182.438	182.438	45.610	22.805
Supervisor de CCO	88.838	88.838	88.838	0
Operador de CCO	312.460	312.460	312.460	0
Agentes de Segurança - Via e Estações	1.222.039	1.222.039	373.198	270.751
Agentes de Segurança - Trens	1.134.228	1.104.958	241.481	95.129
Operador de Trem	69.772	69.772	13.954	6.977
Agentes de Estação	705.676	705.676	251.675	162.848

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 12: Estimativa de custo de pessoal – Ano horizonte 2025.

Dimensionamento e Custos de Pessoal	Cenário 2025					
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 4*	Linha 7
	Uruguai - General Osório	Pavuna - Arariboia	Arariboia - Alcântara	Jardim Oceânico - Gávea	Gávea - General Osório	Pres. Vargas - Deodoro
Custo Médio Mensal	4.971.524	5.665.935	2.838.535	1.569.472	803.018	4.452.460
Custo por Categoria						
Supervisor de Tráfego	206.402	252.269	57.334	45.867	22.934	172.002
Supervisor de Estação	855.829	983.803	511.898	127.974	175.965	767.846
Supervisor de Segurança - Via e Estações	193.841	216.646	136.829	68.414	45.610	182.438
Supervisor de Segurança - Trens	182.438	216.646	45.610	45.610	22.805	148.231
Supervisor de CCO	88.838	88.838	88.838	88.838	0	88.838
Operador de CCO	312.460	312.460	312.460	312.460	0	312.460
Agentes de Segurança - Via e Estações	1.222.039	1.361.074	870.794	373.198	270.751	1.134.228
Agentes de Segurança - Trens	1.134.228	1.375.709	270.751	241.481	95.129	929.335
Operador de Trem	69.772	83.726	20.932	13.954	6.977	55.818
Agentes de Estação	705.676	774.764	523.089	251.675	162.848	661.263

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 13: Estimativa de custo de pessoal – Ano horizonte 2035.

Dimensionamento e Custos de Pessoal	Cenário 2035							
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 4*	Linha 6	Linha 7	Linha 8
	Uruguai - General Osório	Pavuna - Arariboia	Arariboia - Alcântara	Alvorada - Gávea - Carioca	Gávea - General Osório	Alvorada - Cocotá	Pres. Vargas - Deodoro	Gávea - Uruguai - Del Castilho
Custo Médio Mensal	4.971.524	5.835.732	2.996.865	3.509.159	832.289	4.224.644	4.452.460	2.356.941
Custo por Categoria								
Supervisor de Tráfego	206.402	275.203	68.801	80.268	22.934	91.734	172.002	57.334
Supervisor de Estação	855.829	983.803	511.898	679.864	175.965	895.821	767.846	383.923
Supervisor de Segurança - Via e Estações	193.841	216.646	136.829	171.036	45.610	205.243	182.438	102.622
Supervisor de Segurança - Trens	182.438	239.450	68.414	68.414	22.805	79.817	148.231	57.012
Supervisor de CCO	88.838	88.838	88.838	88.838	0	88.838	88.838	88.838
Operador de CCO	312.460	312.460	312.460	312.460	0	312.460	312.460	312.460
Agentes de Segurança - Via e Estações	1.222.039	1.361.074	870.794	1.046.417	270.751	1.273.262	1.134.228	643.949
Agentes de Segurança - Trens	1.134.228	1.492.790	387.833	417.103	124.399	512.232	929.335	300.022
Operador de Trem	69.772	90.704	27.909	27.909	6.977	34.886	55.818	20.932
Agentes de Estação	705.676	774.764	523.089	616.850	162.848	730.350	661.263	389.849

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 14: Estimativa de custo de pessoal – Ano horizonte 2045.

Dimensionamento e Custos de Pessoal	Cenário 2045										
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 4*	Linha 6	Linha 7	Linha 8	Linha 9	Linha 12	Linha 12*
	Uruguai - General Osório	Pavuna - Arariboia	Arariboia - Alcântara	Recreio - Gávea - Carioca	Gávea - General Osório	Alvorada - Cocotá	Deodoro Pres Vargas	Gávea - Uruguai - Del Castilho	Arariboia - Maravista	Gávea - Uruguai - Av. Brasil	Gávea - Uruguai (excludente-L12&L8)
Custo Médio Mensal	4.971.524	5.905.675	3.126.330	5.130.139	832.289	4.358.194	4.651.528	2.356.941	2.187.143	1.726.989	369.620
Custo por Categoria											
Supervisor de Tráfego	206.402	275.203	91.734	149.068	22.934	114.668	194.935	57.334	34.400	34.400	0
Supervisor de Estação	855.829	983.803	511.898	1.063.787	175.965	895.821	767.846	383.923	383.923	215.957	87.982
Supervisor de Segurança - Via e Estações	193.841	216.646	136.829	228.048	45.610	205.243	182.438	102.622	102.622	79.817	34.207
Supervisor de Segurança - Trens	182.438	250.853	79.817	136.829	22.805	102.622	171.036	57.012	34.207	34.207	0
Supervisor de CCO	88.838	88.838	88.838	88.838	0	88.838	88.838	88.838	88.838	88.838	0
Operador de CCO	312.460	312.460	312.460	312.460	0	312.460	312.460	312.460	312.460	312.460	0
Agentes de Segurança - Via e Estações	1.222.039	1.361.074	870.794	1.448.885	270.751	1.273.262	1.134.228	643.949	643.949	468.326	153.670
Agentes de Segurança - Trens	1.134.228	1.551.331	482.962	834.206	124.399	600.043	1.075.687	300.022	182.940	182.940	0
Operador de Trem	69.772	90.704	27.909	48.840	6.977	34.886	62.795	20.932	13.954	13.954	0
Agentes de Estação	705.676	774.764	523.089	819.177	162.848	730.350	661.263	389.849	389.849	296.088	93.761

Fonte: Consórcio, 2016.

1.2. Energia

Os custos de energia de tração são calculados de acordo com a demanda de energia contratada junto a companhia fornecedora e com o consumo projetado em função da operação dos trens. Para cálculo da demanda de energia de tração, estima-se a contratação de 105% do consumo de pico, medido em MW.

Para cálculo do consumo de energia de tração dispendido em decorrência do movimento dos trens, estima-se, inicialmente, o número de horas operadas pelo material rodante em cada uma das faixas horárias de um dia útil (composto por horas de pico, entrepico do meio dia, horas de baixa demanda e horas para abertura e fechamento); um sábado (composto por horas de pico, de entrepico do meio dia, de vale manhã, de vale da tarde e para abertura e fechamento), e; um domingo ou feriado (baixa demanda). Posteriormente, define-se o headway dos trens, em minutos, para cada período de operação. A soma do produto entre o número de trens em operação em cada uma das faixas horárias, dimensionado a partir do headway, e a quantidade de horas que compõe cada uma dessas faixas resulta no indicador de ciclos de trem ofertados no dia pelo sistema. Conhecida a extensão de cada trecho, calcula-se então a quilometragem percorrida para cada dia de operação. Por fim, o indicador de consumo médio por veículo é obtido a partir das especificações de quilometragem percorrida dividido pela velocidade média de operação das linhas para cada dia avaliado (dia útil, sábado e domingo e feriados).

A expansão deste resultado em valores mensais decorre da aplicação de fatores de expansão calculados com base na informação do número de cada tipo de dia que compõe o mês: 21 dias úteis, 4,3 sábados e 5,1 domingos e feriados. Já a anualização destes valores decorre da multiplicação dos valores mensais pelo número de meses no ano.

O consumo energético das composições de seis vagões foi estimado em 1100 kW/h, com base em informações (...). Em consequência, para as composições de 8 vagões, estimou-se o consumo de 1467 kW/h. Já para o consumo com estações, pátio e estacionamento, centro administrativo e CCO, estima-se o correspondente a um acréscimo de 20% sobre energia dispendida para tração.

Para projeção do custo anual, levou-se em conta a variação da tarifa de energia elétrica tanto ao longo do dia (horário pico e fora de horário de pico) quanto os períodos seco e úmido, cada qual representando 6 meses dentro de um ano. Os valores foram baseados na tabela tarifária vigente da (...). Neste contexto, definiu-se como preço médio de R\$ 0,38172 por kW/h

As tabelas a seguir sintetizam, para cada ano horizonte, toda a construção do modelo orçamentário quanto aos custos de energia aplicado neste projeto metroviário.

Tabela 15: Estimativa de custo de energia – Ano Horizonte 2020.

Custos de Operação - Energia	Cenário Base			
	Linha 1	Linha 2	Linha 4	Linha 4*
	Uruguai - General Osório	Pavuna - Estácio - Carioca - Praça XV	Jardim Oceânico - Gávea	Gávea - General Osório
Dados Operacionais				
Dias Úteis				
Horas de Pico (6 - 8 e 17 - 19)	4	4	4	4

Custos de Operação - Energia	Cenário Base				
		Linha 1	Linha 2	Linha 4	Linha 4*
		Uruguai - General Osório	Pavuna - Estácio - Carioca - Praça XV	Jardim Oceânico - Gávea	Gávea - General Osório
Entrepico do Meio Dia (11 - 13)		2	2	2	2
Horário de Baixa Demanda		11	11	11	11
Hora de Abertura (4:30 - 6 - 23:00 - 0:30)		3	3	3	3
Horas Totais por Dia		20	20	20	20
Headway nas Horas de Pico (Minutos)	D	2,0	2,4	4,3	8,0
Headway no Entrepico do Meio Dia (Minutos)	90%	3,0	3,0	5,0	9,0
Headway nas Horas de Vale (Minutos)	70%	3,0	4,0	6,0	11,0
Headway na Hora de Abertura (Minutos)	50%	3,0	4,0	7,0	12,0
Sábados					
Horas de Pico (6 a 8)		2	2	2	2
Entrepico do Meio Dia (11 - 13)		2	2	2	2
Horário de Vale da Manhã (8 a 11)		3	3	3	3
Hora de Abertura (5 - 6)		1	1	1	1
Horário de Vale da Tarde (13 a 23:00)		10	10	10	10
Horas Totais por Dia	D	18	18	18	18
Headway nas Horas de Pico (Minutos)	80%	3,0	3,0	6,0	10,0
Headway no Entrepico do Meio dia (Minutos)	80%	4,0	4,0	6,0	11,0
Headway nas Horas de Vale da Manhã (Minutos)	80%	4,0	5,0	8,0	14,0
Headway na Hora de Abertura (Minutos)	80%	4,0	5,0	9,0	15,0
Headway nas Horas de Vale da Tarde (Minutos)	80%	4,0	5,0	8,0	14,0
Domingos e Feriados					
Horário de Funcionamento (6:00 a 22:30)	D	16,5	16,5	16,5	16,5
Headway	35%	4,0	4,0	8,0	14,0
Dias Úteis por Mês		20,99	20,99	20,99	20,99
Sábados por Mês		4,35	4,35	4,35	4,35
Domingos e Feriados por Mês		5,10	5,10	5,10	5,10
Indicadores Operativos					
Ciclos de Trem por Dia Útil		440	350	216	119
Quilômetros Percorridos por Dia Útil		19.239	19.984	3.884	1.069
Ciclos de Trem por Sábado		280	238	145	83
Quilômetros Percorridos por Sábado		12.243	13.589	2.607	746
Ciclos de Trem por Domingo		248	248	124	71
Quilômetros Percorridos por Domingo		10.844	14.160	2.230	638
Quilômetros Percorridos ao Mês		512.378	550.773	104.225	28.942
Extensão do Trecho (km)		21,86	28,55	8,99	4,49
Horas Percorridos por Mês		13.280	12.942	2.284	743
Consumo por Trem (Kw/h)		1100	1467	1100	1100
Consumo Total mensal de Energia de Tração (kw*h)		14.607.571	18.981.797	2.512.015	816.882
Preço Médio por Kw/h (R\$)		0,38172	0,38172	0,38172	0,38172
Custos com Energia de Tração/Mês		5.576.002	7.245.732	958.886	311.820
Custos com Outros	20%				
Custo Total com Energia		6.970.003	9.057.164	1.198.608	389.775
Consumo Total de Energia		18.259.464	23.727.246	3.140.019	1.021.102
Percentual da Energia Consumida na Hora Pico		7,2%	7,1%	6,9%	6,8%

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 16: Estimativa de custo de energia – Ano Horizonte 2025.

Custos de Operação - Energia	Cenário 2025						
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 4*	Linha 7	
	Uruguai - General Osório	Pavuna - Arariboia	Arariboia - Alcântara	Jardim Oceânico - Gávea	Gávea - General Osorio	Pres. Vargas - Deodoro	
Dados Operacionais							
Dias Úteis							
Horas de Pico (6 - 8 e 17 - 19)		4	4	4	4	4	
Entrepico do Meio Dia (11 - 13)		2	2	2	2	2	
Horário de Baixa Demanda		11	11	11	11	11	
Hora de Abertura (4:30 - 6 - 23:00 - 0:30)		3	3	3	3	3	
Horas Totais por Dia		20	20	20	20	20	
Headway nas Horas de Pico (Minutos)	D	2,0	2,4	6,0	4,3	8,0	2,6
Headway no Entrepico do Meio Dia (Minutos)	90%	3,0	3,0	7,0	5,0	9,0	3,0
Headway nas Horas de Vale (Minutos)	70%	3,0	4,0	8,0	6,0	11,0	4,0
Headway na Hora de Abertura (Minutos)	50%	3,0	4,0	9,0	7,0	12,0	4,0
Sábados							
Horas de Pico (6 a 8)		2	2	2	2	2	
Entrepico do Meio Dia (11 - 13)		2	2	2	2	2	
Horário de Vale da Manhã (8 a 11)		3	3	3	3	3	
Hora de Abertura (5 - 6)		1	1	1	1	1	
Horário de Vale da Tarde (13 a 23:00)		10	10	10	10	10	
Horas Totais por Dia	D	18	18	18	18	18	
Headway nas Horas de Pico (Minutos)	80%	3,0	3,0	8,0	6,0	10,0	4,0
Headway no Entrepico do Meio dia (Minutos)	80%	4,0	4,0	9,0	6,0	11,0	4,0
Headway nas Horas de Vale da Manhã (Minutos)	80%	4,0	5,0	10,0	8,0	14,0	5,0
Headway na Hora de Abertura (Minutos)	80%	4,0	5,0	11,0	9,0	15,0	5,0
Headway nas Horas de Vale da Tarde (Minutos)	80%	4,0	5,0	10,0	8,0	14,0	5,0
Domingos e Feriados							
Horário de Funcionamento (6:00 a 22:30)	D	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	
Headway	35%	4,0	4,0	10,0	8,0	14,0	5,0
Dias Úteis por Mês		20,99	20,99	20,99	20,99	20,99	
Sábados por Mês		4,35	4,35	4,35	4,35	4,35	
Domingos e Feriados por Mês		5,10	5,10	5,10	5,10	5,10	
Indicadores Operativos							
Ciclos de Trem por Dia Útil		440	350	160	216	119	342
Quilômetros Percorridos por Dia Útil		19.239	25.628	4.728	3.884	1.069	17.568
Ciclos de Trem por Sábado		280	238	112	145	83	228
Quilômetros Percorridos por Sábado		12.243	17.427	3.310	2.607	746	11.712
Ciclos de Trem por Domingo		248	248	99	124	71	198
Quilômetros Percorridos por Domingo		10.844	18.159	2.926	2.230	638	10.171
Quilômetros Percorridos ao Mês		512.378	706.307	128.560	104.225	28.942	471.547
Extensão do Trecho (km)		21,86	36,61	14,78	8,99	4,49	25,68
Horas Percorridos por Mês		13.280	16.434	3.025	2.284	743	10.785
Consumo por Trem (Kw/h)		1100	1467	1100	1100	1100	1467
Consumo Total mensal de Energia de Tração (kw*h)		14.607.571	24.103.517	3.327.779	2.512.015	816.882	15.817.273
Preço Médio por Kw/h (R\$)		0,38172	0,38172	0,38172	0,38172	0,38172	0,38172
Custos com Energia de Tração/Mês		5.576.002	9.200.794	1.270.280	958.886	311.820	6.037.769
Custos com Outros	20%						

Custos de Operação - Energia	Cenário 2025					
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 4*	Linha 7
	Uruguai - General Osório	Pavuna - Arariboia	Arariboia - Alcântara	Jardim Oceânico - Gávea	Gávea - General Osório	Pres. Vargas - Deodoro
Custo Total com Energia	6.970.003	11.500.993	1.587.850	1.198.608	389.775	7.547.212
Consumo Total de Energia	18.259.464	30.129.396	4.159.724	3.140.019	1.021.102	19.771.591
Percentual da Energia Consumida na Hora Pico	7,2%	7,1%	6,8%	6,9%	6,8%	7,0%

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 17: Estimativa de custo de energia – Ano Horizonte 2035.

Custos de Operação - Energia		Cenário 2035							
		Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 4*	Linha 6	Linha 7	Linha 8
		Uruguai - General Osório	Pavuna - Arariboia	Arariboia - Alcântara	Alvorada - Gávea - Carioca	Gávea - General Osório	Alvorada - Cocotá	Pres. Vargas - Deodoro	Gávea - Uruguai - Del Castilho
Dados Operacionais									
Dias Úteis									
Horas de Pico (6 - 8 e 17 - 19)		4	4	4	4	4	4	4	4
Entrepico do Meio Dia (11 - 13)		2	2	2	2	2	2	2	2
Horário de Baixa Demanda		11	11	11	11	11	11	11	11
Hora de Abertura (4:30 - 6 - 23:00 - 0:30)		3	3	3	3	3	3	3	3
Horas Totais por Dia		20	20	20	20	20	20	20	20
Headway nas Horas de Pico (Minutos)		D 2,0	2,2	4,3	5,5	7,5	6,0	2,6	4,6
Headway no Entrepico do Meio Dia (Minutos)		90% 3,0	3,0	5,0	6,0	9,0	7,0	3,0	6,0
Headway nas Horas de Vale (Minutos)		70% 3,0	3,0	6,0	8,0	10,0	8,0	4,0	6,0
Headway na Hora de Abertura (Minutos)		50% 3,0	4,0	7,0	9,0	12,0	9,0	4,0	7,0
Sábados									
Horas de Pico (6 a 8)		2	2	2	2	2	2	2	2
Entrepico do Meio Dia (11 - 13)		2	2	2	2	2	2	2	2
Horário de Vale da Manhã (8 a 11)		3	3	3	3	3	3	3	3
Hora de Abertura (5 - 6)		1	1	1	1	1	1	1	1
Horário de Vale da Tarde (13 a 23:00)		10	10	10	10	10	10	10	10
Horas Totais por Dia		D 18	18	18	18	18	18	18	18
Headway nas Horas de Pico (Minutos)		80% 3,0	3,0	6,0	7,0	9,0	8,0	4,0	6,0
Headway no Entrepico do Meio dia (Minutos)		80% 4,0	4,0	6,0	8,0	11,0	9,0	4,0	8,0
Headway nas Horas de Vale da Manhã (Minutos)		80% 4,0	4,0	8,0	10,0	12,0	10,0	5,0	8,0
Headway na Hora de Abertura (Minutos)		80% 4,0	5,0	9,0	11,0	15,0	11,0	5,0	9,0
Headway nas Horas de Vale da Tarde (Minutos)		80% 4,0	4,0	8,0	10,0	12,0	10,0	5,0	8,0
Domingos e Feriados									

Custos de Operação - Energia		Cenário 2035							
		Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 4*	Linha 6	Linha 7	Linha 8
		Uruguai - General Osório	Pavuna - Arariboia	Arariboia - Alcântara	Alvorada - Gávea - Carioca	Gávea - General Osório	Alvorada - Cocotá	Pres. Vargas - Deodoro	Gávea - Uruguai - Del Castilho
Horário de Funcionamento (6:00 a 22:30)	D	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5
Headway	35%	4,0	4,0	8,0	9,0	13,0	10,0	5,0	8,0
Dias Úteis por Mês		20,99	20,99	20,99	20,99	20,99	20,99	20,99	20,99
Sábados por Mês		4,35	4,35	4,35	4,35	4,35	4,35	4,35	4,35
Domingos e Feriados por Mês		5,10	5,10	5,10	5,10	5,10	5,10	5,10	5,10
Indicadores Operativos									
Ciclos de Trem por Dia Útil		440	413	216	167	127	160	342	208
Quilômetros Percorridos por Dia Útil		19.239	28.274	7.083	8.566	1.141	11.202	19.230	6.143
Ciclos de Trem por Sábado		280	277	145	116	94	112	228	140
Quilômetros Percorridos por Sábado		12.243	18.963	4.755	5.950	845	7.842	12.820	4.135
Ciclos de Trem por Domingo		248	248	124	110	77	99	198	124
Quilômetros Percorridos por Domingo		10.844	16.978	4.066	5.642	692	6.931	11.133	3.662
Quilômetros Percorridos ao Mês		512.378	762.516	190.087	234.450	31.156	304.582	516.161	165.599
Extensão do Trecho (km)		21,86	34,23	16,40	25,65	4,49	35,01	28,11	14,77
Horas Percorridos por Mês		13.280	17.742	4.473	5.313	799	6.863	11.805	3.675
Consumo por Trem (Kw/h)		1100	1467	1100	1100	1100	1100	1467	1100
Consumo Total mensal de Energia de Tração (kw*h)		14.607.571	26.021.704	4.920.404	5.844.752	879.362	7.549.227	17.313.768	4.043.009
Preço Médio por Kw/h (R\$)		0,38172	0,38172	0,38172	0,38172	0,38172	0,38172	0,38172	0,38172
Custos com Energia de Tração/Mês		5.576.002	9.933.005	1.878.217	2.231.059	335.670	2.881.691	6.609.011	1.543.298
Custos com Outros	20%								
Custo Total com Energia		6.970.003	12.416.256	2.347.771	2.788.824	419.588	3.602.114	8.261.264	1.929.122
Consumo Total de Energia		18.259.464	32.527.129	6.150.505	7.305.940	1.099.203	9.436.534	21.642.210	5.053.762
Percentual da Energia Consumida na Hora Pico		7,2%	7,0%	6,9%	6,9%	6,7%	6,8%	7,0%	6,7%

Fonte: Consórcio, 2016.

Custos de Operação - Energia		Cenário 2045										
		Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 4*	Linha 6	Linha 7	Linha 8	Linha 9	Linha 12	Linha 12*
		Uruguai - General Osório	Pavuna - Arariboia	Arariboia - Alcântara	Recreio - Gávea - Carioca	Gávea - General Osório	Alvorada - Cocotá	Deodoro Pres. Vargas	Gávea - Uruguai - Del Castilho	Arariboia - Maravista	Gávea - Uruguai - Av. Brasil	Gávea - Uruguai (excluyente-L12&L8)
Headway	35%	4,0	4,0	7,0	8,0	10,0	9,0	4,0	9,0	14,0	13,0	0,0
Dias Úteis por Mês		20,99	20,99	20,99	20,99	20,99	20,99	20,99	20,99	20,99	20,99	20,99
Sábados por Mês		4,35	4,35	4,35	4,35	4,35	4,35	4,35	4,35	4,35	4,35	4,35
Domingos e Feriados por Mês		5,10	5,10	5,10	5,10	5,10	5,10	5,10	5,10	5,10	5,10	5,10
Indicadores Operativos												
Ciclos de Trem por Dia Útil		440	440	250	216	160	167	350	185	119	127	0
Quilômetros Percorridos por Dia Útil		19.239	30.122	8.198	16.659	1.438	11.692	19.680	5.464	2.963	3.494	0
Ciclos de Trem por Sábado		280	280	182	145	112	116	238	128	83	94	0
Quilômetros Percorridos por Sábado		12.243	19.169	5.968	11.183	1.006	8.122	13.382	3.780	2.066	2.586	0
Ciclos de Trem por Domingo		248	248	142	124	99	110	248	110	71	77	0
Quilômetros Percorridos por Domingo		10.844	16.978	4.656	9.564	890	7.702	13.945	3.249	1.768	2.118	0
Quilômetros Percorridos ao Mês		512.378	802.209	221.775	447.079	39.092	320.013	542.381	147.691	80.185	95.382	0
Extensão do Trecho (km)		21,86	34,23	16,40	38,56	4,49	35,01	28,11	14,77	12,45	13,76	5,64
Horas Percorridos por Mês		13.280	18.666	5.219	10.310	1.003	7.211	12.405	3.278	1.862	1.870	0
Consumo por Trem (Kw/h)		1100	1467	1100	1100	1100	1100	1467	1100	1100	1100	1100
Consumo Total mensal de Energia de Tração (kw*h)		14.607.571	27.376.283	5.740.662	11.340.974	1.103.348	7.931.714	18.193.285	3.605.799	2.048.519	2.056.833	0
Preço Médio por Kw/h (R\$)		0,38172	0,38172	0,38172	0,38172	0,38172	0,38172	0,38172	0,38172	0,38172	0,38172	0,38172
Custos com Energia de Tração/Mês		5.576.002	10.450.075	2.191.326	4.329.077	421.170	3.027.694	6.944.741	1.376.405	781.961	785.134	0
Custos com Outros	20%											
Custo Total com Energia		6.970.003	13.062.593	2.739.157	5.411.346	526.463	3.784.617	8.680.926	1.720.507	977.451	981.418	0
Consumo Total de Energia		18.259.464	34.220.354	7.175.828	14.176.217	1.379.185	9.914.642	22.741.607	4.507.248	2.560.648	2.571.041	0
Percentual da Energia Consumida na Hora Pico		7,2%	7,2%	6,8%	6,9%	6,8%	6,9%	7,1%	6,9%	6,8%	6,7%	0,0%

Fonte: Consórcio, 2016.

1.3. Materiais de Operação

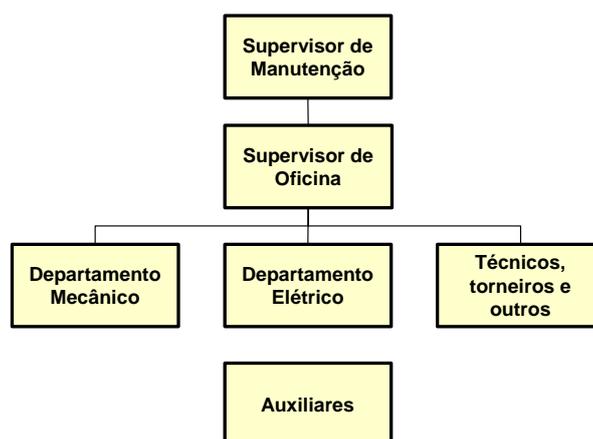
Para a operação, estima-se que os custos com materiais equivalerão a 10% dos custos totais de pessoal. Este custo de contingência engloba contas de telefone, água, despesas com almoxarifado, uniformes e outras pequenas despesas correntes necessárias à operação do sistema. A lógica por trás da proporcionalidade entre os custos de pessoal e os custos de material está no perfil dos bens consumidos, onde quanto maior o número de funcionários, maior será o consumo destes itens, como maior número de uniformes necessários, maior a expectativa de consumo de água e utilização de telefones. O valor de 10% provém de benchmarks feitos com outros sistemas de transportes com características similares.

2 MANUTENÇÃO

As atividades de manutenção de cada uma das linhas do sistema proposto foram subdivididas em duas supervisões: supervisão de gestão do material rodante e supervisão de obras civis, sistemas e via permanente.

As supervisões com a função específica de gestão do material rodante foi estruturada conforme o organograma disposto a seguir.

Figura 2: Estrutura organizacional da supervisão de gestão de manutenção do material rodante

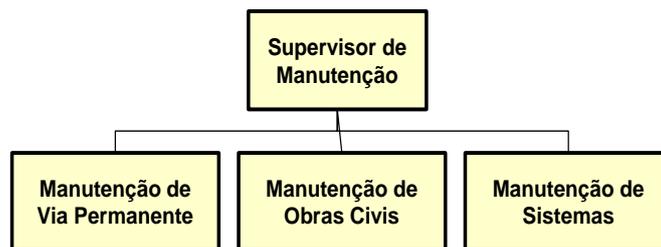


Fonte: Consórcio, 2016.

É relevante notar que a equipe de manutenção dimensionada será capaz de atender até a manutenção de 3º nível, conforme padrão internacional de manutenção destes equipamentos. Os níveis 4 e 5, que demandam intervenções mais profundas, serão realizados fora do âmbito da empresa operadora, juntamente com o fornecedor de material rodante.

A segunda supervisão será responsável pela manutenção de obras civis, sistemas e via permanente, onde encontra-se também alocado o pessoal dedicado à manutenção da rede aérea. Note-se que, nesta equipe, não é considerado o pessoal dedicado à manutenção dos sistemas de bilhetagem eletrônica, bloqueios e sistemas correlatos, uma vez que estes processos foram terceirizados para a execução da Câmara de Compensação Tarifária ou por seus prepostos com esta finalidade. A figura a seguir apresenta a estrutura organizacional desta supervisão.

Figura 3: Estrutura organizacional da supervisão de gestão de manutenção do de via permanente, obras civis e sistemas.



Fonte: Consórcio, 2016.

Os custos totais de manutenção foram divididos entre manutenção leve, considerando pequenos reparos cotidianos necessários para o bom funcionamento das vias, equipamentos e estações, e manutenção pesada, cujo valor é mais significativo. As despesas com manutenção leve são dimensionadas a partir da estruturação de uma equipe para cada linha.

Esta equipe deverá responsabilizar-se tanto pelas funções técnicas quanto administrativas da manutenção diária. Já os custos de manutenção pesada são calculados como função de um valor percentual relativo ao valor de cada um dos grandes grupos de investimento: (i) material rodante, (ii) obras civis, (iii) sistemas de controle, sinalização e telecomunicações e (iv) via permanente e energia.

A manutenção do material rodante usualmente corresponde a 40% do custo médio anual. A manutenção dos sistemas de controle, sinalização e telecomunicações corresponde a aproximadamente 25% dos custos anuais, enquanto a manutenção da via permanente, juntamente com a rede aérea (sistemas de energia), resulta em aproximadamente 25%. Obras civis representam um percentual menor, de 15% dos custos médios anuais.

2.1. MANUTENÇÃO DO MATERIAL RODANTE

O custo de manutenção do material rodante é constituído por custos com pessoal, custos com materiais e custos com reformas gerais.

Inicialmente, para estimativa dos custos com pessoal, dimensionou-se os postos de trabalhos e o número de empregados que exercerão esta função com base nas referências apresentadas na Tabela 19 e Tabela 20 respectivamente. Posteriormente, para a conversão dos quadros físicos em custos financeiros, foram adotados parâmetros médios de salários e benefícios observados no mercado para as principais categorias profissionais descritas. A Tabela 21 resume a média de salários apurados. Com base nesta média de salários foram calculados os custos por profissionais de cada uma das categorias.

Tabela 19: Referência para dimensionamento de postos de trabalho.

Dimensionamento de Postos de Trabalho	Técnico Mecânico - Preventiva	Técnico Elétrico - Preventiva	Técnico Materiais	Técnicos manutenção corretiva	Supervisor de Pátio	Gerente geral de manutenção	Auxiliares	Supervisor mecânica	Supervisor elétrica
	Nº trens patrimoniais	Nº trens patrimoniais	Invariável	Invariável	Invariável	Invariável	Nº trens patrimoniais	Invariável	Invariável
Referência Numérica (em Relação ao Critério)	0,5	0,5	3	3	1	1	1	2	2

Tabela 20: Referência para dimensionamento do número de empregados para cada posto de trabalho.

Dimensionamento Físico - Empregados / Postos	Técnico Mecânico - Preventiva	Técnico Elétrico - Preventiva	Técnico Materiais	Técnicos manutenção corretiva	Supervisor de Pátio	Gerente geral de manutenção	Auxiliares	Supervisor mecânica	Supervisor elétrica
Turnos de Trabalho	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00	1,00	3,00	1,00	1,00
Ajuste do Quadro pelas Horas não Trabalhadas	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Ajuste do Quadro pela Folga Semanal	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Ajuste do Quadro pelas Férias Anuais	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Ajuste por Absenteísmo	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
40 Horas Anuais em Cursos / Treinamento	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Reserva de Segurança	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Ajuste Total	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Empregados por Posto de Trabalho	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00	1,00	3,00	1,00	1,00

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 21: Salários por categoria

Manutenção	Salário Nominal	Benefícios Mensais	Custos Indiretos	Custo total mensal
Operador de Trens / Pátios	3.800,00	850,00	48,0%	6.474,00
Técnico Mecânico - Preventiva	5.375,00	850,00	48,0%	8.805,00
Técnico Elétrico - Preventiva	5.375,00	850,00	48,0%	8.805,00
Técnicos Manutenção Corretiva	5.375,00	850,00	48,0%	8.805,00
Gerente Geral de Manutenção	19.350,00	850,00	48,0%	29.488,00
Auxiliares	2.365,00	850,00	48,0%	4.350,20
Supervisor Mecânica	11.825,00	850,00	48,0%	18.351,00
Supervisor Elétrica	11.825,00	850,00	48,0%	18.351,00
Secretária	4.730,00	850,00	48,0%	7.850,40
Torneiro Mecânico	3.870,00	850,00	48,0%	6.577,60

Fonte: Consórcio, 2016.

No que tange os custos com materiais para manutenção do material rodante, considerou-se como base um custo mensal na ordem de R\$ 2.000,00 por carro, o que resultou em um custo mensal de R\$ 12.000,00 e R\$ 16.000,00 para as composições de 6 e 8 carros respectivamente.

No que tange as reformas gerais do material rodante, os custos são estimados com base em duas vertentes: reforma geral ampla e reforma geral parcial. Para estimativa dos custos de reforma geral ampla, considerou-se que esta ocorre a cada 1.000.000 km operacionais percorridos e possui o valor de 7% do valor do veículo novo. Já para estimativa dos custos de reformas gerais parciais, considerou-se que estas ocorrem a cada 2 anos e possui o custo estimado de 0,5% sob o valor de um veículo novo.

O resultado do dimensionamento do quadro de pessoal dedicados à manutenção do material rodante até o 3º nível para cada uma das linhas e os valores de custos estimados para a manutenção do material rodante são sintetizados na tabela a seguir.

Tabela 22: Estimativa de custos de manutenção de material rodante – Ano horizonte 2020.

Manutenção Material Rodante	Cenário Base			
	Linha 1	Linha 2	Linha 4	Linha 4*
	Uruguai - General Osório	Pavuna - Estácio - Carioca - Praça XV	Jardim Oceânico - Gávea	Gávea - General Osório
Custo Total	3.279.463	4.092.288	914.647	243.504
Custos com Pessoal	1.128.710	1.115.660	459.992	87.422
Custos com Materiais	480.000	624.000	108.000	48.000
Custos com Reformas Gerais	1.670.753	2.352.629	346.655	108.081
Frota Operacional	38	37	8	3
Frota Patrimonial	40	39	9	4
Dimensionamento Físico				
Técnico Mecânico - Preventiva	20	20	5	2

Manutenção Material Rodante	Cenário Base			
	Linha 1	Linha 2	Linha 4	Linha 4*
	Uruguai - General Osório	Pavuna - Estácio - Carloca - Praça XV	Jardim Oceânico - Gávea	Gávea - General Osório
Técnico Elétrico - Preventiva	20	20	5	2
Técnicos Manutenção Corretiva	9	9	9	0
Técnicos Materiais	3	3	3	0
Gerente Geral de Manutenção	1	1	1	0
Auxiliares	120	117	27	12
Supervisor Mecânica	2	2	2	0
Supervisor Elétrica	2	2	2	0
Supervisor de Pátio	1	1	1	0
Secretária	1	1	1	0
Torneiro Mecânico	3	3	3	0
Custo por Categoria				
Técnico Mecânico - Preventiva	176.100	176.100	44.025	17.610
Técnico Elétrico - Preventiva	176.100	176.100	44.025	17.610
Técnicos Manutenção Corretiva	79.245	79.245	79.245	0
Técnicos Materiais	26.415	26.415	26.415	0
Gerente geral de Manutenção	29.488	29.488	29.488	0
Auxiliares	522.024	508.973	117.455	52.202
Supervisor Mecânica	36.702	36.702	36.702	0
Supervisor Elétrica	36.702	36.702	36.702	0
Supervisor de Pátio	18.351	18.351	18.351	0
Secretária	7.850	7.850	7.850	0
Torneiro Mecânico	19.733	19.733	19.733	0

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 23: Estimativa de custos de manutenção de material rodante – Ano horizonte 2025.

Manutenção Material Rodante	Cenário 2025					
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 4*	Linha 7
	Uruguai - General Osório	Pavuna - Arariboia	Arariboia - Alcântara	Jardim Oceânico - Gávea	Gávea - General Osório	Pres. Vargas - Deodoro
Custo Total	3.279.463	5.124.568	1.011.962	914.647	243.504	3.522.645
Custos com Pessoal	1.128.710	1.334.216	473.042	459.992	87.422	984.526
Custos com Materiais	480.000	784.000	120.000	108.000	48.000	528.000
Custos com Reformas Gerais	1.670.753	3.006.352	418.920	346.655	108.081	2.010.119
Frota Operacional	38	46	9	8	3	31
Frota Patrimonial	40	49	10	9	4	33
Dimensionamento Físico						
Técnico Mecânico - Preventiva	20	25	5	5	2	17
Técnico Elétrico - Preventiva	20	25	5	5	2	17
Técnicos Manutenção Corretiva	9	9	9	9	0	9
Técnicos Materiais	3	3	3	3	0	3
Gerente Geral de Manutenção	1	1	1	1	0	1
Auxiliares	120	147	30	27	12	99
Supervisor Mecânica	2	2	2	2	0	2
Supervisor Elétrica	2	2	2	2	0	2

Manutenção Material Rodante	Cenário 2025					
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 4*	Linha 7
	Uruguai - General Osório	Pavuna - Arariboia	Arariboia - Alcântara	Jardim Oceânico - Gávea	Gávea - General Osório	Pres. Vargas - Deodoro
Supervisor de Pátio	1	1	1	1	0	1
Secretária	1	1	1	1	0	1
Torneiro Mecânico	3	3	3	3	0	3
Custo por Categoria						
Técnico Mecânico - Preventiva	176.100	220.125	44.025	44.025	17.610	149.685
Técnico Elétrico - Preventiva	176.100	220.125	44.025	44.025	17.610	149.685
Técnicos Manutenção Corretiva	79.245	79.245	79.245	79.245	0	79.245
Técnicos Materiais	26.415	26.415	26.415	26.415	0	26.415
Gerente geral de Manutenção	29.488	29.488	29.488	29.488	0	29.488
Auxiliares	522.024	639.479	130.506	117.455	52.202	430.670
Supervisor Mecânica	36.702	36.702	36.702	36.702	0	36.702
Supervisor Elétrica	36.702	36.702	36.702	36.702	0	36.702
Supervisor de Pátio	18.351	18.351	18.351	18.351	0	18.351
Secretária	7.850	7.850	7.850	7.850	0	7.850
Torneiro Mecânico	19.733	19.733	19.733	19.733	0	19.733

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 24: Estimativa de custos de manutenção de material rodante – Ano horizonte 2035.

Manutenção Material Rodante	Cenário 2035							
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 4*	Linha 6	Linha 7	Linha 8
	Uruguai - General Osório	Pavuna - Arariboia	Arariboia - Alcântara	Alvorada - Gávea - Carioca	Gávea - General Osório	Alvorada - Cocotá	Pres. Vargas - Deodoro	Gávea - Uruguai - Del Castilho
Custo Total	3.279.463	5.703.419	1.291.988	1.467.154	319.629	1.746.224	3.522.645	1.120.267
Custos com Pessoal	1.128.710	1.421.638	560.465	591.125	137.816	647.887	984.526	503.703
Custos com Materiais	480.000	848.000	168.000	180.000	60.000	216.000	528.000	132.000
Custos com Reformas Gerais	1.670.753	3.433.781	563.524	696.029	121.814	882.337	2.010.119	484.565
Frota Operacional	38	50	13	14	4	17	31	10
Frota Patrimonial	40	53	14	15	5	18	33	11
Dimensionamento Físico								
Técnico Mecânico - Preventiva	20	27	7	8	3	9	17	6
Técnico Elétrico - Preventiva	20	27	7	8	3	9	17	6
Técnicos Manutenção Corretiva	9	9	9	9	0	9	9	9
Técnicos Materiais	3	3	3	3	0	3	3	3
Gerente Geral de Manutenção	1	1	1	1	0	1	1	1
Auxiliares	120	159	42	45	15	54	99	33
Supervisor Mecânica	2	2	2	2	0	2	2	2
Supervisor Elétrica	2	2	2	2	0	2	2	2
Supervisor de Pátio	1	1	1	1	0	1	1	1
Secretária	1	1	1	1	0	1	1	1
Torneiro Mecânico	3	3	3	3	3	3	3	3
Custo por Categoria								
Técnico Mecânico - Preventiva	176.100	237.735	61.635	70.440	26.415	79.245	149.685	52.830
Técnico Elétrico - Preventiva	176.100	237.735	61.635	70.440	26.415	79.245	149.685	52.830
Técnicos Manutenção Corretiva	79.245	79.245	79.245	79.245	0	79.245	79.245	79.245
Técnicos Materiais	26.415	26.415	26.415	26.415	0	26.415	26.415	26.415
Gerente geral de Manutenção	29.488	29.488	29.488	29.488	0	29.488	29.488	29.488
Auxiliares	522.024	691.682	182.708	195.759	65.253	234.911	430.670	143.557
Supervisor Mecânica	36.702	36.702	36.702	36.702	0	36.702	36.702	36.702
Supervisor Elétrica	36.702	36.702	36.702	36.702	0	36.702	36.702	36.702
Supervisor de Pátio	18.351	18.351	18.351	18.351	0	18.351	18.351	18.351
Secretária	7.850	7.850	7.850	7.850	0	7.850	7.850	7.850
Torneiro Mecânico	19.733	19.733	19.733	19.733	19.733	19.733	19.733	19.733

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 25: Estimativa de custos de manutenção de material rodante – Ano horizonte 2045.

Manutenção Material Rodante	Cenário 2045										
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 4*	Linha 6	Linha 7	Linha 8	Linha 9	Linha 12	Linha 12*
	Uruguai - General Osório	Pavuna - Arariboia	Arariboia - Alcântara	Recreio - Gávea - Carioca	Gávea - General Osorio	Alvorada - Cocotá	Deodoro Pres Vargas	Gávea - Uruguai - Del Castilho	Arariboia - Maravista	Gávea - Uruguai - Av. Brasil	Gávea - Uruguai (excludente- L12&L8)
Custo Total	3.279.463	6.143.331	1.418.087	2.514.806	320.895	1.834.282	3.703.866	1.026.699	695.564	610.914	0
Custos com Pessoal	1.128.710	1.552.772	591.125	866.443	118.083	678.548	1.028.237	473.042	385.620	372.569	0
Custos com Materiais	480.000	944.000	180.000	336.000	60.000	228.000	560.000	120.000	72.000	60.000	0
Custos com Reformas Gerais	1.670.753	3.646.560	646.962	1.312.363	142.812	927.734	2.115.628	433.656	237.944	178.344	0
Frota Operacional	38	56	14	26	4	18	33	9	5	4	0
Frota Patrimonial	40	59	15	28	5	19	35	10	6	5	0
Dimensionamento Físico											
Técnico Mecânico - Preventiva	20	30	8	14	3	10	18	5	3	3	0
Técnico Elétrico - Preventiva	20	30	8	14	3	10	18	5	3	3	0
Técnicos Manutenção Corretiva	9	9	9	9	0	9	9	9	9	9	0
Técnicos Materiais	3	3	3	3	0	3	3	3	3	3	0
Gerente Geral de Manutenção	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0
Auxiliares	120	177	45	84	15	57	105	30	18	15	0
Supervisor Mecânica	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	0
Supervisor Elétrica	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	0
Supervisor de Pátio	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0
Secretária	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0
Torneiro Mecânico	3	3	3	3	0	3	3	3	3	3	0
Custo por Categoria											
Técnico Mecânico - Preventiva	176.100	264.150	70.440	123.270	26.415	88.050	158.490	44.025	26.415	26.415	0
Técnico Elétrico - Preventiva	176.100	264.150	70.440	123.270	26.415	88.050	158.490	44.025	26.415	26.415	0
Técnicos Manutenção Corretiva	79.245	79.245	79.245	79.245	0	79.245	79.245	79.245	79.245	79.245	0
Técnicos Materiais	26.415	26.415	26.415	26.415	0	26.415	26.415	26.415	26.415	26.415	0
Gerente geral de Manutenção	29.488	29.488	29.488	29.488	0	29.488	29.488	29.488	29.488	29.488	0
Auxiliares	522.024	769.985	195.759	365.417	65.253	247.961	456.771	130.506	78.304	65.253	0
Supervisor Mecânica	36.702	36.702	36.702	36.702	0	36.702	36.702	36.702	36.702	36.702	0
Supervisor Elétrica	36.702	36.702	36.702	36.702	0	36.702	36.702	36.702	36.702	36.702	0
Supervisor de Pátio	18.351	18.351	18.351	18.351	0	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351	0
Secretária	7.850	7.850	7.850	7.850	0	7.850	7.850	7.850	7.850	7.850	0
Torneiro Mecânico	19.733	19.733	19.733	19.733	0	19.733	19.733	19.733	19.733	19.733	0

Fonte: Consórcio, 2016.

2.2. Manutenção de Obras Civas

O dimensionamento dos custos de manutenção é composto por custos com pessoal e custos com materiais.

De modo similar ao já apresentado, a estimativa de postos de trabalho necessários para composição do quadro de funcionários de manutenção de obras civis foi dimensionado com base nos parâmetros apresentados na tabela a seguir.

Tabela 26: Referência para dimensionamento de postos de trabalho

Dimensionamento de Postos de Trabalho	Técnico Mecânico - Preventiva	Técnico Manutenção Corretiva	Técnico Estações Preventiva	Supervisor manutenção infraestrutura	Auxiliares para Via	Auxiliares para Estações
	Km de túnel por técnico	Km de túnel por técnico	Estações por técnico	Invariável	Auxiliares por Km de túnel	Auxiliares por Estações
Referência Numérica (em Relação ao Critério)	1,5	4	6	1	2	2

Fonte: Consórcio, 2016.

Para a conversão do quadro de postos de trabalho em funcionários físicos adotou-se os parâmetros detalhados a seguir.

Tabela 27: Referência para dimensionamento do número de empregados para cada posto de trabalho.

Dimensionamento Físico - Empregados / Postos	Técnico Mecânico Preventiva	Técnico manutenção corretiva	Técnico Estações Preventiva	Supervisor manutenção infraestrutura	Auxiliares para Via	Auxiliares para Estações
Turnos de Trabalho	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Ajuste do Quadro pelas Horas não Trabalhadas	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Ajuste do Quadro pela Folga Semanal	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Ajuste do Quadro pelas Férias Anuais	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Ajuste por Absenteísmo	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
40 Horas Anuais em Cursos / Treinamento	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Reserva de Segurança	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Ajuste Total	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Empregados por Posto de Trabalho	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Com base nos parâmetros de dimensionamento de postos de trabalho, de funcionários por posto de trabalho e de características operacionais de cada uma das linhas da rede futura, dimensionou-se o número total de funcionários. O total de funcionários associado ao custo salarial de cada função, apresentado na Tabela 21, resultou nos custos de pessoal para manutenção de obras civis.

Já o custo de materiais dispendidos para manutenção de obras civis, utilizou-se para estimativa os valores mensais de R\$ 14.000 por km de túnel e R\$ 5.600 por estação. Os resultados da estimativa de custos de manutenção de obras civis é apresentado na tabela a seguir.

Tabela 28: Estimativa de custos de manutenção de obras civis – Ano horizonte 2020.

Manutenção Obras Civis	Cenário Base			
	Linha 1	Linha 2	Linha 4	Linha 4*
	Uruguai - General Osório	Pavuna - Estácio - Carioca - Praça XV	Jardim Oceânico - Gávea	Gávea - General Osório
Custo Total	1.004.365	1.207.351	344.661	221.631
Custos com Pessoal	586.283	695.665	202.001	136.329
Custos com Materiais	418.082	511.686	142.660	85.302
Extensão Total	21,9	28,5	9,0	4,5
Estações Totais	20	20	3	4
Dimensionamento Físico				
Técnico Mecânico - Preventiva	15	19	6	3
Técnico Manutenção Corretiva	5	7	2	1
Técnico Estações Preventiva	3	3	1	1
Supervisor Manutenção Infraestrutura	1	1	1	1
Auxiliares para Via	44	57	18	9
Auxiliares para Estações	40	40	6	8
Custo por Categoria				
Técnico Mecânico - Preventiva	132.075	167.295	52.830	26.415
Técnico Manutenção Corretiva	44.025	61.635	17.610	8.805
Técnico Estações Preventiva	26.415	26.415	8.805	8.805
Supervisor Manutenção Infraestrutura	18.351	18.351	18.351	18.351
Auxiliares para Via	191.409	247.961	78.304	39.152
Auxiliares para Estações	174.008	174.008	26.101	34.802

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 29: Estimativa de custos de manutenção de obras civis – Ano horizonte 2025.

Manutenção Obras Civis	Cenário 2025					
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 4*	Linha 7
	Uruguai - General Osório	Pavuna - Arariboia	Arariboia - Alcântara	Jardim Oceânico - Gávea	Gávea - General Osório	Pres. Vargas - Deodoro
Custo Total	1.004.365	1.503.164	668.206	344.661	221.631	1.086.124
Custos com Pessoal	586.283	861.810	394.142	202.001	136.329	625.748
Custos com Materiais	418.082	641.354	274.064	142.660	85.302	460.376
Extensão Total	21,9	36,6	14,8	9,0	4,5	25,7
Estações Totais	20	23	12	3	4	18
Dimensionamento Físico						
Técnico Mecânico - Preventiva	15	24	10	6	3	17

Manutenção Obras Cíveis	Cenário 2025					
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 4*	Linha 7
	Uruguai - General Osório	Pavuna - Arariboia	Arariboia - Alcântara	Jardim Oceânico - Gávea	Gávea - General Osorio	Pres. Vargas - Deodoro
Técnico Manutenção Corretiva	5	9	4	2	1	6
Técnico Estações Preventiva	3	4	2	1	1	3
Supervisor Manutenção Infraestrutura	1	1	1	1	1	1
Auxiliares para Via	44	73	30	18	9	51
Auxiliares para Estações	40	46	24	6	8	36
Custo por Categoria						
Técnico Mecânico - Preventiva	132.075	211.320	88.050	52.830	26.415	149.685
Técnico Manutenção Corretiva	44.025	79.245	35.220	17.610	8.805	52.830
Técnico Estações Preventiva	26.415	35.220	17.610	8.805	8.805	26.415
Supervisor Manutenção Infraestrutura	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351
Auxiliares para Via	191.409	317.565	130.506	78.304	39.152	221.860
Auxiliares para Estações	174.008	200.109	104.405	26.101	34.802	156.607

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 30: Estimativa de custos de manutenção de obras civis – Ano horizonte 2035.

Manutenção Obras Civis	Cenário 2035							
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 4*	Linha 6	Linha 7	Linha 8
	Uruguai - General Osório	Pavuna - Arariboia	Arariboia - Alcântara	Alvorada - Gávea - Carioca	Gávea - General Osorio	Alvorada - Cocotá	Pres. Vargas - Deodoro	Gávea - Uruguai - Del Castilho
Custo Total	1.004.365	1.503.164	668.206	1.010.580	221.631	1.338.003	1.086.124	575.534
Custos com Pessoal	586.283	861.810	394.142	586.492	136.329	770.037	625.748	337.380
Custos com Materiais	418.082	641.354	274.064	424.088	85.302	567.966	460.376	238.154
Extensão Total	21,9	36,6	14,8	23,9	4,5	32,2	25,7	13,4
Estações Totais	20	23	12	16	4	21	18	9
Dimensionamento Físico								
Técnico Mecânico - Preventiva	15	24	10	16	3	21	17	9
Técnico Manutenção Corretiva	5	9	4	6	1	8	6	3
Técnico Estações Preventiva	3	4	2	3	1	4	3	2
Supervisor Manutenção Infra-Estrutura	1	1	1	1	1	1	1	1
Auxiliares para Via	44	73	30	48	9	64	51	27
Auxiliares para Estações	40	46	24	32	8	42	36	18
Custo por Categoria								
Técnico Mecânico - Preventiva	132.075	211.320	88.050	140.880	26.415	184.905	149.685	79.245
Técnico Manutenção Corretiva	44.025	79.245	35.220	52.830	8.805	70.440	52.830	26.415
Técnico Estações Preventiva	26.415	35.220	17.610	26.415	8.805	35.220	26.415	17.610
Supervisor Manutenção Infra-Estrutura	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351
Auxiliares para Via	191.409	317.565	130.506	208.810	39.152	278.413	221.860	117.455
Auxiliares para Estações	174.008	200.109	104.405	139.206	34.802	182.708	156.607	78.304

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 31: Estimativa de custos de manutenção de obras civis – Ano horizonte 2045.

Manutenção Obras Civis	Cenário 2045										
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 4*	Linha 6	Linha 7	Linha 8	Linha 9	Linha 12	Linha 12*
	Uruguai - General Osório	Pavuna - Arariboia	Arariboia - Alcântara	Recreio - Gávea - Carioca	Gávea - General Osorio	Alvorada - Cocotá	Deodoro Pres Vargas	Gávea - Uruguai - Del Castilho	Arariboia - Maravista	Gávea - Uruguai - Av. Brasil	Gávea - Uruguai (excludente-L12&L8)
Custo Total	1.004.365	1.503.164	668.206	1.508.812	221.631	1.338.003	1.086.124	575.534	505.051	331.582	215.871
Custos com Pessoal	586.283	861.810	394.142	870.510	136.329	770.037	625.748	337.380	298.019	197.546	127.629
Custos com Materiais	418.082	641.354	274.064	638.302	85.302	567.966	460.376	238.154	207.032	134.036	88.242
Extensão Total	21,9	36,6	14,8	35,6	4,5	32,2	25,7	13,4	11,2	7,6	5,5
Estações Totais	20	23	12	25	4	21	18	9	9	5	2
Dimensionamento Físico											
Técnico Mecânico - Preventiva	15	24	10	24	3	21	17	9	7	5	4
Técnico Manutenção Corretiva	5	9	4	9	1	8	6	3	3	2	1
Técnico Estações Preventiva	3	4	2	4	1	4	3	2	2	1	0
Supervisor Manutenção Infra-Estrutura	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Auxiliares para Via	44	73	30	71	9	64	51	27	22	15	11
Auxiliares para Estações	40	46	24	50	8	42	36	18	18	10	4
Custo por Categoria											
Técnico Mecânico - Preventiva	132.075	211.320	88.050	211.320	26.415	184.905	149.685	79.245	61.635	44.025	35.220
Técnico Manutenção Corretiva	44.025	79.245	35.220	79.245	8.805	70.440	52.830	26.415	26.415	17.610	8.805
Técnico Estações Preventiva	26.415	35.220	17.610	35.220	8.805	35.220	26.415	17.610	17.610	8.805	0
Supervisor Manutenção Infra-Estrutura	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351
Auxiliares para Via	191.409	317.565	130.506	308.864	39.152	278.413	221.860	117.455	95.704	65.253	47.852
Auxiliares para Estações	174.008	200.109	104.405	217.510	34.802	182.708	156.607	78.304	78.304	43.502	17.401

Fonte: Consórcio, 2016.

2.3. Manutenção dos Sistemas

O custo de manutenção de sistemas foi dimensionada a partir da estimativa de custos com pessoal e custos com materiais para suas várias funcionalidades: Sistemas elétricos, Sistemas de sinalização e telecomunicação (Telecom) e Sistemas auxiliares.

O dimensionamento dos custos de pessoal, similarmente ao já apresentado para os outros dimensionamentos, seguiu o método de dimensionamento de postos de trabalho, dimensionamento de funcionários por posto de trabalho e monetização destes custos a partir dos salários por função. Para isto, utilizou-se as bases de referências apresentadas na Tabela 32.

Tabela 32: Referência para dimensionamento do número de empregados para cada posto de trabalho.

Dimensionamento de Postos de Trabalho	Sistemas Elétricos				Sistemas Sinalização e Telecom					Sistemas Auxiliares	
	Técnicos Subestações	Técnicos Rede Aérea	Auxiliares	Supervisor de Manutenção Elétrica	Técnico mecânico	Técnico Informática	Técnico Telecomunicação	Técnico Centro de Controle Operacional	Supervisor de Manutenção de Sinalização	Técnico mecânico: bombas ventilação, outros	Técnico mecânico: Escada rolante / elevadores
Dimensionamento Físico - Empregados / Postos	Técnico por subestação	Km de rede por técnico	Nº Técnicos	Invariável	Invariável	Invariável	Invariável	Invariável	Invariável	Invariável	Invariável
Referência Numérica (em Relação ao Critério)	0,5	4	1	1	3	5	5	3	1	2	2
Turnos de Trabalho	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Ajuste do Quadro pelas Horas não Trabalhadas	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Ajuste do Quadro pela Folga Semanal	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Ajuste do Quadro pelas Férias Anuais	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Ajuste por Absenteísmo	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
40 Horas Anuais em Cursos / Treinamento	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Reserva de Segurança	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Ajuste Total	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Empregados por Posto de Trabalho	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Fonte: Consórcio, 2016.

Para a base de cálculo dos custos mensais com materiais por tipologia de equipamento, foram considerados os valores apresentados na tabela a seguir.

Tabela 33: Base de cálculo dos custos mensais com materiais por tipologia de equipamento

CÁLCULO DOS CUSTOS MENSAIS COM MATERIAIS	
VALOR	MATERIAL
R\$19.400	por Subestação ao Mês
R\$ 4.760	por Km de Rede ao Mês
R\$ 19.600	com Sinalização ao Mês
R\$ 2.940	com CCO ao Mês
R\$ 980	em Ferramentas ao Mês
R\$ 392	por Escada Rolante ao Mês
R\$ 392	por Elevador ao Mês
R\$ 7.840	com Bombas, Ventilação e Outros
R\$ 3.920	com Materiais Diversos - Sistemas Elétricos
R\$ 3.920	com Materiais Diversos - Sistemas de Sinalização
R\$ 3.920	com Materiais Diversos - Sistemas Auxiliares

Fonte: Consórcio, 2015

A seguir apresenta-se o dimensionamento de pessoal e respectivo custeio para as linhas da futura rede de transporte do sistema sobre trilhos.

Tabela 34: Dimensionamento físico e financeiro de pessoal – Ano horizonte 2020.

Dimensionamento Físico		Cenário Base			
		Linha 1	Linha 2	Linha 4	Linha 4*
		Uruguai - General Osório	Pavuna - Estácio - Carioca - Praça XV	Jardim Oceânico - Gávea	Gávea - General Osório
Sistemas Elétricos	Técnicos Sub-Estações	3	3	3	0
	Técnicos Rede Aérea	11	14	4	0
	Auxiliares	14	17	7	0
	Supervisor de Manutenção Elétrica	1	1	1	0
Sistemas Sinalização e Telecom	Técnico Mecânico	3	3	3	3
	Técnico Informática	5	5	5	0
	Técnico Telecomunicação	5	5	5	0
	Técnico Centro de Controle Operacional	3	3	3	0
	Supervisor de Manutenção de Sinalização	1	1	1	0
Sistemas Auxiliares	Técnico Mecânico: Bombas Ventilação:	2	2	2	0
	Técnico Escada Rolante / Elevadores	2	2	2	0
	Técnico Elétrico	4	4	4	4
	Supervisor de Manutenção de Auxiliares	1	1	1	1
Dimensionamento Financeiro					
Sistemas Elétricos	Técnicos Sub-Estações	26.415	26.415	26.415	0
	Técnicos Rede Aérea	96.855	123.270	35.220	0
	Auxiliares	60.903	73.953	30.451	0
	Supervisor de Manutenção Elétrica	18.351	18.351	18.351	0
Sistemas Sinalização e Telecom	Técnico Mecânico	26.415	26.415	26.415	26.415
	Técnico Informática	44.025	44.025	44.025	0
	Técnico Telecomunicação	44.025	44.025	44.025	0
	Técnico Centro de Controle Operacional	26.415	26.415	26.415	0
	Supervisor de Manutenção de Sinalização	18.351	18.351	18.351	0
Sistemas Auxiliares	Técnico Mecânico: Bombas Ventilação:	17.610	17.610	17.610	0
	Técnico Escada Rolante / Elevadores	17.610	17.610	17.610	0
	Técnico Elétrico	35.220	35.220	35.220	35.220
	Supervisor de Manutenção de Auxiliares	18.351	18.351	18.351	18.351

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 35: Dimensionamento físico e financeiro de pessoal – Ano horizonte 2025.

Dimensionamento Físico		Cenário 2025					
		Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 4*	Linha 7
		Uruguai - General Osório	Pavuna - Arariboia	Arariboia - Alcântara	Jardim Oceânico - Gávea	Gávea - General Osório	Pres. Vargas - Deodoro
Sistemas Elétricos	Técnicos Sub-Estações	3	3	3	3	0	3
	Técnicos Rede Aérea	11	17	8	10	0	14
	Auxiliares	14	20	11	13	0	17
	Supervisor de Manutenção Elétrica	1	1	1	1	0	1
Sistemas Sinalização e Telecom	Técnico Mecânico	3	3	3	3	3	3
	Técnico Informática	5	5	5	5	0	5
	Técnico Telecomunicação	5	5	5	5	0	5
	Técnico Centro de Controle Operacional	3	3	3	3	0	3
	Supervisor de Manutenção de Sinalização	1	1	1	1	0	1
Sistemas Auxiliares	Técnico Mecânico: Bombas Ventilação;	2	2	2	2	0	2
	Técnico Escada Rolante / Elevadores	2	2	2	2	0	2
	Técnico Elétrico	4	4	4	4	4	4
	Supervisor de Manutenção de Auxiliares	1	1	1	1	1	1
Dimensionamento Financeiro							
Sistemas Elétricos	Técnicos Sub-Estações	26.415	26.415	26.415	26.415	0	26.415
	Técnicos Rede Aérea	96.855	149.685	70.440	88.050	0	123.270
	Auxiliares	60.903	87.004	47.852	56.553	0	73.953
	Supervisor de Manutenção Elétrica	18.351	18.351	18.351	18.351	0	18.351
Sistemas Sinalização e Telecom	Técnico Mecânico	26.415	26.415	26.415	26.415	26.415	26.415
	Técnico Informática	44.025	44.025	44.025	44.025	0	44.025
	Técnico Telecomunicação	44.025	44.025	44.025	44.025	0	44.025
	Técnico Centro de Controle Operacional	26.415	26.415	26.415	26.415	0	26.415
	Supervisor de Manutenção de Sinalização	18.351	18.351	18.351	18.351	0	18.351
Sistemas Auxiliares	Técnico Mecânico: Bombas Ventilação;	17.610	17.610	17.610	17.610	0	17.610
	Técnico Escada Rolante / Elevadores	17.610	17.610	17.610	17.610	0	17.610
	Técnico Elétrico	35.220	35.220	35.220	35.220	35.220	35.220
	Supervisor de Manutenção de Auxiliares	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 36: Dimensionamento físico e financeiro de pessoal – Ano horizonte 2035.

Dimensionamento Físico		Cenário 2035							
		Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 4*	Linha 6	Linha 7	Linha 8
		Uruguai - General Osório	Pavuna - Arariboia	Arariboia - Alcântara	Alvorada - Gávea - Carioca	Gávea - General Osório	Alvorada - Cocotá	Pres. Vargas - Deodoro	Gávea - Uruguai - Del Castilho
Sistemas Elétricos	Técnicos Sub-Estações	3	3	3	3	0	3	3	3
	Técnicos Rede Aérea	11	17	8	13	0	18	14	7
	Auxiliares	14	20	11	16	0	21	17	10
	Supervisor de Manutenção Elétrica	1	1	1	1	0	1	1	1
Sistemas Sinalização e Telecom	Técnico Mecânico	3	3	3	3	3	3	3	3
	Técnico Informática	5	5	5	5	0	5	5	5
	Técnico Telecomunicação	5	5	5	5	0	5	5	5
	Técnico Centro de Controle Operacional	3	3	3	3	0	3	3	3
Sistemas Auxiliares	Supervisor de Manutenção de Sinalização	1	1	1	1	0	1	1	1
	Técnico Mecânico: Bombas Ventilação;	2	2	2	2	0	2	2	2
	Técnico Escada Rolante / Elevadores	2	2	2	2	0	2	2	2
	Técnico Elétrico	4	4	4	4	4	4	4	4
	Supervisor de Manutenção de Auxiliares	1	1	1	1	1	1	1	1
Dimensionamento Financeiro									
Sistemas Elétricos	Técnicos Sub-Estações	26.415	26.415	26.415	26.415	0	26.415	26.415	26.415
	Técnicos Rede Aérea	96.855	149.685	70.440	114.465	0	158.490	123.270	61.635
	Auxiliares	60.903	87.004	47.852	69.603	0	91.354	73.953	43.502
	Supervisor de Manutenção Elétrica	18.351	18.351	18.351	18.351	0	18.351	18.351	18.351
Sistemas Sinalização e Telecom	Técnico Mecânico	26.415	26.415	26.415	26.415	26.415	26.415	26.415	26.415
	Técnico Informática	44.025	44.025	44.025	44.025	0	44.025	44.025	44.025
	Técnico Telecomunicação	44.025	44.025	44.025	44.025	0	44.025	44.025	44.025
	Técnico Centro de Controle Operacional	26.415	26.415	26.415	26.415	0	26.415	26.415	26.415
Sistemas Auxiliares	Supervisor de Manutenção de Sinalização	18.351	18.351	18.351	18.351	0	18.351	18.351	18.351
	Técnico Mecânico: Bombas Ventilação;	17.610	17.610	17.610	17.610	0	17.610	17.610	17.610
	Técnico Escada Rolante / Elevadores	17.610	17.610	17.610	17.610	0	17.610	17.610	17.610
	Técnico Elétrico	35.220	35.220	35.220	35.220	35.220	35.220	35.220	35.220
	Supervisor de Manutenção de Auxiliares	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 37: Dimensionamento físico e financeiro de pessoal – Ano horizonte 2045.

Dimensionamento Físico		Cenário 2045										
		Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 4*	Linha 6	Linha 7	Linha 8	Linha 9	Linha 12	Linha 12*
		Uruguai - General Osório	Pavuna - Arariboia	Arariboia - Alcântara	Recreio - Gávea - Carioca	Gávea - General Osorio	Alvorada - Cocotá	Deodoro Pres Vargas	Gávea - Uruguai - Del Castilho	Arariboia - Maravista	Gávea - Uruguai - Av. Brasil	Gávea - Uruguai (excluyente- L12&L8)
Sistemas Elétricos	Técnicos Sub-Estações	3	3	3	3	0	3	3	3	3	3	0
	Técnicos Rede Aérea	11	17	8	19	0	18	14	7	6	7	0
	Auxiliares	14	20	11	22	0	21	17	10	9	10	0
	Supervisor de Manutenção Elétrica	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0
Sistemas Sinalização e Telecom	Técnico Mecânico	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Técnico Informática	5	5	5	5	0	5	5	5	5	5	0
	Técnico Telecomunicação	5	5	5	5	0	5	5	5	5	5	0
	Técnico Centro de Controle Operacional	3	3	3	3	0	3	3	3	3	3	0
	Supervisor de Manutenção de Sinalização	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0
Sistemas Auxiliares	Técnico Mecânico: Bombas Ventilação:	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	0
	Técnico Escada Rolante / Elevadores	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	0
	Técnico Elétrico	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Supervisor de Manutenção de Auxiliares	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Dimensionamento Financeiro												
Sistemas Elétricos	Técnicos Sub-Estações	26.415	26.415	26.415	26.415	0	26.415	26.415	26.415	26.415	26.415	0
	Técnicos Rede Aérea	96.855	149.685	70.440	167.295	0	158.490	123.270	61.635	52.830	61.635	0
	Auxiliares	60.903	87.004	47.852	95.704	0	91.354	73.953	43.502	39.152	43.502	0
	Supervisor de Manutenção Elétrica	18.351	18.351	18.351	18.351	0	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351	0
Sistemas Sinalização e Telecom	Técnico Mecânico	26.415	26.415	26.415	26.415	26.415	26.415	26.415	26.415	26.415	26.415	26.415
	Técnico Informática	44.025	44.025	44.025	44.025	0	44.025	44.025	44.025	44.025	44.025	0
	Técnico Telecomunicação	44.025	44.025	44.025	44.025	0	44.025	44.025	44.025	44.025	44.025	0
	Técnico Centro de Controle Operacional	26.415	26.415	26.415	26.415	0	26.415	26.415	26.415	26.415	26.415	0
	Supervisor de Manutenção de Sinalização	18.351	18.351	18.351	18.351	0	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351	0
Sistemas Auxiliares	Técnico Mecânico: Bombas Ventilação:	17.610	17.610	17.610	17.610	0	17.610	17.610	17.610	17.610	17.610	0
	Técnico Escada Rolante / Elevadores	17.610	17.610	17.610	17.610	0	17.610	17.610	17.610	17.610	17.610	0
	Técnico Elétrico	35.220	35.220	35.220	35.220	35.220	35.220	35.220	35.220	35.220	35.220	35.220
	Supervisor de Manutenção de Auxiliares	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351

Fonte: Consórcio, 2016.

No que tange o dimensionamento dos custos com materiais para a manutenção dos sistemas, utilizou-se a base de cálculo dos custos mensais por tipologia de equipamento, como apresentado na tabela a seguir.

Tabela 38: Base de Cálculo dos custos com materiais para manutenção de sistemas

Valor	Referência
R\$ 19.400	por Subestação ao Mês
R\$ 4.760	por Km de Rede ao Mês
R\$ 19.600	com Sinalização ao Mês
R\$ 2.940	com CCO ao Mês
R\$ 980	em Ferramentas ao Mês
R\$ 392	por Escada Rolante ao Mês
R\$ 392	por Elevador ao Mês
R\$ 7.840	com Bombas, Ventilação e Outros
R\$ 3.920	com Materiais Diversos - Sistemas Elétricos
R\$ 3.920	com Materiais Diversos - Sistemas de Sinalização
R\$ 3.920	com Materiais Diversos - Sistemas Auxiliares

Fonte: Consórcio, 2016.

O resultado do dimensionamento de custos de manutenção de sistema, detalhando-se os custos com pessoal e materiais para cada funcionalidade que o compõe, são apresentados nas tabelas a seguir para cada ano horizonte de análise do PDM.

Tabela 39: Dimensionamento dos custos de manutenção de sistemas – Ano horizonte 2020.

Manutenção Sistemas	Cenário Base			
	Linha 1	Linha 2	Linha 4	Linha 4*
	Uruguai - General Osório	Pavuna - Estácio - Carioca - Praça XV	Jardim Oceânico - Gávea	Gávea - General Osório
Custo Total	863.282	966.398	613.364	121.146
Energia	527.060	630.176	312.422	0
Sinalização / Telecom ***	186.671	186.671	186.671	53.855
Auxiliares / Outros ***	149.551	149.551	114.271	67.291
Sistemas Elétricos				
Custos com Pessoal	202.524	241.989	110.437	0
Custos com Materiais	324.536	388.186	201.985	0
Sistemas de Sinalização e Telecom				
Custos com Pessoal	159.231	159.231	159.231	26.415
Custos com Materiais	27.440	27.440	27.440	27.440
Sistemas Auxiliares				
Custos com Pessoal	88.791	88.791	88.791	53.571
Custos com Materiais	60.760	60.760	25.480	13.720

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 40: Dimensionamento dos custos de manutenção de sistemas – Ano horizonte 2020.

Manutenção Sistemas	Cenário 2025					
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 4*	Linha 7
	Uruguai - General Osório	Pavuna - Arariboia	Arariboia - Alcântara	Jardim Oceânico - Gávea	Gávea - General Osorio	Pres. Vargas - Deodoro
Custo Total	863.282	1.101.649	727.513	613.364	121.146	922.048
Energia	527.060	759.547	406.971	312.422	0	589.746
Sinalização / Telecom ***	186.671	186.671	186.671	186.671	53.855	186.671
Auxiliares / Outros ***	149.551	155.431	133.871	114.271	67.291	145.631
Sistemas Elétricos						
Custos com Pessoal	202.524	294.610	149.903	110.437	0	228.834
Custos com Materiais	324.536	464.937	257.068	201.985	0	360.912
Sistemas de Sinalização e Telecom						
Custos com Pessoal	159.231	159.231	159.231	159.231	26.415	159.231
Custos com Materiais	27.440	27.440	27.440	27.440	27.440	27.440
Sistemas Auxiliares						
Custos com Pessoal	88.791	88.791	88.791	88.791	53.571	88.791
Custos com Materiais	60.760	66.640	45.080	25.480	13.720	56.840

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 41: Dimensionamento dos custos de manutenção de sistemas – Ano horizonte 2035.

Manutenção Sistemas	Cenário 2035							
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 4*	Linha 6	Linha 7	Linha 8
	Uruguai - General Osório	Pavuna - Arariboia	Arariboia - Alcântara	Alvorada - Gávea - Carioca	Gávea - General Osorio	Alvorada - Cocotá	Pres. Vargas - Deodoro	Gávea - Uruguai - Del Castilho
Custo Total	863.282	1.101.649	727.513	887.913	121.146	1.029.131	922.048	706.678
Energia	527.060	759.547	406.971	559.531	0	690.949	589.746	393.976
Sinalização / Telecom ***	186.671	186.671	186.671	186.671	53.855	186.671	186.671	186.671
Auxiliares / Outros ***	149.551	155.431	133.871	141.711	67.291	151.511	145.631	126.031
Sistemas Elétricos								
Custos com Pessoal	202.524	294.610	149.903	215.679	0	268.300	228.834	149.903
Custos com Materiais	324.536	464.937	257.068	343.852	0	422.649	360.912	244.073
Sistemas de Sinalização e Telecom								
Custos com Pessoal	159.231	159.231	159.231	159.231	26.415	159.231	159.231	159.231
Custos com Materiais	27.440	27.440	27.440	27.440	27.440	27.440	27.440	27.440
Sistemas Auxiliares								
Custos com Pessoal	88.791	88.791	88.791	88.791	53.571	88.791	88.791	88.791
Custos com Materiais	60.760	66.640	45.080	52.920	13.720	62.720	56.840	37.240

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 42: Dimensionamento dos custos de manutenção de sistemas – Ano horizonte 2045.

Manutenção Sistemas	Cenário 2045										
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 4*	Linha 6	Linha 7	Linha 8	Linha 9	Linha 12	Linha 12*
	Uruguai - General Osório	Pavuna - Arariboia	Arariboia - Alcântara	Recreio - Gávea - Carioca	Gávea - General Osório	Alvorada - Cocotá	Deodoro Pres Vargas	Gávea - Uruguai - Del Castilho	Arariboia - Maravista	Gávea - Uruguai - Av. Brasil	Gávea - Uruguai (excludente-L12&L8)
Custo Total	863.282	1.101.649	727.513	1.095.878	121.146	1.029.131	922.048	706.678	672.360	603.804	119.186
Energia	527.060	759.547	406.971	749.856	0	690.949	589.746	393.976	359.658	298.942	0
Sinalização / Telecom ***	186.671	186.671	186.671	186.671	53.855	186.671	186.671	186.671	186.671	186.671	53.855
Auxiliares / Outros ***	149.551	155.431	133.871	159.351	67.291	151.511	145.631	126.031	126.031	118.191	65.331
Sistemas Elétricos											
Custos com Pessoal	202.524	294.610	149.903	294.610	0	268.300	228.834	149.903	136.748	110.437	0
Custos com Materiais	324.536	464.937	257.068	455.245	0	422.649	360.912	244.073	222.910	188.504	0
Sistemas de Sinalização e Telecom											
Custos com Pessoal	159.231	159.231	159.231	159.231	26.415	159.231	159.231	159.231	159.231	159.231	26.415
Custos com Materiais	27.440	27.440	27.440	27.440	27.440	27.440	27.440	27.440	27.440	27.440	27.440
Sistemas Auxiliares											
Custos com Pessoal	88.791	88.791	88.791	88.791	53.571	88.791	88.791	88.791	88.791	88.791	53.571
Custos com Materiais	60.760	66.640	45.080	70.560	13.720	62.720	56.840	37.240	37.240	29.400	11.760

Fonte: Consórcio, 2016.

2.4. Manutenção Via Permanente

O dimensionamento do custo de manutenção de via permanente é composta por custos com pessoal e custos com materiais.

Similarmente ao já apresentado, para dimensionamento de custo de pessoa, adotou-se as referências para dimensionamento de postos de trabalho e do número de empregados por postos de trabalho descritos nas tabelas a seguir. Já para o dimensionamento de custos com materiais, adotou-se, com base em(...), o gasto mensal de R\$ 3.000 /km de via.

Tabela 43: Referência para dimensionamento de postos de trabalho

Dimensionamento de Postos de Trabalho	Fase I			
	Técnico Mecânico Preventiva	Técnico manutenção corretiva	Supervisor manutenção infraestrutura	Auxiliares para Via
	Km de túnel por técnico	Km de túnel por técnico	Invariável	Auxiliares por Km de túnel
Referência Numérica (em Relação ao Critério)	13	26	1	0,1

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 44: Referência para dimensionamento do número de empregados para cada posto de trabalho.

Dimensionamento Físico - Empregados / Postos	Técnico Mecânico Preventiva	Técnico manutenção corretiva	Supervisor manutenção infraestrutura	Auxiliares para Via
Turnos de Trabalho	1,00	1,00	1,00	1,00
Ajuste do Quadro pelas Horas não Trabalhadas	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Ajuste do Quadro pela Folga Semanal	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Ajuste do Quadro pelas Férias Anuais	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Ajuste por Absenteísmo	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
40 Horas Anuais em Cursos / Treinamento	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Reserva de Segurança	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Ajuste Total	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Empregados por Posto de Trabalho	1,00	1,00	1,00	1,00

Fonte: Consórcio, 2016.

A consolidação entre os custos com pessoal, resultante da associação entre o quadro de funcionários e respectivos salários, e os custos com materiais resulta no custo de manutenção de via permanente. Estes valores são sintetizados, para cada ano horizonte, nas tabelas a seguir.

Tabela 45: Estimativa de custos de manutenção de via permanente – Ano Horizonte 2020.

Manutenção Via Permanente	Cenário Base			
	Linha 1	Linha 2	Linha 4	Linha 4*
	Uruguai - General Osório	Pavuna - Estácio - Carioca - Praça XV	Jardim Oceânico - Gávea	Gávea - General Osório
Custo Total	230.110	283.381	101.601	31.089
Custos com Pessoal	92.932	106.087	44.661	18.351
Custos com Materiais	137.178	177.294	56.940	12.738
Vias Operacionais	43,7	57,1	18,0	3,2
Vias não Operacionais	2	2	1	1
Dimensionamento Físico				
Técnico Mecânico - Preventiva	4,00	5,00	1,00	0,00
Técnico Manutenção Corretiva	2,00	2,00	1,00	0,00
Supervisor Manutenção Infraestrutura	1,00	1,00	1,00	1,00
Auxiliares para Via	5,00	6,00	2,00	0,00
Custo por Categoria				
Técnico Mecânico - Preventiva	35.220	44.025	8.805	0
Técnico Manutenção Corretiva	17.610	17.610	8.805	0
Supervisor Manutenção Infraestrutura	18.351	18.351	18.351	18.351
Auxiliares para Via	21.751	26.101	8.700	0

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 46: Estimativa de custos de manutenção de via permanente – Ano Horizonte 2025

Manutenção Via Permanente	Cenário 2025					
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 4*	Linha 7
	Uruguai - General Osório	Pavuna - Arariboia	Arariboia - Alcântara	Jardim Oceânico - Gávea	Gávea - General Osório	Pres. Vargas - Deodoro
Custo Total	230.110	358.064	152.473	101.601	31.089	253.036
Custos com Pessoal	92.932	132.398	57.817	44.661	18.351	92.932
Custos com Materiais	137.178	225.666	94.656	56.940	12.738	160.104
Vias Operacionais	43,7	73,2	29,6	18,0	3,2	51,4
Vias não Operacionais	2	2	2	1	1	2
Dimensionamento Físico						
Técnico Mecânico - Preventiva	4,00	6,00	2,00	1,00	0,00	4,00
Técnico Manutenção Corretiva	2,00	3,00	1,00	1,00	0,00	2,00
Supervisor Manutenção Infraestrutura	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Auxiliares para Via	5,00	8,00	3,00	2,00	0,00	5,00
Custo por Categoria						
Técnico Mecânico - Preventiva	35.220	52.830	17.610	8.805	0	35.220
Técnico Manutenção Corretiva	17.610	26.415	8.805	8.805	0	17.610
Supervisor Manutenção Infraestrutura	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351
Auxiliares para Via	21.751	34.802	13.051	8.700	0	21.751

Tabela 46: Estimativa de custos de manutenção de via permanente – Ano Horizonte 2035.

<u>Manutenção Via Permanente</u>	Cenário 2035							
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 4*	Linha 6	Linha 7	Linha 8
	Uruguai - General Osório	Pavuna - Arariboia	Arariboia - Alcântara	Alvorada - Gávea - Carioca	Gávea - General Osorio	Alvorada - Cocotá	Pres. Vargas - Deodoro	Gávea - Uruguai - Del Castilho
Custo Total	230.110	358.064	152.473	239.284	31.089	318.256	253.036	144.283
Custos com Pessoal	92.932	132.398	57.817	92.932	18.351	119.242	92.932	57.817
Custos com Materiais	137.178	225.666	94.656	146.352	12.738	199.014	160.104	86.466
Vias Operacionais	43,7	73,2	29,6	47,8	3,2	64,3	51,4	26,8
Vias não Operacionais	2	2	2	1	1	2	2	2
Dimensionamento Físico								
Técnico Mecânico - Preventiva	4,00	6,00	2,00	4,00	0,00	5,00	4,00	2,00
Técnico Manutenção Corretiva	2,00	3,00	1,00	2,00	0,00	3,00	2,00	1,00
Supervisor Manutenção Infraestrutura	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Auxiliares para Via	5,00	8,00	3,00	5,00	0,00	7,00	5,00	3,00
Custo por Categoria								
Técnico Mecânico - Preventiva	35.220	52.830	17.610	35.220	0	44.025	35.220	17.610
Técnico Manutenção Corretiva	17.610	26.415	8.805	17.610	0	26.415	17.610	8.805
Supervisor Manutenção Infraestrutura	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351
Auxiliares para Via	21.751	34.802	13.051	21.751	0	30.451	21.751	13.051

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 47: Estimativa de custos de manutenção de via permanente – Ano Horizonte 2045.

<u>Manutenção Via Permanente</u>	Cenário 2045										
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 4*	Linha 6	Linha 7	Linha 8	Linha 9	Linha 12	Linha 12*
	Uruguai - General Osório	Pavuna - Arariboia	Arariboia - Alcântara	Recreio - Gávea - Carioca	Gávea - General Osório	Alvorada - Cocotá	Deodoro Pres Vargas	Gávea - Uruguai - Del Castilho	Arariboia - Maravista	Gávea - Uruguai - Av. Brasil	Gávea - Uruguai (excludente-L12&L8)
Custo Total	230.110	358.064	152.473	344.605	31.089	318.256	253.036	144.283	126.594	96.105	79.329
Custos com Pessoal	92.932	132.398	57.817	128.047	18.351	119.242	92.932	57.817	53.466	44.661	40.311
Custos com Materiais	137.178	225.666	94.656	216.558	12.738	199.014	160.104	86.466	73.128	51.444	39.018
Vias Operacionais	43,7	73,2	29,6	71,2	3,2	64,3	51,4	26,8	22,4	15,1	11,0
Vias não Operacionais	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2
Dimensionamento Físico											
Técnico Mecânico - Preventiva	4,00	6,00	2,00	6,00	0,00	5,00	4,00	2,00	2,00	1,00	1,00
Técnico Manutenção Corretiva	2,00	3,00	1,00	3,00	0,00	3,00	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Supervisor Manutenção Infra-Estrutura	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Auxiliares para Via	5,00	8,00	3,00	7,00	0,00	7,00	5,00	3,00	2,00	2,00	1,00
Custo por Categoria											
Técnico Mecânico - Preventiva	35.220	52.830	17.610	52.830	0	44.025	35.220	17.610	17.610	8.805	8.805
Técnico Manutenção Corretiva	17.610	26.415	8.805	26.415	0	26.415	17.610	8.805	8.805	8.805	8.805
Supervisor Manutenção Infra-Estrutura	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351	18.351
Auxiliares para Via	21.751	34.802	13.051	30.451	0	30.451	21.751	13.051	8.700	8.700	4.350

Fonte: Consórcio, 2016.

3 CUSTOS COM PÁTIOS

As atividades de manutenção e estacionamento das composições operacionais que fazem parte da rede de transportes sobre trilhos futura estão distribuídas em seis pátios, sendo: os pátios Centro, Maria da Graça e Barra da Tijuca em operação na rede de 2020; os pátios de Neves e Guaxindiba parte da rede prevista a partir de 2025, e; o pátio de Deodoro a partir da rede 2035.

O custeio das atividades executadas no pátio, como manutenção de material rodante e sistemas, bem como o almoxarifado para a manutenção de rede aérea e obra civis, faz parte do dimensionamento de custos de cada pátio. Assim, para dimensionamento dos custos com pátios, considerou-se na estimativa aqueles atinentes apenas a esta estrutura propriamente dita, neste caso: custos com o pessoal; custos com manutenção dos trilhos e instalações e; custos com energia. Estes custos, por sua vez, são dimensionados em função da quantidade de carros distribuídos por pátios. Esta avaliação foi executada para o horizonte com início em 2016 até 2045.

Tabela 48: Dimensionamento dos custos com pátios

<u>Custos com Pátios</u>	1 Centro	2 Maria da Graça	4 Barra da Tijuca	5 Deodoro	6 Neves	7 Guaxindiba
Custo Total	583.047	516.154	451.792	371.016	275.932	265.858
2016	129.226	117.473	87.368	0	0	0
2025	130.826	123.872	87.368	118.913	76.095	76.095
2035	159.818	138.065	131.591	131.591	112.169	112.169
2045	163.177	136.745	145.465	120.513	87.668	77.595
Custos com Pessoal						
2016	98.992	92.518	79.570	0	0	0
2025	98.992	92.518	79.570	92.518	73.096	73.096
2035	120.745	98.992	92.518	92.518	73.096	73.096
2045	120.745	98.992	114.271	92.518	79.570	73.096
Custos com Manutenção de Trilhos e Instalações						
2016	9.072	7.488	2.340	0	0	0
2025	9.552	9.408	2.340	7.920	900	900
2035	11.724	11.724	11.724	11.724	11.724	11.724
2045	12.732	11.328	9.360	8.400	2.430	1.350
Custos com Energia Elétrica						
2016	21.163	17.468	5.459	0	0	0
2025	22.282	21.946	5.459	18.475	2.099	2.099
2035	27.349	27.349	27.349	27.349	27.349	27.349
2045	29.700	26.425	21.834	19.595	5.669	3.149
Carros por pátio 2016	302	250	78	0	0	0
Carros por pátio 2025	318	314	78	264	30	30
Carros por pátio 2035	391	391	391	391	391	391
Carros por pátio 2045	424	378	312	280	81	45
Trens por pátio 2016	48	31	13	0	0	0
Trens por pátio 2025	50	39	13	33	5	5
Trens por pátio 2035	62	42	38	33	7	7
Trens por pátio 2045	67	47	52	35	14	8

Fonte: Consórcio, 2016.

4 SERVIÇOS DE TERCEIROS

Para fins de projeção dos custos com limpeza e vigilância, considerou-se nesta avaliação a terceirização desses serviços.

Para dimensionamento do quadro de limpeza, considera-se que a divisão da atividade ocorrerá em três áreas de concentração das equipes de limpeza, determinadas por características específicas de cada uma delas, que são: Estações, Trens e Demais áreas da empresa. Estas áreas de concentração das equipes determinam, dentre outros aspectos, o horário de trabalho dessas equipes e a expectativa quanto à mínima produtividade a ser alcançada de maneira a não comprometer a normalidade operacional. Desta forma, para dimensionamento do número de funcionários de limpeza, considera-se a necessidade de 5, 9 e 15 funcionários em estação pequena, média e grande respectivamente, além de um supervisor por estação. Adicionalmente ao custo de pessoal, considera-se um acréscimo de 20% neste valor para contingência de materiais. Já para dimensionamento do quadro de vigilância, definiu-se a presença destes profissionais nas áreas administrativas e nas oficinas. Os parâmetros de salários apurados em condições de mercado estão apresentados na Tabela 49, enquanto os resultados totais deste dimensionamento são apresentados nas tabelas subsequentes.

Tabela 49: Salário mensal para as funções de limpeza e segurança patrimonial

Limpeza	Custo Total Mensal
Supervisor	3.900,00
Faxineiro	2.600,00
Segurança Patrimonial	Custo Total Mensal
Supervisor	4.400,00
Agente	3.500,00

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 50: Custos com Terceirizados: Limpeza e Segurança - Ano horizonte 2020.

Dimensionamento Limpeza de Estações		Cenário Base			
		Linha 1	Linha 2	Linha 4	Linha 4*
		Uruguai - General Osório	Pavuna - Estácio - Carioca - Praça XV	Jardim Oceânico - Gávea	Gávea - General Osório
Estações Grandes	15	45	45	30	15
Estações Médias	9	18	18	18	0
Estações Pequenas	5	75	75	-5	15
Supervisores (Estação)	1	20	20	3	4
Material	20%	20%	20%	20%	20%
TOTAL		546.000	546.000	546.000	154.375
Segurança Patrimonial					
Pátio		12	12	12	0
Sede Administrativa		12	12	12	0
Custo Total		295.200	295.200	295.200	0

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 51: Custos com Terceirizados: Limpeza e Segurança - Ano horizonte 2025.

Dimensionamento Limpeza de Estações		Cenário 2025					
		Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 4*	Linha 7
		Uruguai - General Osório	Pavuna - Arariboia	Arariboia - Alcântara	Jardim Oceânico - Gávea	Gávea - General Osório	Pres. Vargas - Deodoro
Estações Grandes	15	45	45	45	30	15	45
Estações Médias	9	18	18	18	18	0	18
Estações Pequenas	5	75	90	35	-5	15	65
Supervisores (Estação)	1	20	23	12	3	4	18
Material	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
TOTAL		546.000	546.000	609.375	377.000	154.375	117.000
Segurança Patrimonial							
Pátio		12	12	12	12	0	12
Sede Administrativa		12	12	12	12	0	12
Custo Total		295.200	295.200	295.200	295.200	0	295.200

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 52: Custos com Terceirizados: Limpeza e Segurança - Ano horizonte 2035.

Dimensionamento Limpeza de Estações		Cenário 2035							
		Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 4*	Linha 6	Linha 7	Linha 8
		Uruguai - General Osório	Pavuna - Arariboia	Arariboia - Alcântara	Alvorada - Gávea - Carioca	Gávea - General Osório	Alvorada - Cocotá	Pres. Vargas - Deodoro	Gávea - Uruguai - Del Castilho
Estações Grandes	15	45	45	45	45	15	45	45	30
Estações Médias	9	18	18	18	18	0	18	18	18
Estações Pequenas	5	75	90	35	55	15	80	65	25
Supervisores (Estação)	1	20	23	12	16	4	21	18	9
Material	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
TOTAL		546.000	546.000	609.375	377.000	461.500	117.000	567.125	503.750
Segurança Patrimonial									
Pátio		12	12	12	12	0	12	12	12
Sede Administrativa		12	12	12	12	0	12	12	12
Custo Total		295.200	295.200	295.200	295.200	0	295.200	295.200	295.200

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 53: Custos com Terceirizados: Limpeza e Segurança - Ano horizonte 2045.

Dimensionamento Limpeza de Estações		Cenário 2045										
		Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 4*	Linha 6	Linha 7	Linha 8	Linha 9	Linha 12	Linha 12*
		Uruguai - General Osório	Pavuna - Arariboia	Arariboia - Alcântara	Recreio - Gávea - Carioca	Gávea - General Osório	Alvorada - Cocotá	Deodoro Pres Vargas	Gávea - Uruguai - Del Castilho	Arariboia - Maravista	Gávea - Uruguai - Av. Brasil	Gávea - Uruguai (excludente- L12&L8)
Estações Grandes	15	45	45	45	45	15	45	45	30	30	30	0
Estações Médias	9	18	18	18	18	0	18	18	18	18	18	18
Estações Pequenas	5	75	90	35	100	15	80	65	25	25	5	0
Supervisores (Estação)	1	20	23	12	25	4	21	18	9	9	5	2
Material	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
TOTAL		546.000	546.000	609.375	377.000	651.625	117.000	567.125	503.750	281.125	281.125	196.625
Segurança Patrimonial												
Pátio		12	12	12	12	0	12	12	12	12	12	0
Sede Administrativa		12	12	12	12	0	12	12	12	12	12	0
Custo Total		295.200	295.200	295.200	295.200	0	295.200	295.200	295.200	295.200	295.200	0

Fonte: Consórcio, 2016.

5 DESPESAS ADMINISTRATIVAS

Cada uma das linhas do sistema de transportes sobre trilhos da Região Metropolitana do Rio de Janeiro foi considerada, para fins de modelagem de custos, uma unidade de negócios autônoma. Neste contexto, cada uma das Linhas deverá ser dotada de capacidade administrativa própria, incluindo quadro de pessoal capacitado para assunção das principais funções administrativas e recursos financeiros para o custeio de atividades cotidianas. Nota-se que o quadro administrativo não inclui funções que são mais correlatas às funções de Estado, como diretorias de planejamento ou expansão. As funções administrativas aqui listadas são aquelas adequadas ao correto desenvolvimento das atividades operacionais da empresa operadora.

As despesas administrativas dividem-se entre despesas com pessoal e despesas administrativas gerais. As despesas administrativas gerais abrangem inúmero itens, como os exemplificados a seguir:

- Serviços Públicos
 - Água
 - Luz
 - Telefonia geral
 - Serviços 0800 (call center)
- Aluguéis
 - Imóveis
 - Veículos
- Móveis
 - Móveis em Geral
- Serviços de terceiros
 - Administração de rede / data center
 - Rede de comunicação
 - Honorários de advogados / consultoria
 - Auditoria Externa
- Despesas diversas
 - Comunicação e Marketing
 - Treinamento
- Despesas com informática
 - Computadores / software
 - Administração de TI
- Despesas de representação

Uma ordem de grandeza das despesas gerais é sintetizada na tabela a seguir, sendo que na prática tais custos variam sobremaneira período a período e de acordo com a estratégia de gestão de cada unidade autônoma.

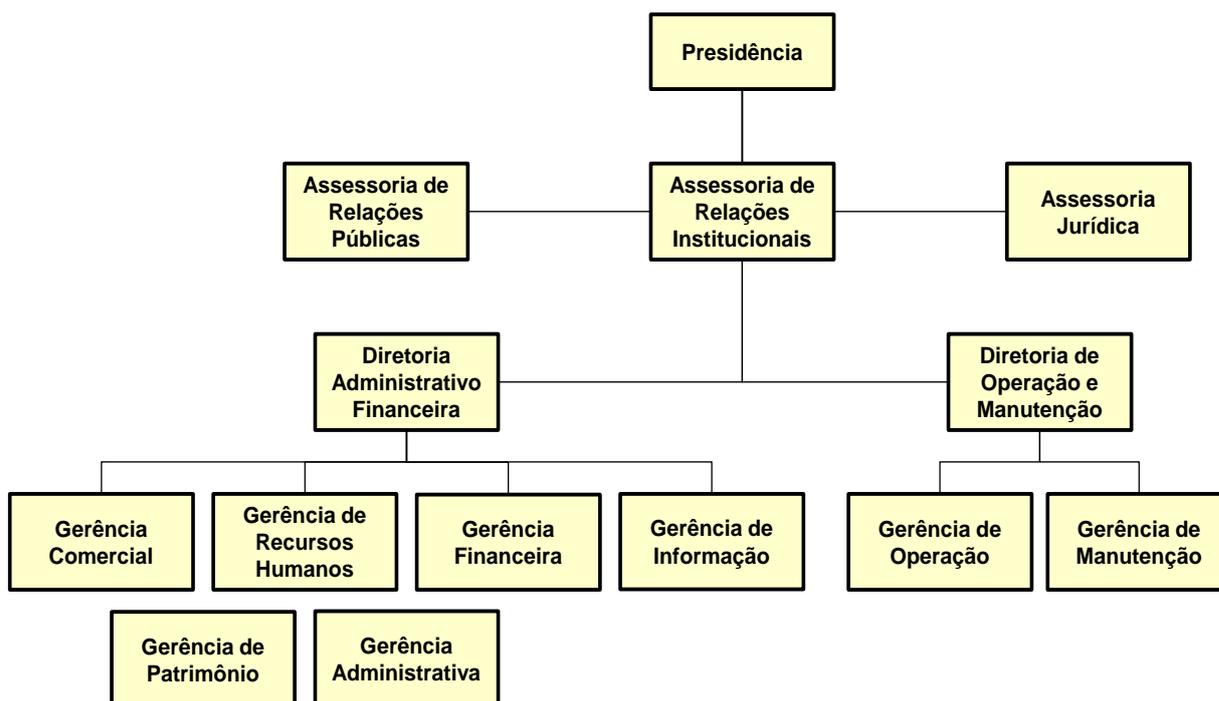
Tabela 54: Custos mensais com despesas administrativas gerais

Custos Mensais	Valor
Serviços Públicos	43.500
Água	7.500
Luz	15.000
Telefonia geral	15.000
Serviços 0800 (call center)	6.000
Alugueis	60.000
Imóveis	30.000
Veículos	30.000
Móveis	6.000
Móveis em Geral	6.000
Serviços de terceiros	135.000
Administração de rede / data center	30.000
Rede de comunicação	7.500
Honorários de advogados	52.500
Auditoria Externa	45.000
Despesas diversas	67.000
Comunicação e Mkt	55.000
Treinamento	12.000
Despesas com informática	24.000
Computadores / software	12.000
Administração de TI	12.000
Despesas de representação	25.000

Fonte: Consórcio, 2016.

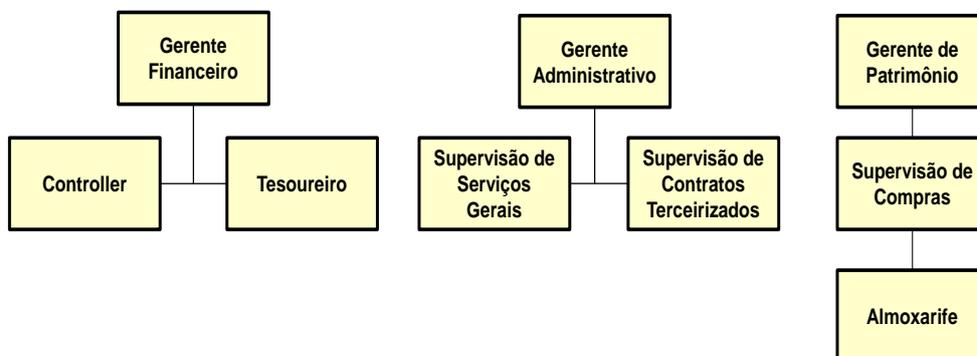
Quanto ao quadro de pessoal administrativo, considerou-se parte das funções realizada por pessoal próprio, enquanto outra parte das funções atribuída a terceiros. De forma sintética, a estrutura organizacional da Empresa Operadora divide-se entre o núcleo de decisão, consubstanciado pela figura do Gerente Geral e seus assessores, a Diretoria Administrativa – Financeira e a Diretoria de Operação e Manutenção. A estrutura administrativa básica de uma empresa operacional é ilustrada na Figura 4, enquanto as principais gerências são apresentadas na Figura 5.

Figura 4: Estrutura administrativa básica de uma empresa operacional.



Fonte: Consórcio, 2016.

Figura 5: Principais gerências de uma empresa operacional.



Fonte: Consórcio, 2016.

O dimensionamento definitivo do quadro de pessoal dependerá sempre do número de linhas abarcado e do volume de atribuições definido para cada uma das funções. A título de ilustração, a tabela a seguir apresenta uma estrutura de SPE padrão, quando tais projetos são conduzidos pela iniciativa privada, abrangendo uma linha de porte médio.

Tabela 55: Estrutura de SPE padrão de empresa operadora privada

	Dimensionamento Físico	Salário Nominal	Benefícios Mensais	Custos Indiretos	Custo Mensal por Funcionário	Custo Total Mensal
Presidente	1	42.000,00	2.100,00	68,0%	72.660,00	72.660,00
Diretores	2	27.000,00	2.100,00	68,0%	47.460,00	145.320,00
Diretor de Operação	1					
Diretor Geral	1					
Gerentes e Assessoria	8	23.000,00	980,00	68,0%	39.620,00	316.960,00
Gerente Técnico	1					
Gerente de Manutenção	1					
Gerente Comercial	1					
Gerente Financeiro	1					
Gerente de Recursos Humanos	1					
Gerente Jurídico	1					
Assessoria de Relações Públicas	1					
Assessoria de Relações Institucionais	1					
Supervisores	15	10.500,00	490,00	68,0%	18.130,00	271.950,00
Supervisor de Operação	2					
Supervisor de Manutenção	2					
Supervisor Comercial	1					
Supervisores Administrativos Gerais	6					
Supervisor de Recursos Humanos	2					
Supervisor Jurídico	2					
Técnicos Administrativos	15	1.680,00	501,40	68,0%	3.323,80	49.856,94
Auxiliares / Recepcionista	2	2.240,00	501,40	48,0%	3.816,60	7.633,19
Secretárias	11	2.800,00	501,40	48,0%	4.645,40	51.099,36
Total	54					

Fonte: Consórcio, 2016.

6 SÍNTESE DOS CUSTOS OPERACIONAIS

Diante ao apresentado neste apêndice, estimou-se então o custo operacional anual total para cada linha que constitui o Plano Diretor Metroviário da RMRJ. O custo operacional anual total é resultante da soma dos custos detalhados neste apêndice: operação do sistema (pessoal, energia, materiais, limpeza de estações, segurança de pátio e sede e vandalismo em estações); manutenção (via permanente, material rodante, sistemas e obras civis); custos administrativos gerais e; custos de manutenção e operação de pátios. A tabela a seguir sintetiza os principais custos operacionais de cada uma das linhas dimensionadas para a rede futura do sistema de transportes sobre trilhos da região metropolitana do Rio de Janeiro.

Os custos anuais superam a marca de R\$ 300 milhões para as linhas de grande extensão e com headway reduzido, o que implica em um elevado volume de material rodante e conseqüente aumento de custo com pessoal e energia, como é o caso da Linha 2.

Em uma avaliação complementar, dividindo-se o custo total de cada linha pela quilometragem total percorrida, verificou-se o custo por médio de R\$ 50,83 /km para o sistema. Expurgando-se os impostos deste valor para a avaliação de viabilidade econômica, obteve-se o custo operacional econômico de R\$ 39,33 /km para o sistema.

Tabela 56: Custos Operacionais estimados para o Ano Horizonte 2020.

Custos Operacionais (R\$)	Cenário Base			
	Linha 1	Linha 2	Linha 4	Linha 4*
	Uruguai - General Osório	Pavuna - Estácio - Carioca - Praça XV	Jardim Oceânico - Gávea	Gávea - General Osório
Operação	13.348.129	15.403.094	3.393.899	1.404.720
Pessoal	4.971.524	4.942.254	1.569.472	803.018
Energia	6.970.003	9.057.164	1.198.608	389.775
Materiais	497.152	494.225	156.947	80.302
Limpeza Estações	546.000	546.000	154.375	117.000
Segurança Pátio e Sede	295.200	295.200	295.200	0
Vandalismo Estações	68.250	68.250	19.297	14.625
Manutenção	5.377.219	6.549.419	1.974.273	617.370
Via Permanente	230.110	283.381	101.601	31.089
Material Rodante	3.279.463	4.092.288	914.647	243.504
Sistemas	863.282	966.398	613.364	121.146
Obras Civis	1.004.365	1.207.351	344.661	221.631
Custos Administrativos	1.467.376	1.467.376	1.467.376	1.467.376
Custos de manutenção e operação de Pátio	108.139	138.560	60.486	26.883
TOTAL MENSAL	R\$ 20.300.863,98	R\$ 23.558.449,15	R\$ 6.896.034,19	R\$ 3.516.349,28
TOTAL ANUAL	R\$ 243.610.367,77	R\$ 282.701.389,83	R\$ 82.752.410,24	R\$ 42.196.191,40

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 57: Custos Operacionais estimados para o Ano Horizonte 2025.

Custos Operacionais (R\$)	Cenário 2025					
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 4*	Linha 7
	Uruguaí - General Osório	Pavuna - Arariboia	Arariboia - Alcântara	Jardim Oceânico - Gávea	Gávea - General Osório	Pres. Vargas - Deodoro
Operação	13.348.129	18.714.268	5.429.563	3.393.899	1.404.720	13.306.837
Pessoal	4.971.524	5.665.935	2.838.535	1.569.472	803.018	4.452.460
Energia	6.970.003	11.500.993	1.587.850	1.198.608	389.775	7.547.212
Materiais	497.152	566.593	283.853	156.947	80.302	445.246
Limpeza Estações	546.000	609.375	377.000	154.375	117.000	503.750
Segurança Pátio e Sede	295.200	295.200	295.200	295.200	0	295.200
Vandalismo Estações	68.250	76.172	47.125	19.297	14.625	62.969
Manutenção	5.377.219	8.087.444	2.560.153	1.974.273	617.370	5.783.853
Via Permanente	230.110	358.064	152.473	101.601	31.089	253.036
Material Rodante	3.279.463	5.124.568	1.011.962	914.647	243.504	3.522.645
Sistemas	863.282	1.101.649	727.513	613.364	121.146	922.048
Obras Cíveis	1.004.365	1.503.164	668.206	344.661	221.631	1.086.124
Custos Administrativos	1.467.376	1.467.376	1.467.376	1.467.376	1.467.376	1.467.376
Custos de manutenção e operação de Pátio	105.081	149.617	152.190	60.486	26.883	118.913
TOTAL MENSAL	R\$ 20.297.805,96	R\$ 28.418.705,18	R\$ 9.609.282,03	R\$ 6.896.034,19	R\$ 3.516.349,28	R\$ 20.676.979,22
TOTAL ANUAL	R\$ 243.573.671,48	R\$ 341.024.462,12	R\$ 115.311.384,39	R\$ 82.752.410,24	R\$ 42.196.191,40	R\$ 248.123.750,62

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 58: Custos Operacionais estimados para o Ano Horizonte 2035.

Custos Operacionais (R\$)	Cenário 2035							
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 4*	Linha 6	Linha 7	Linha 8
	Uruguai - General Osório	Pavuna - Arariboia	Arariboia - Alcântara	Alvorada - Gávea - Carioca	Gávea - General Osorio	Alvorada - Cocotá	Pres. Vargas - Deodoro	Gávea - Uruguai - Del Castilho
Operação	13.348.129	19.674.271	6.408.458	7.272.450	1.466.730	9.239.792	14.118.115	5.133.222
Pessoal	4.971.524	5.706.608	3.037.602	3.509.159	832.289	4.276.784	4.540.848	2.356.941
Energia	6.970.003	12.416.256	2.347.771	2.597.987	419.588	3.602.114	8.261.264	1.929.122
Materiais	497.152	570.661	303.760	350.916	83.229	427.678	454.085	235.694
Limpeza Estações	546.000	609.375	377.000	461.500	117.000	567.125	503.750	281.125
Segurança Pátio e Sede	295.200	295.200	295.200	295.200	0	295.200	295.200	295.200
Vandalismo Estações	68.250	76.172	47.125	57.688	14.625	70.891	62.969	35.141
Manutenção	5.377.219	8.198.146	3.032.049	3.604.931	693.496	4.718.895	6.175.366	2.657.687
Via Permanente	230.110	330.622	170.998	239.284	31.089	344.089	271.966	152.419
Material Rodante	3.279.463	5.362.423	1.392.220	1.467.154	319.629	1.862.095	3.776.753	1.160.503
Sistemas	863.282	1.065.827	756.090	887.913	121.146	1.082.459	958.337	719.587
Obras Cíveis	1.004.365	1.439.274	712.741	1.010.580	221.631	1.430.251	1.168.310	625.179
Custos Administrativos	1.467.376	1.467.376	1.467.376	1.467.376	1.467.376	1.467.376	1.467.376	1.467.376
Custos de manutenção e operação de Pátio	104.484	157.232	223.377	51.944	16.389	62.278	131.111	28.733
TOTAL MENSAL	R\$ 20.297.208,64	R\$ 29.497.024,53	R\$ 11.131.260,65	R\$ 12.396.700,62	R\$ 3.643.991,33	R\$ 15.488.340,66	R\$ 21.891.968,98	R\$ 9.287.018,98
TOTAL ANUAL	R\$ 243.566.503,73	R\$ 353.964.294,35	R\$ 133.575.127,80	R\$ 148.760.407,47	R\$ 43.727.895,96	R\$ 185.860.087,86	R\$ 262.703.627,79	R\$ 111.444.227,81

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 59: Custos Operacionais estimados para o Ano Horizonte 2045.

Custos Operacionais (R\$)	Cenário 2045										
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 4*	Linha 6	Linha 7	Linha 8	Linha 9	Linha 12	Linha 12*
	Uruguai - General Osório	Pavuna - Arariboia	Arariboia - Alcântara	Recreio - Gávea - Carioca	Gávea - General Osorio	Alvorada - Cocotá	Deodoro Pres Vargas	Gávea - Uruguai - Del Castilho	Arariboia - Maravista	Gávea - Uruguai - Av. Brasil	Gávea - Uruguai (excludente- L12&L8)
Operação	13.348.129	20.539.583	6.897.445	11.576.461	1.573.605	9.511.846	14.659.526	4.924.607	3.994.774	3.397.508	483.364
Pessoal	4.971.524	5.905.675	3.126.330	5.048.729	832.289	4.358.194	4.651.528	2.356.941	2.187.143	1.726.989	369.620
Energia	6.970.003	13.062.593	2.739.157	4.994.581	526.463	3.784.617	8.680.926	1.720.507	977.451	981.418	0
Materiais	497.152	590.568	312.633	504.873	83.229	435.819	465.153	235.694	218.714	172.699	36.962
Limpeza Estações	546.000	609.375	377.000	651.625	117.000	567.125	503.750	281.125	281.125	196.625	68.250
Segurança Pátio e Sede	295.200	295.200	295.200	295.200	0	295.200	295.200	295.200	295.200	295.200	0
Vandalismo Estações	68.250	76.172	47.125	81.453	14.625	70.891	62.969	35.141	35.141	24.578	8.531
Manutenção	5.377.219	8.588.767	3.199.358	5.464.102	694.761	4.843.189	6.404.134	2.610.303	2.134.982	2.174.938	417.086
Via Permanente	230.110	330.622	170.998	344.605	31.089	344.089	271.966	152.419	138.505	146.347	80.139
Material Rodante	3.279.463	5.753.044	1.559.529	2.514.806	320.895	1.986.389	4.005.520	1.113.119	767.576	807.785	0
Sistemas	863.282	1.065.827	756.090	1.095.878	121.146	1.082.459	958.337	719.587	684.355	702.113	119.186
Obras Cívicas	1.004.365	1.439.274	712.741	1.508.812	221.631	1.430.251	1.168.310	625.179	544.547	518.694	217.761
Custos Administrativos	1.467.376	1.467.376	1.467.376	1.467.376	1.467.376	1.467.376	1.467.376	1.467.376	1.467.376	1.467.376	1.467.376
Custos de manutenção e operação de Pátio	95.268	160.384	126.929	78.327	13.202	55.449	122.912	26.199	40.134	16.672	0
TOTAL MENSAL	R\$ 20.287.992,62	R\$ 30.756.109,95	R\$ 11.691.107,49	R\$ 18.586.266,65	R\$ 3.748.944,94	R\$ 15.877.860,72	R\$ 22.653.947,69	R\$ 9.028.485,23	R\$ 7.637.266,10	R\$ 7.056.494,63	R\$ 2.367.826,30
TOTAL ANUAL	R\$ 243.455.911,44	R\$ 369.073.319,40	R\$ 140.293.289,82	R\$ 223.035.199,79	R\$ 44.987.339,25	R\$ 190.534.328,70	R\$ 271.847.372,29	R\$ 108.341.822,79	R\$ 91.647.193,26	R\$ 84.677.935,59	R\$ 28.413.915,61

Fonte: Consórcio, 2016.

APÊNDICE F

ANÁLISE HIERÁRQUICA – PRIORIZAÇÃO
DAS LINHAS



APÊNDICE 8: ANÁLISE HIERÁRQUICA

Descreve-se neste apêndice os conceitos e metodologias adotadas e desenvolvidas para a aplicação da ferramenta auxiliar de tomada de decisões AHP no âmbito do Plano Diretor Metroviário da RMRJ.

1. CRITÉRIOS ADOTADOS PARA A AVALIAÇÃO HIERÁRQUICA DO PDM

Considerando a característica do PDM de ser um plano estratégico que detalha o planejamento evolutivo de um dos modos de transporte urbano da RMRJ, decidiu-se que o ponto de partida para a definição dos critérios para desenvolvimento da metodologia AHP do PDM seria a análise dos critérios utilizados no desenvolvimento do PDTU - Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Isso se deve ao fato de que o PDTU é o atual instrumento geral de planejamento de mobilidade na região e deve balizar instrumentos auxiliares que o complementem, como é o caso do PDM.

Desta forma, definiu-se os critérios e sub-critérios apresentados na tabela a seguir e discutidos nos itens seguintes.

Tabela 1: Critérios adotados para a Avaliação Hierárquica do PDM

CRITÉRIO DE ANÁLISE DO PDM		
CRITÉRIOS	SUB-CRITÉRIOS	ÍNDICE
Custo	Custo dos investimentos	Passageiros Transportados / Custo de Investimentos
	Custo de Operação	Passageiros Transportados / Custo de Operação
Impactos Sociais	Impacto na Mobilidade	Redução de horas de viagem
	Impactos Socioambientais	Redução de km de viagem de automóvel
	Desenvolvimento Urbano	Análise qualitativa via opinião de especialistas
Demanda	Passageiros Transportados	Acréscimo dos deslocamentos de viagens captados pelo trecho em implantação

CRITÉRIO DE ANÁLISE DO PDM		
CRITÉRIOS	SUB-CRITÉRIOS	ÍNDICE
	Equilíbrio na Demanda	Total de passageiros transportados na linha totais (ambos no pico da manhã) / passageiros transportados no sentido mais carregado Renovação de passageiros no sentido mais carregado da linha
Oferta	Conectividade	Número de conexões.
	Atendimento a grandes polos	Número de polos incorporados à rede metroviária / km do corredor
Impacto Político e Institucional	Conveniência e Atritos Políticos	Análise qualitativa via opinião de especialistas

Fonte: consórcio, 2016.

1.1. Custo Financeiro

O Custo Financeiro é um elemento fundamental para qualquer política de mobilidade. Tal critério foi utilizado tanto no PDTU quanto no PDM, com alguma variação de abordagem. Os dois planos fazem referência aos custos de construção e operação. Contudo, o PDTU aponta ainda dois aspectos a serem considerados que não foram aproveitados no PDM por não terem sido considerados pertinentes pelos técnicos:

- Custo da infraestrutura não computada (vias para transporte rodoviário): tal como já apontado no PDTU, esse aspecto não é pertinente para análise de projetos metroviários;
- Levar em consideração a vida útil dos investimentos: esse aspecto é pertinente quando há diferentes modos de transportes sendo comparados. Ele indica que deve-se, por exemplo, atenuar os investimentos mais robustos necessários para a implantação do transporte sobre trilhos tendo em vista a sua vida útil de longo prazo.

Percebe-se assim que o PDM levou em conta todos os aspectos pertinentes levantados no PDTU, como será descrito a seguir, dividindo-os em dois subcritérios: Custo de Construção e Custo de Operação.

1.1.1. Custo de Investimentos

No que se refere à construção de novos corredores e compra do material rodante, a magnitude dos investimentos necessários é extremamente relevante frente aos orçamentos governamentais e as demandas sociais. A escassez de recursos financeiros para a construção de novos projetos é o grande entrave no desenvolvimento das redes de transporte nas cidades brasileiras e particularmente no Rio de Janeiro. O PDM apresenta no Relatório Técnico 2, item 5, a metodologia utilizada para a estimativa destes custos.

Para a métrica, considerou-se que a utilização apenas do custo não seria adequada, pois não refletiria a eficiência do gasto e beneficiaria, dentro do processo de classificação, as linhas curtas e com tipologia e método construtivo mais barato, o que não é necessariamente o mais correto para a tomada de decisão.

Determinou-se, assim, um parâmetro que apontasse para a eficiência do investimento. Desta forma, quanto maior esse valor, mais eficiente é a linha e, portanto, maior será a sua nota computada, elevando o corredor na lista de prioridades. O indicador definido para avaliação do critério de custos de investimentos foi:

$$\frac{\textit{Total diario de passageiro incorporados a rede metroviaira}}{\textit{Custo Total de Implementação.}}$$

1.1.2. Custo Operacional

Via de regra, a maior parte dos custos operacionais dos sistemas de transporte são arcados pelo passageiro, por meio do pagamento da tarifa. Considerando a realidade socioeconômica atual e o peso dos gastos com transportes nos orçamentos familiares, é desejável que os corredores de transporte a serem construídos possuam um baixo custo operacional a fim de proporcionar modicidade tarifária. Encontram-se neste Relatório Técnico 3, mais precisamente no item 5.2., os componentes que foram utilizadas na metodologia de custos operacionais.

De forma análoga com que ocorreu com o custo de investimentos, escolheu-se um parâmetro que apontasse para a eficiência do investimento, neste caso o indicador definido foi total de passageiros transportados por milhar de reais gastos em operação anual:

$$\frac{\text{Passageiros Transportados anualmente}}{\text{Custo Total de Operação.}}$$

Assim, quanto maior esse valor, mais eficiente é a linha e, portanto, maior será a sua nota, sendo considerada mais prioritária no processo de classificação.

1.2. Impactos Sociais

A construção de corredores de transporte de alta capacidade gera grandes impactos (positivos e negativos) nos locais onde são implantados. De uma forma geral, a construção de sistema de transporte de alta capacidade não se justifica quando observado apenas o retorno financeiro proveniente da tarifa.

Os impactos sociais são, portanto, essenciais para se compreender a lógica da construção desses modos de transporte. Dos aspectos relacionados no PDTU, todos foram considerados no PDM. Estes foram agrupados em três subcritérios, tal como explicado a seguir.

1.2.1. Redução do Tempo de Viagem

Corredores metroviários ofertam muitas possibilidades de viagens rápidas em grandes traçados. Eles diminuem diretamente o tempo gasto em viagens dos seus usuários. Além disso, podem inclusive afetar, indiretamente, o tempo de viagem dos não usuários, uma vez que a transferência modal provocada por eles podem retirar automóveis particulares das ruas, diminuindo engarrafamentos e melhorando a fluidez do tráfego.

O tempo economizado poderá ser empregado em trabalho, estudo, descanso, lazer ou outras atividades econômicas ou de bem estar. Essa mudança traz melhoria na qualidade de vida da população, ganhos de produtividade e dinamização da economia urbana. Ou seja, existem ganhos relacionados à mobilidade que transbordam para outras facetas de dinâmica urbana, beneficiando também empregadores, vendedores e arrecadação de impostos.

Nesse sentido, a métrica utilizada para tratar desse aspecto é a redução do tempo de todas as viagens do sistema, independente se estiverem usando o referido corredor.

Assim, como nos indicadores anteriores, optou-se por utilizar um indicador de eficiência, neste caso a redução dos tempos de viagem foi normalizada pela extensão do trecho avaliado, como mostrado a seguir:

$$= \frac{Tt_r - TT_{ai}}{d}$$

Onde:

Tt_r = Total de tempo gasto em transporte no cenário de referência [horas]

Tt_ai = Total de tempo gasto em transporte no cenário com alternativa i implementada [horas]

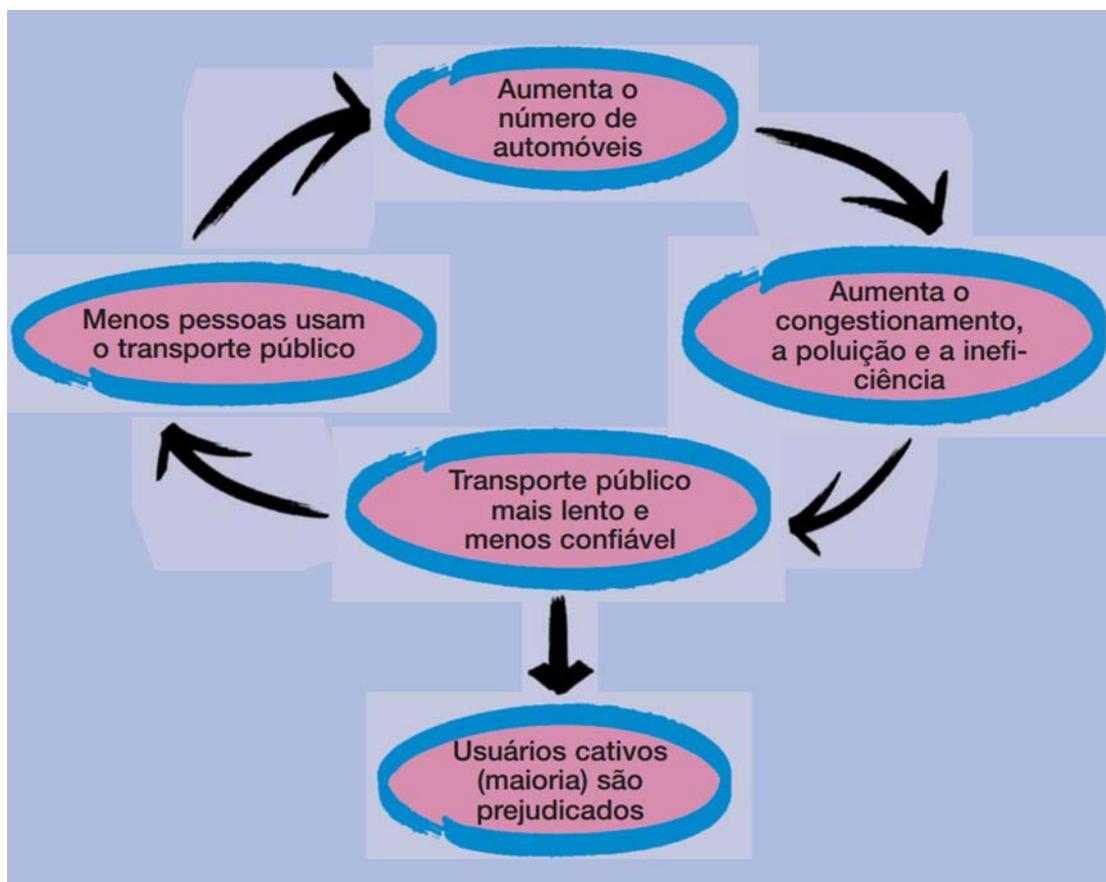
D = Distancia total do trecho avaliado [quilômetros]

1.2.2. Redução do Uso do Automóvel

O uso do automóvel como modo de transporte nas viagens cotidianas pode ser considerado um dos entraves da mobilidade urbana nos dias atuais, já que esse tipo de veículo gera poluição atmosférica e sonora, prejudicando a qualidade de vida da população diretamente atingida, além de repercussões climáticas. Além disso, não são poucos os acidentes graves no trânsito.

A figura a seguir ilustra o chamado círculo vicioso do uso do automóvel, demonstrando as deseconomias ocasionadas no ambiente urbano em decorrência de seu uso.

Figura 1. Círculo Vicioso do Uso do Automóvel



Fonte: ANTP, 1997

Assim, fica evidente que a utilização do automóvel deve ser desestimulada. Muitos dos aspectos listados no PDTU dentro do critério “Impactos Sociais” são intrinsecamente ligados ao uso do automóvel. Os meios de transporte público em geral, principalmente os metroviários, impactam, via redução do uso do automóvel, em externalidades como acidentes, poluição atmosférica e sonora e congestionamentos. Ou seja, ao incorporar a redução do uso do automóvel como critério na avaliação, conseqüentemente são consideradas essas quatro externalidades na Avaliação Hierárquica do PDM.

Contudo, utilizar apenas a redução do número total de viagens geraria uma distorção, pois viagens de longos percursos, potencialmente mais impactantes, seriam equiparadas com viagens de curtas distâncias. Atribui-se então como métrica a quilometragem total de todas as viagens feitas por automóveis (indicador conhecido como veículo x quilômetro).

Desta forma, quanto mais viagens de automóveis forem eliminadas ou reduzidas em percurso, maior será o índice estabelecido e maior será a nota após normalização. Para avaliação deste critério, utilizou-se o valor absoluto da redução da distância percorrida pelos veículos produzida por cada uma das alternativas:

$$Vei.km_r - Vei.km_{ai}$$

Onde:

Vei.km_r = Quilometragem total de todas as viagens feitas por automóveis no cenário de referência [quilômetro]

Vei.km_{ai} = Quilometragem total de todas as viagens feitas por automóveis da alternativa implementada [quilômetro]

1.2.3. Desenvolvimento Urbano

A construção de um corredor de transporte de alta capacidade provoca interferências no uso do solo e, dependendo da tipologia, pode impactar na continuidade do tecido urbano, bem como na paisagem. Todos esses aspectos que foram considerados no PDTU (positivos e negativos) estão agrupados nesse subcritério dentro do processo de análise do PDM.

A acessibilidade é um fator de escolha locacional de habitações e atividades, ou seja, ao escolher onde morar, abrir um negócio ou construir um equipamento público, a infraestrutura e serviços de transportes são invariavelmente considerados. Desta forma, espera-se que a área de influência das estações de um novo corredor metroviário sofra adensamento, desde que as demais condicionantes o permitam entre as quais se destaca a legislação urbanística, preço da terra e disponibilidade de outras infraestruturas urbanas.

Esse processo de adensamento pode ser positivo, pois oferece aos moradores e usuários maior possibilidade de realização de suas viagens por meio do transporte público, tal como indicam Cervero & Arrington (2008). Dependendo da escala de mudanças, pode-se gerar novas centralidades ou fortalecer centralidades existentes distintas do núcleo central metropolitano, o que proporciona maior equilíbrio na matriz de viagens. No caso da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, as análises já apresentadas

mostram que a polinucleação é desejável. Por outro lado, podem ocorrer dinâmicas urbanas negativas, pois o aumento de acessibilidade promove procura por imóveis, que influencia o preço dos mesmos, podendo gerar a expulsão financeira da população residente (em especial os não proprietários de imóveis), em um processo conhecido como gentrificação.

Dentro do aspecto físico, vias metroferroviárias que não sejam enterradas têm grandes possibilidades de geração de externalidades negativas ligadas à intrusão visual. Focando na realidade da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, o aspecto da paisagem é bem relevante, dada a presença de maciços, que oferece visadas atraentes cuja supressão ou interferência podem influenciar o preço de imóveis e a qualidade de vida.

Por fim, deve-se considerar se o corredor está funcionando como barreira física, segregando ou seccionando bairros, o que é recorrente nas vias em nível. Todos os aspectos aqui relacionados são de difícil mensuração quantitativa, se não impossível. Para tratá-los de maneira mais adequada, foi realizada a consulta a especialistas, que analisaram os corredores propostos e conferiram a eles notas qualitativas, levando em conta as possibilidades aqui descritas. É importante salientar que as opiniões expressas pelos especialistas nada mais são do que a percepção individual deles de cada um dos itens em análise.

Apresenta-se a seguir o conjunto de aspectos que compõem a nota de Desenvolvimento Urbano. Cada aspecto é pontuado segundo a escala informada na tabela e sempre pela presença positiva verificada do item. Por exemplo, se determinada linha metroviária em análise promove o fomento a uma centralidade, ela receberá os dois pontos que cabem, independentemente se a mesma promove fomento a mais de uma centralidade. Em outras palavras, não importa a quantidade de vezes ou de locais em que o fenômeno em análise ocorre, basta ocorrer (pontuação cheia) ou não ocorrer (pontuação zero).

Tabela 2: Atribuição de grau para o critério Desenvolvimento Urbano

ATRIBUIÇÃO DE GRAU PARA O CRITÉRIO DESENVOLVIMENTO URBANO	
Aspecto em análise	Máximo de Pontos ganhos (nota cheia)
Promove adensamento ou alteração do uso do solo	2
Fomenta centralidade emergente	3
Promove centralidade de segunda grandeza para primeira	2

ATRIBUIÇÃO DE GRAU PARA O CRITÉRIO DESENVOLVIMENTO URBANO	
Aspecto em análise	Máximo de Pontos ganhos (nota cheia)
Promove centralidade de terceira grandeza para segunda	2
Promove requalificação urbana	2
Reduz intrusão visual	2

Fonte: Consórcio, 2015

É importante definir o que se pretende julgar em cada aspecto:

- **Promove adensamento ou alteração do uso do solo:** Define-se promover adensamento o ato de criar condições para que os terrenos lindeiros, numa faixa de 500 metros para cada lado da linha metroviária aumentem sua ocupação, seja pela verticalização, seja pelo aumento do coeficiente de ocupação do terreno em seu nível térreo. Mudança de uso implica em alteração na predominância de uso, que em geral varia de residencial para comercial ou de residencial para misto, em uma clara dinamização da atratividade e de aquecimento da atividade econômica no local. Neste caso, é importante destacar que muitas linhas não farão nenhum desses dois papéis, não porque não tenham que fazê-lo, mas porque os terrenos na faixa descrita já se encontram adensados e o uso comercial, industrial ou misto já predominavam antes da implantação da linha metroviária em questão. Nesse caso, o grau atribuído será igual a zero.
- **Fomentar centralidade emergente:** Conforme descrito no Relatório Técnico 01, uma das premissas do PDM – Plano Diretor Metroviário é a formação de uma metrópole polinucleada, isto é, devem ser incentivados outras centralidades além da região central da cidade do Rio de Janeiro. Por esse motivo, se a linha em análise atende a pelo menos uma nova centralidade emergente, ela deve receber a pontuação máxima.
- **Promove centralidade de segunda grandeza para primeira:** Como consequência da obtenção de pontuação máxima no critério anterior, considera-se que a metrópole do Rio de Janeiro tem centralidades de diversos tipos e adota-se a classificação proposta recentemente pelo PDTU - Plano Diretor de Transportes Urbanos. Nessa classificação existem localidades consideradas centralidades

de relevância metropolitana e centralidades de importância local. A diferença está atrelada à dinâmica da atividade econômica e de circulação de pessoas, bem como a atratividade de atividade de comércio, serviços e da presença de instituições públicas (características de centro cívico, por exemplo). De acordo com o PDTU, apenas a região central do Rio é considerada de primeira grandeza. São consideradas centralidades de segunda grandeza:

- O centro de Madureira;
 - O centro de Niterói;
 - O Centro de Nova Iguaçu;
 - O Centro de Duque de Caxias
 - O Centro de Campo Grande
 - O Centro de Alcântara
 - O centro de Copacabana
-
- **Promove centralidade de terceira grandeza para segunda:** De maneira idêntica ao raciocínio do item anterior, trata-se da intensificação do adensamento e das atividades econômicas de centralidades locais, em geral de importância restrita a um município ou no máximo aos seus vizinhos. Para esse efeito são consideradas centralidades de terceira grandeza:
 - O centro de Madureira;
 - O centro da Tijuca, na região em torno da Praça Saenz Peña;
 - O Centro do Méier;
 - O Centro de São Gonçalo
 - O Centro de Bangu
-
- **Promove requalificação urbana:** Trata-se da renovação das edificações lindeiras à linha de metrô em questão, via de regra contemplando adensamento, verticalização e mudanças de uso do solo. Em geral, essa mudança acontece privilegiando o uso misto comercial/residencial , serviços/residencial e serviços comercial. O potencial de ocorrência desse fenômeno é elevado em corredores que assistem à implantação de um sistema metroviário. Provavelmente trata-se de um quesito em que a nota máxima será a mais frequente.

- **Promove a redução da intrusão visual:** Embora a mobilidade seja essencial à vida de uma cidade, é comum a infraestrutura de transportes contribuir para a deterioração do espaço vivencial dos cidadãos. Viadutos, grandes edificações em estações de transporte, terminais rodoviários, estações de embarque e desembarque, redes aéreas (catenárias), subestações de energia elétrica, etc. Entretanto, os sistemas metroviários têm a seu favor nesse quesito o fato de causarem pouca intrusão visual e segregação espacial. Para isso é necessário que as linhas tenham implantação subterrânea. Por esse motivo obtiveram nesse quesito a pontuação máxima as linhas propostas como subterrâneas. As linhas mistas, com trechos subterrâneos e outros não, obtiveram nota 1 e as linhas elevadas não pontuaram.

1.3. Demanda

O propósito principal da construção de corredores de transporte metroviários é, evidentemente, o transporte de passageiros. Em decorrência desse fator, outros objetivos são alcançados, mas ele por si só é fundamental. Sob o Critério da "Demanda" estão abarcados os aspectos relacionados ao transporte de passageiros.

No PDTU, o processo de avaliação de projetos não contava com a estimativa de passageiros atraídos feita por meio de simulações. Coube aos entrevistados estabelecer essa estimativa considerando o uso do solo das áreas servidas, a atratividade do sistema e a capacidade do corredor. Todos esses aspectos foram contemplados nas simulações realizados pelo PDM, possibilitando que esse tema seja tratado de forma objetiva e quantitativa. O Critério Demanda foi dividido em dois subcritérios, Passageiros Transportados e Equilíbrio na Demanda, conforme descrito a seguir:

1.3.1. Passageiros Transportados

Esse subcritério abarca o quantitativo total de passageiros estimados para cada corredor proposto. Como critério, foi definido a contabilização dos deslocamentos adicionais captados pela alternativa avaliada levando em consideração as distâncias destes deslocamentos (indicador conhecido como passageiro x.quilômetro).

Na definição do indicador para esse item, considerou-se necessária a ponderação pela extensão das viagens. Assim como em outros indicadores, optou-se por utilizar um indicador de eficiência, neste caso o aumento dos deslocamentos captados pela rede metroviária foi normalizada pela extensão do trecho avaliado, como mostrado a seguir: Assim, a métrica utilizada é a seguinte:

$$\frac{Pass.km_{ai} - Pass.km_r}{d}$$

Onde:

Pass.km_{ai} = Total da distância percorrida pelos passageiros na rede metroviária no cenário com alternativa i implementada [quilômetros]

Pass.km_r = Total da distância percorrida pelos passageiros na rede metroviária no cenário de referência [quilômetros]

D = Distancia total do trecho avaliado [quilômetros]

1.3.2. Equilíbrio na Demanda

A demanda de viagens não ocorre de forma homogenia no tempo e no espaço. Tão pouco se apresenta da mesma maneira em corredores de transportes distintos, mesmo que estes estejam no mesmo meio urbano. Demandas desequilibradas fazem com que os custos operacionais sejam divididos por um número menor de passageiros, gerando ineficiência e pressão sobre a tarifa. Por isso considerar apenas a totalidade de viagens da linha não é suficiente e analisar o equilíbrio da demanda se mostra essencial. O equilíbrio aqui tratado levará em conta dois aspectos, e cada um será medido com um índice próprio. O índice final será a média dos dois valores encontrados. Os aspectos são equilíbrio entre as demandas dos dois sentidos e a renovação de passageiros.

1.3.3. Relação entre Fluxos

Tratar da relação entre os fluxos nos dois sentidos é pertinente na atual realidade urbana da Região Metropolitana do Rio de Janeiro se observado o desequilíbrio recorrente nos principais corredores de transporte. Nestes, em larga medida, mas com algumas exceções, predominam as viagens pendulares, com concentração do fluxo periferia-centro no pico da manhã e o oposto no pico da tarde. São, portanto,

corredores radiais. Valorizar o equilíbrio dos fluxos beneficia a priorização de corredores transversais, que tendem a ter uma demanda mais difusa, principalmente se estiverem conectando centralidades com algum peso regional. O índice que será utilizado para esse parâmetro será a relação entre a demanda total atendida e a demanda atendida no sentido mais carregado. Quanto maior for esse parâmetro mais prioritário será considerado o corredor:

$$\frac{Pass_{sentidoA} + Pass_{sentidoB}}{Pass_{sentidoA}}$$

Onde:

Pass_sentido A = Total de passageiros no sentido mais carregado

Pass_sentido B = Total de passageiros no sentido menos carregado

1.3.4. Renovação de Passageiros

Outra faceta explorada do equilíbrio da demanda foi a consideração da rotatividade de passageiros. Linhas que passam por várias regiões ou polos atratores de viagem têm maior propensão de gerar o "entra-e-sai" de passageiros em oposição às linhas pendulares que descarregam a maior parte dos seus passageiros no destino final. Essa prática é desejável, pois permite um uso mais intenso dos lugares ofertados e, com isso, pode-se reduzir a ociosidade destes. Para tratar desse aspecto, estabeleceu-se como índice a renovação no sentido mais carregado. Assim usou-se a relação entre a demanda total atendida no sentido mais carregado e o volume máximo (também conhecido como carregamento no trecho crítico), ambos relativos ao pico da manhã e no mesmo sentido de circulação considerado.

$$\frac{Pass_{sentidoMax}}{Carregamento\ crítico}$$

Onde:

Pass_sentido Max = Total de passageiros no sentido mais carregado [passageiros]

Carregamento crítico = Volume máximo de passageiros passando pelo mesmo ponto no mesmo sentido na linha avaliada.

1.4. Oferta

O objetivo desse item é abrir o escopo de análise para além do que ocorre dentro da linha ou das viagens nela realizadas. Foram levados em consideração aspectos relacionados tanto à mobilidade quanto ao planejamento urbano tendo como foco o traçado sugerido.

1.4.1. Conectividade

Os corredores de transporte têm que ser planejados e entendidos como parte de um sistema. Eles devem compor uma malha que precisa funcionar gerando sinergias positivas. Para tal, é necessária a superação do modelo radial-concêntrico, no qual todas as linhas se encontram apenas no centro de maior demanda. O desejado é que, além das linhas radiais de grande demanda, também existam corredores transversais ligando as radiais e conferindo conectividade à rede. Como métrica, os corredores foram avaliados pela quantidade de linhas com as quais eles se integram. Não foram computadas as ligações dos corredores radiais no centro metropolitano.

1.4.2. Atendimento a Grandes Polos

Gerar acessibilidade via transporte público facilita o funcionamento e financiamento de grandes polos geradores de viagens. Estes passam a ser mais atraentes para clientes e usuários, se fortalecendo individualmente e, por consequência, trazendo benefícios de ordem social e financeira para a metrópole como um todo. Esses efeitos positivos são ainda mais intensos quando o modo de transporte é de alta capacidade.

Foram assim escolhidos tipos de uso do solo considerados prioritários para o bom funcionamento metropolitano dentro do atual panorama econômico e social e que atraíam uma quantidade de viagens condizente com o modo metroviário. Foram eles:

- Portais de entrada de passageiros (aeroportos e rodoviária);
- Terminais intermodais (existentes e potenciais);
- Campus universitários de grande porte;
- Hospitais de grande porte¹;
- Arenas esportivas;
- Centros comerciais de alcance intermunicipal;
- Shoppings centers de grande porte².

Considerando os tipos de uso do solo listados, foram identificados os polos listados a seguir.

- Nova América
- Barra Shopping
- Norte Shopping
- Via Parque
- Bangu Shopping
- Rio Sul
- Carioca Shopping
- Shopping Metropolitano Barra
- São Gonçalo Shopping
- Park Shopping Campo Grande
- Guadalupe Shopping
- Itaboraí Plaza
- West Shopping
- Shopping Grande Rio
- Madureira Shopping
- Tijuca Shopping
- Via Brasil
- Shopping da Gávea

¹ Mais de 25.000 internações hospitalares aprovadas entre 2011 e 2015 (até outubro) de acordo com o DATASUS.

² Mais de 50.000 m² de Área Bruta Locável. Informações disponíveis no site da ABRASCE Associação Brasileiras de Shopping Centers - www.portaldoshopping.com.br

- Partage Shopping (São Gonçalo)
- Plaza Shopping
- Top Shopping
- Caxias Shopping
- Campus da UFRJ (Ilha do Fundão)
- Campus da UFRJ (Praia Vermelha)(inclui IME, UniRio)
- Campus da UERJ
- CEFET Maracanã (inclui UVA)
- PUC
- Campus da UFF
- Centro Administrativo São Sebastião
- Tribunal de Justiça (Castelo)
- Maracanã / Maracanzinho
- Estádio Nilton Santos (Engenhão)
- Centro Olímpico (Barra da Tijuca)
- Quinta da Boa Vista
- Parque de Madureira
- Hospital Miguel Couto
- Hospital da Posse
- Hospital Pedro Ernesto UERJ
- Hospital Clementino Fraga UFRJ
- Hospital Antonio Pedro UFF
- Hospital de Bonsucesso
- Hospital Lourenço Jorge
- Hospital Pedro II
- Hospital Moacyr Rodrigues do Carmo
- INTO
- INCA + INTO2 (Cruz Vermelha)
- Hospital Adão Pereira Nunes
- Centro comercial de Copacabana;
- Centro comercial de Madureira;
- Centro comercial de Campo Grande;
- Centro comercial de Duque de Caxias;
- Centro comercial de Nova Iguaçu;
- Centro comercial de Niterói;
- Centro comercial de São Gonçalo;

- Centro comercial de Alcântara;
- Centro do Rio de Janeiro
- Aeroporto do Galeão
- Aeroporto Santos Dumont
- Rodoviária Novo Rio + Terminal Padre Henrique Otte
- Terminal Alvorada
- Terminal Missões
- Terminal Margaridas
- Terminal de Deodoro
- Central do Brasil + Term. Américo Fontenelle

O centro comercial da Barra de Tijuca não foi listado, apesar da sua importância, pois o Terminal Alvorada e os shoppings já dão conta dessa demanda espacial. Considerou-se incluir os principais hospitais públicos na lista de polos. Contudo, existe um número muito grande de hospitais e faltam dados para ranqueá-los de forma quantitativa. O índice que tratará desse subcritério é simples e direto: o número de grandes polos incorporados pelo corredor à rede metroviária dividida pela extensão do corredor. Quanto maior for esse número, maior será a prioridade dada.

1.5. Impacto Político Institucional

A escolha de priorização de corredores também deve levar em conta aspectos políticos e institucionais que são intrínsecos e pertinentes a tal processo. Aqui serão listados alguns aspectos que devem ser levados em conta nesse critério.

- **Desapropriações e Reassentamentos:** Obras que demandam desapropriação de imóveis e reassentamento populacional são mais difíceis de serem realizadas. Do ponto de vista operacional, o rito judicial para viabilizar esse processo consome tempo e dinheiro. Muitas vezes compromete cronogramas de obra e/ou retarda início das obras. Focando o aspecto social, sempre há a hipótese de descontentamento e resistência popular, principalmente se não houver terreno ou imóveis disponíveis para reassentamento nas proximidades do local da desapropriação. Esse conjunto de fatores deve ser expresso em uma expressão numérica de atrito ou de impedância.

- **Esferas de Poder Envolvidas:** Projetos de transporte tendem a ficarem mais complexos com o aumento do número de agentes envolvidos. Existe sempre a possibilidade de surgirem interesses conflitantes, que geram obstáculos para o bom desenvolvimento dos trabalhos. Esse fenômeno também ocorre entre esferas públicas governamentais, podendo dificultar ou até impedir a implantação de um projeto. A ideia deste critério é quantificar o número de esferas de poder ou de instituições envolvidas no empreendimento. Não decorre da existência de mais de uma prefeitura envolvida um conflito, necessariamente. Este critério procura identificar o potencial de conflito ou de divergência de opinião.
- **Inércia de Implantação de Linha:** A implantação de um prolongamento de linha é consideravelmente mais simples do que a construção de uma nova. Do ponto de vista burocrático, há mais celeridade, pois não há necessidade de novo processo licitatório para a operação das mesmas, mas apenas para a contratação de projetos e da obra. Considerando aspectos construtivos, pode-se aproveitar as escavações já existentes. Para tratar desse critério o índice utilizado será a análise qualitativa de técnicos especialistas. Isso é necessário pelo fato de se estar tratando de aspectos subjetivos ou para os quais não foram feitas estimativas relativas aos corredores propostos. Isto é, serão atribuídos uma nota/grau à linha de metrô em análise, de maneira a expressar o grau de dificuldade. A lógica de pontuação neste quesito é distinta ao adotado nos anteriores. Neste caso foi adotada a pontuação negativa, isto é, a cada influência negativa sobre a implantação do metrô, em cada sub-quesito acima descrito, a linha em questão perde pontos, conforme a seguinte escala:

Tabela 3. Quadro de escala para cada sub-quesito considerado

QUADRO DE ESCALA	
SUB-QUESITO	PONTUAÇÃO MÁXIMA
Desapropriações	-2
Reassentamentos	-2
Pressão sociopolítica por não fazer	2
Interface com 1 prefeitura	1
Interface com 2 prefeituras	-2

Interface com mais de 2 prefeituras	-3
Interface com uma Concessionária de Transporte Público	-2
Interface com mais de uma Concessionária de Transporte Público	-4
Questões Ambientais leves	-2
Questões ambientais severas	-4

Fonte: Consórcio, 2015

A seguir, explica-se como foram atribuídas as pontuações, bem como o que cada sub-questo procura expressar:

- **Desapropriações:** Verifica-se se ao longo do trajeto haverá necessidade imperiosa de desapropriações, seja para assentar a via, seja para construir estações. Trata-se de uma situação bastante provável, especialmente em regiões da metrópole em que a ocupação já se encontrar consolidada. Em geral será necessário atribuir -2 pontos. A exceção é quando a quantidade de desapropriações parece pequena em análise preliminar;
- **Reassentamentos:** Trata-se de uma decorrência das desapropriações, em geral quando o uso do solo é residencial. Procede-se de maneira análoga às desapropriações para efeito de pontuação;
- **Pressão sociopolítica por não fazer ou Inércia institucional:** Trata-se da dificuldade histórica de superar determinada etapa de implantação de um projeto. Algumas iniciativas do Poder Público enfrentam a própria inércia inerente ao serviço público e as grandes obras. É comum que a polêmica gerada por uma dada iniciativa encontre dentro do próprio Poder Público a resistência do corpo de técnicos e agentes políticos. Este sub-questo procura expressar essa dificuldade esperada pela linha em análise para se materializar.
- **Interface com 1 prefeitura:** Para a execução da linha em análise, o Estado, na qualidade de ente público responsável pelas obras metroviárias, necessita interagir técnica e politicamente com o município que será atendido pela linha. Atualmente todas as linha do metrô atendem apenas o município capital do estado, a Cidade do Rio de Janeiro. Contudo, em determinadas linhas, o metrô passará por outros municípios, ligados ou não à capital. Essa nota é -1 se a interface for apenas com a Prefeitura do Rio ou outra prefeitura apenas.

- **Interface com 2 prefeituras:** da mesma maneira, a nota é -2 para interface do Estado com duas prefeituras;
- **Interface com mais de 2 prefeituras:** da mesma maneira, a nota é -3 para interface do Estado com mais de duas prefeituras;

- **Interface com uma Concessionária de Transporte Público:** Trata-se de uma questão delicada, que tende a gerar dificuldades à implantação de uma linha de metrô. É comum uma linha de metrô absorver parcela importante da demanda de um determinado corredor, sendo inclusive um dos motivos pelos quais se decidiu implantá-la. Contudo, essa demanda era anteriormente transportada por outro/s modo/s, cujos operadores se tornam por certo opositores da linha de metrô em questão. Em alguns casos, especialmente nos casos dos ônibus, estes poderão se tornar alimentadores do serviço metroviário. A solução institucional e operacional exige um período de debates, negociações e deliberações do Poder Público. Para interface com apenas uma concessionária a pontuação é -2. Para interface com mais de uma, pontua -4.

- **Questões Ambientais:** Atualmente, a aprovação de projetos de infraestrutura urbana têm no licenciamento ambiental um de seus maiores obstáculos a transpor e é natural que isso ocorra, uma vez que as intervenções são via de regra de grande porte, interferindo no equilíbrio ambiental da sociedade, em alguns casos interferindo em cursos d'água, áreas com expressiva cobertura vegetal e gerando fonte expressiva de ruídos e vibrações. Para expressar essa dificuldade, que em geral se traduz em tempo dispendido com discussões, adequações do projeto e o prazo de análise prévio aos licenciamentos, o PDM procurou separar as questões ambientais em leves e severas, cada uma pontuando -2 e -4, respectivamente. Foram consideradas leves as questões ligadas a replantio de árvores removidas e mitigação de ruídos. Todas as demais foram consideradas severas.

2. CÁLCULO DOS PESOS DOS CRITÉRIOS ADOTADOS NA PRIORIZAÇÃO DA ALTERNATIVAS

Nesse item estão expostas as respostas de cada entrevistado para desenvolvimento dos pesos dos critérios adotados na priorização das alternativas do PDM para a avaliação AHP. Para garantir o anonimato a cada um deles, foi definido aleatoriamente um número de 1 a 26 para apresentação dos resultados.

O primeiro passo foi calcular o peso dos critérios. Para tal, calculou-se quanto cada entrevistado conferiu de peso a cada critério. O resultado final é a média desses valores, destacada em negrito na tabela a seguir. Também foi calculado o desvio padrão e o coeficiente de variação (que é o desvio padrão dividido pela média) para as respostas. Essas duas grandezas não alteram o resultado, apenas indicam a dispersão das respostas, isto é, quanto menor for o coeficiente de variação, maior é a concordância entre as respostas dos entrevistados. A soma dos pesos de todos os critérios é sempre igual a 1, tanto nas respostas isoladas, quanto no resultado final. A tabela a seguir apresenta, então, as respostas dos entrevistados e os resultados estatísticos.

Ressalta-se que os dois critérios com maior peso são **Demanda** e **Impactos Sociais**, que somados chegam a 0,6362.

Tabela 4: Respostas da equipe técnica para ponderação dos critérios

PESO DOS CRITÉRIOS					
ENTREVISTADO	CUSTO FINANCEIRO	IMPACTOS SOCIAIS	DEMANDA	OFERTA	IMPACTOS INSTITUCIONAIS
1	0,0642	0,1568	0,5754	0,1682	0,0354
2	0,1534	0,2748	0,479	0,0653	0,0276
3	0,1616	0,3598	0,3268	0,1158	0,0359
4	0,1705	0,5507	0,0859	0,165	0,0278
5	0,0412	0,2497	0,3764	0,2325	0,1002
6	0,0349	0,1538	0,5208	0,2337	0,0569
7	0,052	0,5384	0,1889	0,1889	0,0317
8	0,0743	0,1474	0,4865	0,2612	0,0306
9	0,0706	0,2334	0,3079	0,3079	0,0802
10	0,094	0,5419	0,2301	0,098	0,0359
11	0,0723	0,1991	0,5117	0,1888	0,0281
12	0,0629	0,1426	0,5263	0,2397	0,0285

PESO DOS CRITÉRIOS					
ENTREVISTADO	CUSTO FINANCEIRO	IMPACTOS SOCIAIS	DEMANDA	OFERTA	IMPACTOS INSTITUCIONAIS
13	0,1335	0,4682	0,2772	0,0869	0,0343
14	0,1368	0,2513	0,4728	0,0332	0,1059
15	0,0835	0,2483	0,5155	0,1231	0,0296
16	0,1577	0,5794	0,1549	0,0823	0,0256
17	0,1075	0,4432	0,2013	0,2013	0,0466
18	0,5642	0,1567	0,0680	0,1499	0,0613
19	0,0737	0,4624	0,1952	0,1952	0,0737
20	0,1075	0,4432	0,2013	0,2013	0,0466
21	0,2732	0,1027	0,2906	0,0429	0,2906
22	0,2324	0,1857	0,3005	0,1088	0,1727
23	0,3757	0,0340	0,3989	0,1574	0,0340
24	0,0632	0,2796	0,4801	0,1433	0,0339
25	0,2402	0,0933	0,5091	0,1163	0,0412
26	0,2962	0,2679	0,2962	0,0342	0,1055
Média	0,1499	0,2909	0,3453	0,1516	0,0623
Desvio Padrão	0,1212	0,1617	0,1512	0,0726	0,0581
Coef. de Variação	80,87%	55,58%	43,80%	47,90%	93,29%

Fonte: Consórcio, 2016

A etapa seguinte consistiu no cálculo do peso relativo dos subcritérios. O procedimento é similar ao descrito para os critérios, só que, nesse caso, a soma dos subcritérios relativos ao mesmo critério que devem somar 1. Por exemplo, a soma dos pesos relativos de “Custo de Investimentos” e “Custo de Operação”, que são relativos ao “Custo Financeiro”, deve ser um.

As tabelas a seguir apresentam as respostas e resultados estatísticos obtidos para cada subcritério de cada critério avaliado.

Tabela 5: Peso relativo dos subcritérios dos critérios “Custo Financeiro” e “Impactos Sociais”

PESO RELATIVO DOS SUB-CRITÉRIOS [1]				
ENTREVISTADO	CUSTO FINANCEIRO		IMPACTOS SOCIAIS	
	CUSTO DE INVESTIMENTO	CUSTO DE OPERAÇÃO	IMPACTO NA MOBILIDADE	IMPACTOS SÓCIO-AMBIENTAIS

PESO RELATIVO DOS SUB-CRITÉRIOS [1]					
ENTREVISTADO	CUSTO FINANCEIRO		IMPACTOS SOCIAIS		
	CUSTO DE INVESTIMENTO	CUSTO DE OPERAÇÃO	IMPACTO NA MOBILIDADE	IMPACTOS SÓCIO-AMBIENTAIS	DESENVOLVIMENTO URBANO
1	0,5000	0,5000	0,3333	0,3333	0,3333
2	0,1667	0,8333	0,6070	0,0897	0,3033
3	0,8333	0,1667	0,6965	0,0719	0,2316
4	0,1667	0,8333	0,4899	0,0594	0,4507
5	0,7500	0,2500	0,2946	0,0567	0,6486
6	0,1667	0,8333	0,7394	0,1904	0,0702
7	0,2500	0,7500	0,4545	0,0909	0,4545
8	0,5000	0,5000	0,2099	0,3222	0,4680
9	0,5000	0,5000	0,6227	0,0660	0,3113
10	0,2500	0,7500	0,4545	0,0909	0,4545
11	0,1667	0,8333	0,2864	0,1399	0,5736
12	0,8333	0,1667	0,6965	0,0719	0,2316
13	0,2500	0,7500	0,2254	0,3206	0,4540
14	0,5000	0,5000	0,4866	0,0782	0,4353
15	0,8750	0,1250	0,5736	0,1399	0,2864
16	0,5000	0,5000	0,3333	0,3333	0,3333
17	0,2500	0,7500	0,3312	0,1196	0,5492
18	0,2500	0,7500	0,3312	0,1196	0,5492
19	0,5000	0,5000	0,4545	0,0909	0,4545
20	0,2500	0,7500	0,3312	0,1196	0,5492
21	0,8750	0,1250	0,7143	0,1429	0,1429
22	0,1250	0,8750	0,3333	0,3333	0,3333
23	0,8750	0,1250	0,4353	0,0782	0,4866
24	0,8333	0,1667	0,7235	0,0833	0,1932
25	0,8750	0,1250	0,6070	0,0897	0,3033
26	0,8750	0,1250	0,7014	0,0651	0,2335
Média	0,5222	0,4778	0,4582	0,1416	0,4002
Desvio Padrão	0,2870	0,2870	0,1709	0,0977	0,1455
Cef. de Variação	54,95%	60,06%	37,30%	69,00%	36,35%

Fonte: consórcio, 2015

Tabela 6: Peso relativo dos subcritérios dos critérios "Demanda" e "Oferta"

PESO RELATIVO DOS SUB-CRITÉRIOS [2]				
ENTREVISTADO	DEMANDA		OFERTA	
	PASSAGEIROS TRANSPORTADOS	EQUILÍBRIO DA DEMANDA	CONECTIVIDADE	ATENDIMENTO A GRANDES POLOS
1	0,1667	0,8333	0,1667	0,8333
2	0,7500	0,2500	0,8333	0,1667
3	0,7500	0,2500	0,8333	0,1667
4	0,8333	0,1667	0,7500	0,2500
5	0,2500	0,7500	0,9000	0,1000
6	0,8333	0,1667	0,8333	0,1667
7	0,5000	0,5000	0,7500	0,2500
8	0,7500	0,2500	0,8333	0,1667
9	0,8333	0,1667	0,8750	0,1250
10	0,5000	0,5000	0,8333	0,1667
11	0,8333	0,1667	0,5000	0,5000
12	0,2500	0,7500	0,7500	0,2500
13	0,5000	0,5000	0,7500	0,2500
14	0,2500	0,7500	0,7500	0,2500
15	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000
16	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000
17	0,2500	0,7500	0,7500	0,2500
18	0,5000	0,5000	0,7500	0,2500
19	0,5000	0,5000	0,8333	0,1667
20	0,2500	0,7500	0,7500	0,2500
21	0,2500	0,7500	0,7500	0,2500
22	0,2500	0,7500	0,7500	0,2500
23	0,8750	0,1250	0,5000	0,5000
24	0,2500	0,7500	0,8333	0,1667
25	0,8333	0,1667	0,8333	0,1667
26	0,1667	0,8333	0,5000	0,5000
Média	0,5128	0,4872	0,7325	0,2675
Desvio Padrão	0,2485	0,2485	0,1660	0,1660
Coef. de Variação	48,45%	51,00%	22,65%	62,05%

Fonte: Consórcio, 2015

Multiplicando-se os pesos relativos dos subcritérios pelo peso dos seus respectivos critérios chega-se ao peso dos subcritérios. Exemplo: a partir da multiplicação do peso do critério “Custo Financeiro” (0,1499) e o peso relativo de “Custo de Investimento” (0,5222), obtém-se o peso de “Custo de Investimentos”, aproximadamente 0,0783. As tabelas a seguir mostram tanto o valor final conferido a cada subcritério quanto o cálculo baseado nas repostas de cada especialista consultado. Destaca-se que os subcritérios com maior peso foram “Passageiros Transportados”, “Equilíbrio na Demanda” e “Impacto na Mobilidade”, cujos pesos somados chegam a 0,4783.

Tabela 7: Peso dos subcritérios dos critérios “Custo Financeiro” e “Impactos Sociais”

PESO DOS SUB-CRITÉRIOS					
ENTREVISTADO	CUSTO FINANCEIRO		IMPACTOS SOCIAIS		
	CUSTO DE INVESTIMENTOS	CUSTO DE OPERAÇÃO	IMPACTO NA MOBILIDADE	IMPACTOS SÓCIO-AMBIENTAIS	DESENVOLVIMENTO URBANO
1	0,0321	0,0321	0,0523	0,0523	0,0523
2	0,0256	0,1278	0,1668	0,0246	0,0833
3	0,1347	0,0269	0,2506	0,0259	0,0833
4	0,0284	0,1421	0,2698	0,0327	0,2482
5	0,0309	0,0103	0,0736	0,0142	0,1620
6	0,0058	0,0291	0,1137	0,0293	0,0108
7	0,0130	0,0390	0,2447	0,0489	0,2447
8	0,0372	0,0372	0,0309	0,0475	0,0690
9	0,0353	0,0353	0,1453	0,0154	0,0726
10	0,0235	0,0705	0,2463	0,0493	0,2463
11	0,0120	0,0602	0,0570	0,0279	0,1142
12	0,0524	0,0105	0,0993	0,0102	0,0330
13	0,0334	0,1001	0,1055	0,1501	0,2125
14	0,0684	0,0684	0,1223	0,0196	0,1094
15	0,0731	0,0104	0,1424	0,0347	0,0711
16	0,0788	0,0788	0,1931	0,1931	0,1931
17	0,0269	0,0806	0,1468	0,0530	0,2434
18	0,1410	0,4231	0,0519	0,0187	0,0860
19	0,0368	0,0368	0,2102	0,0420	0,2102
20	0,0269	0,0806	0,1468	0,0530	0,2434
21	0,2391	0,0342	0,0733	0,0147	0,0147
22	0,0290	0,2033	0,0619	0,0619	0,0619

23	0,3287	0,0470	0,0148	0,0027	0,0165
24	0,0527	0,0105	0,2023	0,0233	0,0540
25	0,2102	0,0300	0,0566	0,0084	0,0283
26	0,2592	0,0370	0,1879	0,0174	0,0626
Média	0,0783	0,0716	0,1333	0,0412	0,1164
Desvio Padrão	0,0869	0,0849	0,0750	0,0421	0,0845
Coef. de Variação	111,03%	118,57%	56,26%	102,28%	72,56%

Fonte: Consórcio, 2015

Tabela 8: Peso dos subcritérios dos critérios "Demanda" e "Oferta"

PESO DOS SUB-CRITÉRIOS				
ENTREVISTADO	DEMANDA		OFERTA	
	PASSEIROS TRANSPORTADOS	EQUILÍBRIO DA DEMANDA	CONNECTIVIDADE	ATENDIMENTO A GRANDES POLOS
1	0,0959	0,4795	0,0280	0,1401
2	0,3592	0,1197	0,0544	0,0109
3	0,2451	0,0817	0,0965	0,0193
4	0,0716	0,0143	0,1238	0,0413
5	0,0941	0,2823	0,2092	0,0232
6	0,4340	0,0868	0,1947	0,0389
7	0,0945	0,0945	0,1417	0,0472
8	0,3648	0,1216	0,2177	0,0435
9	0,2566	0,0513	0,2694	0,0385
10	0,1151	0,1151	0,0817	0,0163
11	0,4264	0,0853	0,0944	0,0944
12	0,1316	0,3947	0,1798	0,0599
13	0,1386	0,1386	0,0651	0,0217
14	0,1182	0,3546	0,0249	0,0083
15	0,2577	0,2577	0,0616	0,0616
16	0,0775	0,0775	0,0412	0,0412
17	0,0503	0,1510	0,1510	0,0503
18	0,0340	0,0340	0,1124	0,0375
19	0,0976	0,0976	0,1626	0,0325
20	0,0503	0,1510	0,1510	0,0503
21	0,0727	0,2180	0,0322	0,0107
22	0,0751	0,2253	0,0816	0,0272

23	0,3491	0,0499	0,0787	0,0787
24	0,1200	0,3600	0,1194	0,0239
25	0,4242	0,0848	0,0969	0,0194
26	0,0494	0,2468	0,0171	0,0171
Média	0,1771	0,1682	0,1110	0,0405
Desvio Padrão	0,1352	0,1229	0,0664	0,0292
Coef. de Variação	76,34%	73,05%	59,83%	72,11%

Fonte: Consórcio, 2015

Por fim, os cálculos realizados, em conformidade com a metodologia descrita, produziram os resultados finais, apresentados a seguir:

Tabela 9: Árvore de decisão

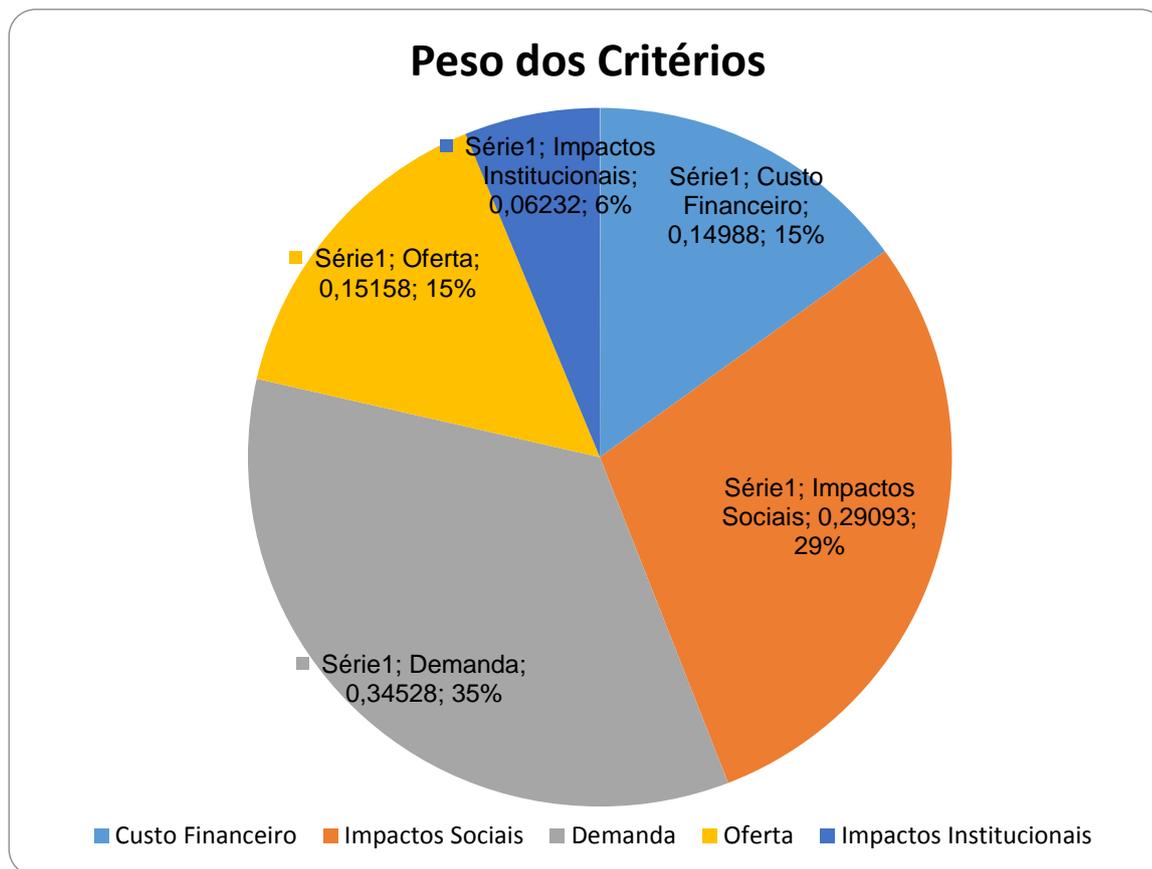
ÁRVORE DE DECISÃO			
CRITÉRIOS	PESO	SUB-CRITÉRIOS	PESO
Custo Financeiro	0,14988	Custo de Investimentos	0,07827
		Custo de Operação	0,07161
Impactos Sociais	0,29093	Impacto na Mobilidade	0,13332
		Impactos Sócio-Ambientais	0,04119
		Desenvolvimento Urbano	0,11643
Demanda	0,34528	Passageiros Transportados	0,17706
		Equilíbrio da Demanda	0,16822
Oferta	0,15158	Conectividade	0,11104

ÁRVORE DE DECISÃO			
CRITÉRIOS	PESO	SUB-CRITÉRIOS	PESO
		Atendimento a Grandes Polos	0,04054
Impactos Institucionais	0,06232		

Fonte: consórcio, 2015

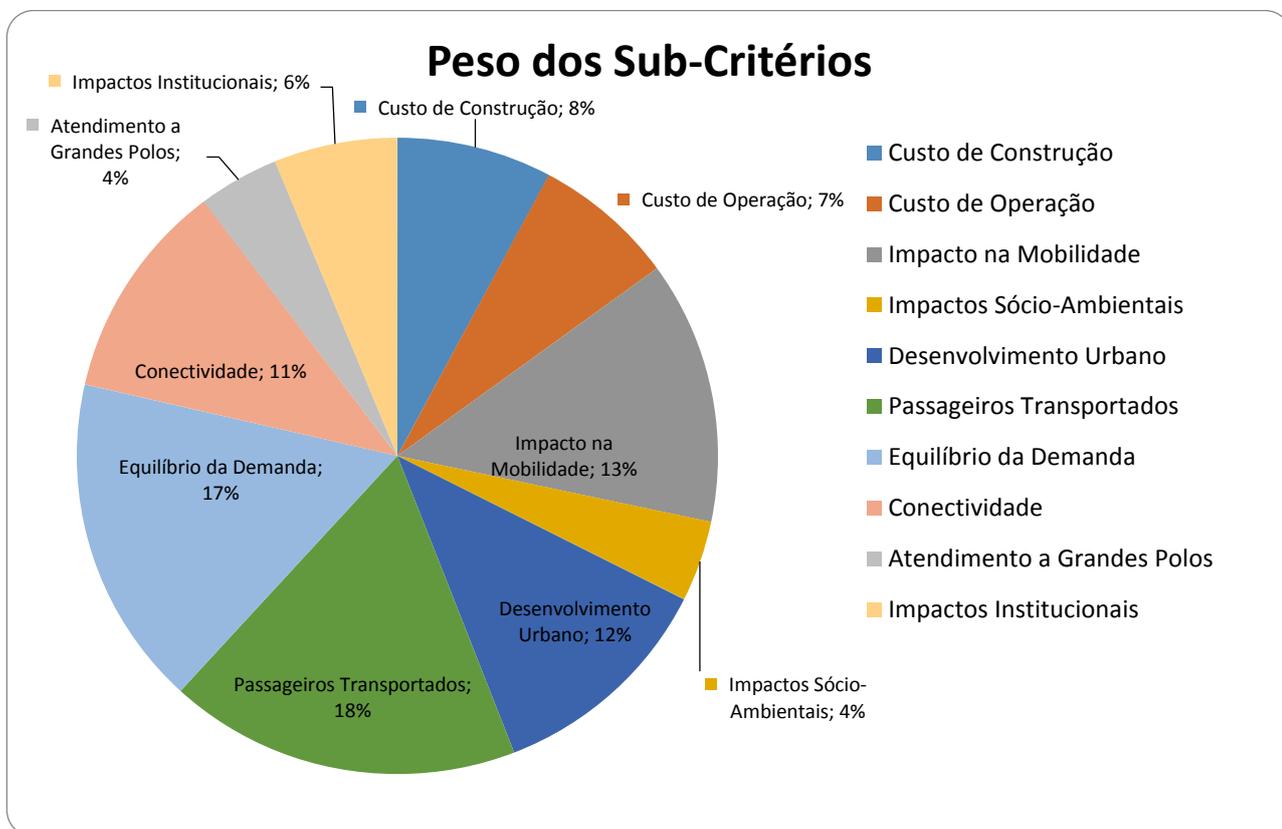
Os gráficos a seguir mostram a distribuição dos pesos dos critérios e subcritérios da AHP

Gráfico 1: distribuição dos pesos dos critérios e subcritérios da AHP



Fonte: consórcio, 2015

Gráfico 2: Distribuição dos pesos dos critérios e subcritérios da AHP



Fonte: Consórcio, 2015

3. APLICAÇÃO DOS PESOS E NORMALIZAÇÃO DOS CRITÉRIOS PARA PRIORIZAÇÃO DAS ALTERNATIVAS

Uma vez que os pesos dos critérios estão definidos, passa-se para etapa de levantamento de dados, para que se possa identificar como cada corredor se comporta diante de cada métrica estabelecida. Com os dados levantados, passa-se para a normalização, que conferirá um valor entre zero (pior situação) e um (melhor situação), para cada valor encontrado. Cabe ressaltar, como exposto anteriormente, que o trecho Estácio - Carioca – Praça XV, da Linha 2, e o trecho Gávea – Carioca, não estão listados pois foram considerados no cenário de referência, os seja, trata-se de trechos já considerados prioritário nesta data e, portanto, não devem fazer parte da hierarquização de prioridades.

Tabela 10: Dados para Critério Custo de Investimentos

Custo de Investimentos					
Cenário	Trecho	Pass. Dia	Custo de Investimento (R\$)	Pass/ Milhão de R\$	Norm.
2025	Praça XV - Arariboia	247.999	3.934.768.203	63,0	1,00
2025	Arariboia - Alcântara	169.265	6.054.077.633	28,0	0,44
2025	Pdt Vargas - Deodoro	471.242	19.628.335.870	24,0	0,37
2035	Alvorada - Jardim Oceânico	25.027	4.326.914.081	5,8	0,08
2035	Alvorada - Cocotá	377.430	8.573.468.649	44,0	0,70
2035	Gávea - Uruguai - Del Castilho	155.171	9.329.542.287	16,6	0,26
2035	Gávea - Carioca	80.563	5.999.436.450	13,4	0,20
2045	Recreio - Alvorada	39.319	8.898.740.616	4,4	0,06
2045	Arariboia - Maravista	5.177	7.727.436.324	0,7	0,00
2045	Gávea - Uruguai - Av. Brasil	64.872	4.901.760.942	13,2	0,20

Fonte: consórcio, 2016.

Tabela 11: Dados para Critério Custo de Operação

Custo de Operação					
Cenário	Trecho	Pass. Ano	Custo Operação (R\$)	Pass/R\$ (anual)	Norm.
2025	Praça XV - Arariboia	75.143.624	42.894.694	1751,82	1,00
2025	Arariboia - Alcântara	51.287.283	115.311.384	444,77	0,25
2025	Pdt Vargas - Deodoro	142.786.374	248.123.751	575,46	0,32
2035	Alvorada - Jardim Oceânico	7.583.157	34.076.917	222,53	0,12
2035	Alvorada - Cocotá	114.361.278	178.220.876	641,68	0,36

Custo de Operação					
Cenário	Trecho	Pass. Ano	Custo Operação (R\$)	Pass/R\$ (anual)	Norm.
2035	Gávea - Uruguai - Del Castilho	47.016.849	107.985.057	435,40	0,24
2035	Gávea - Carioca	24.410.528	58.708.433	415,79	0,23
2045	Recreio - Alvorada	11.913.705	73.321.577	162,49	0,08
2045	Arariboia - Maravista	1.568.631	88.434.565	17,74	0,00
2045	Gávea - Uruguai - Av. Brasil	19.656.168	41.571.088	472,83	0,26

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 12: Dados para Critério Impacto na Mobilidade

Impacto na Mobilidade					
Cenário	Trecho	Redução de tempo de viagem no pico (pass x hr)	Extensão (km)	Redução Média por km	Norm.
2025	Praça XV - Arariboia	7.550,78	4,61	1.639,7	0,65
2025	Arariboia - Alcântara	13.177,42	14,78	891,8	0,35
2025	Pdt Vargas - Deodoro	65.047,65	25,68	2.532,6	1,00
2035	Alvorada - Jardim Oceânico	6.482,86	5,47	1.184,5	0,47
2035	Alvorada - Cocotá	33.558,67	32,17	1.043,2	0,41
2035	Gávea - Uruguai - Del Castilho	15.165,79	13,41	1.130,8	0,45
2035	Gávea - Carioca	7.037,49	9,43	746,4	0,29
2045	Recreio - Alvorada	17.231,64	11,70	1.472,7	0,58
2045	Arariboia - Maravista	-1.138,12	11,19	0,0	0,00
2045	Gávea - Uruguai - Av. Brasil	2.571,99	7,57	339,6	0,13

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 13: Dados para Critério Impactos Socioambientais

Impactos Socioambientais			
Cenário	Trecho	Redução de Viagens de Automóvel no Pico (auto x km)	Norm.
2025	Praça XV - Arariboia	-111.771,56	0,00
2025	Arariboia - Alcântara	-94.362,12	0,10
2025	Pdt Vargas - Deodoro	24.598,47	0,80
2035	Alvorada - Jardim Oceânico	6.593,86	0,70
2035	Alvorada - Cocotá	58.109,11	1,00
2035	Gávea - Uruguai - Del Castilho	9.886,06	0,72
2035	Gávea - Carioca	7.230,32	0,70
2045	Recreio - Alvorada	11.619,19	0,73
2045	Arariboia - Maravista	-13.476,59	0,58
2045	Gávea - Uruguai - Av. Brasil	4.401,19	0,68

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 14: Dados para Critério Desenvolvimento Urbano

Desenvolvimento Urbano				
Cenário	Trecho	Justificativa	Notas	Norm.
2025	Praça XV - Arariboia	Promove Niterói a centralidade de 1ª grandeza, ajudando na requalificação e adensamento	9	0,56
2025	Arariboia - Alcântara	Promove Niterói a centralidade de 1ª grandeza e São Gonçalo / Alcantara a 2ª, ajudando na requalificação e adensamento	13	1,00
2025	Pdt Vargas - Deodoro	Requalifica a Av. Brasil e promove adensamento nela; fomenta o Porto Maravilha	4	0,00

Desenvolvimento Urbano				
Cenário	Trecho	Justificativa	Notas	Norm.
2035	Alvorada - Jardim Oceânico		6	0,22
2035	Alvorada - Cocotá		4	0,00
2035	Gávea - Uruguai - Del Castilho		4	0,00
2035	Gávea - Carioca		4	0,00
2045	Recreio - Alvorada		7	0,33
2045	Arariboia - Maravista		4	0,00
2045	Gávea - Uruguai - Av. Brasil		4	0,00

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 15: Dados para Critério Passageiros Transportados

Passageiros Transportados					
Cenário	Trecho	Aumento do passageiro x km na hora Pico	Extensão (km')	Média de Pass x km por km'	Norm.
2025	Praça XV - Arariboia	25.159,60	4,61	5.463,54	1,00
2025	Arariboia - Alcântara	10.892,43	14,78	737,17	0,13
2025	Pdt Vargas - Deodoro	35.179,82	25,68	1.369,72	0,25
2035	Alvorada - Jardim Oceânico	1.948,81	5,47	356,08	0,06
2035	Alvorada - Cocotá	6.281,02	32,17	195,25	0,03
2035	Gávea - Uruguai - Del Castilho	2.693,39	13,41	200,83	0,03
2035	Gávea - Carioca	15.220,47	9,43	1.614,22	0,29
2045	Recreio - Alvorada	2.393,34	11,70	204,54	0,03
2045	Arariboia - Maravista	264,26	11,19	23,62	0,00

Passageiros Transportados					
Cenário	Trecho	Aumento do passageiro x km na hora Pico	Extensão (km)	Média de Pass x km por km'	Norm.
2045	Gávea - Uruguai - Av. Brasil	270,59	7,57	35,73	0,00

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 16: Dados para Equilíbrio da Demanda - Pendularidade

Equilíbrio da Demanda - Pendularidade			
Cenário	Trecho	Pass. Total / Pass. Sentido	Norm.
2025	Praça XV - Arariboia	1,51	0,53
2025	Arariboia - Alcântara	1,14	0,04
2025	Pdt Vargas - Deodoro	1,11	0,00
2035	Alvorada - Jardim Oceânico	1,74	0,83
2035	Alvorada - Cocotá	1,68	0,74
2035	Gávea - Uruguai - Del Castilho	1,39	0,37
2035	Gávea - Carioca	1,87	1,00
2045	Recreio - Alvorada	1,55	0,57
2045	Arariboia - Maravista	1,57	0,61
2045	Gávea - Uruguai - Av. Brasil	1,30	0,24

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 17: Dados para Equilíbrio da Demanda - Renovação

Equilíbrio da Demanda - Renovação

Cenário	Trecho	Pass. Total / Pass. Trecho	Norm.
2025	Praça XV - Arariboia	1,22	0,10
2025	Arariboia - Alcântara	1,14	0,00
2025	Pdt Vargas - Deodoro	1,21	0,09
2035	Alvorada - Jardim Oceânico	1,17	0,03
2035	Alvorada - Cocotá	1,84	0,94
2035	Gávea - Uruguai - Del Castilho	1,28	0,19
2035	Gávea - Carioca	1,22	0,11
2045	Recreio - Alvorada	1,55	0,54
2045	Arariboia - Maravista	1,89	1,00
2045	Gávea - Uruguai - Av. Brasil	1,29	0,19

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 18: Dados para Critério Conexões

Conexões				
Cenário	Trecho	Conexões	Quantidade	Norm.
2025	Praça XV - Arariboia	Linhas 1, 3 e 9	3	0,50
2025	Arariboia - Alcântara	Linha 2 e 9	2	0,25
2025	Pdt Vargas - Deodoro	Linhas 1, 2, 6 e 12	4	0,75
2035	Alvorada - Jardim Oceânico	Linha 6	1	0,00
2035	Alvorada - Cocotá	Linhas 2, 4, 7, 8 e 12	5	1,00
2035	Gávea - Uruguai - Del Castilho	Linhas 1, 2, 4, 5 e 6	5	1,00
2035	Gávea - Carioca	Linhas 1, 4 e 8	3	0,50

2045	Recreio - Alvorada	Linha 6	1	0,00
2045	Arariboia - Maravista	Linha 2/3	1	0,00
2045	Gávea - Uruguai - Av. Brasil	Linhas 1, 2, 4, 5 e 6	4	0,75

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 19: Dados para Critério Atendimento a Grandes Polos

Atendimento a Grandes Polos			
Cenário	Trecho	Quantidade	Norm.
2025	Praça XV - Arariboia	2	0,14
2025	Arariboia - Alcântara	5	0,57
2025	Pdt Vargas - Deodoro	8	1,00
2035	Alvorada - Jardim Oceânico	1	0,00
2035	Alvorada - Cocotá	5	0,57
2035	Gávea - Uruguai - Del Castilho	5	0,57
2035	Gávea - Carioca	3	0,29
2045	Recreio - Alvorada	1	0,00
2045	Arariboia - Maravista	1	0,00
2045	Gávea - Uruguai - Av. Brasil	4	0,43

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 20: Dados para Critério Atritos e Impacto Político

Atritos e Impacto Político

Cenário	Trecho	Fatores	Nota	Norm.
2025	Praça XV - Arariboia	Obra grande impacto, questões ambientais na Baía de Guanabara e entraves Prefeitura de Niterói	5	0,29
2025	Arariboia - Alcântara	Negociação com prefeituras de Niterói e S.Gonçalo	3	0,00
2025	Pdt Vargas - Deodoro	Desapropriações importantes. Interface com Supervia e LAMSA	4	0,14
2035	Alvorada - Jardim Oceânico	Sem grandes entraves	10	1,00
2035	Alvorada - Cocotá	Algumas desapropriações; negociações com LAMSA, FAB e Galeão	6	0,43
2035	Gávea - Uruguai - Del Castilho	Desapropriações, reassentamentos, impacto ambiental e negociações com Supervia	4	0,14
2035	Gávea - Carioca	Poucas desapropriações	8	0,71
2045	Recreio - Alvorada	Sem grandes entraves	10	1,00
2045	Arariboia - Maravista	Desapropriações	4	0,14
2045	Gávea - Uruguai - Av. Brasil	Desapropriações, reassentamentos, impacto ambiental e negociações com Supervia	4	0,14

Fonte: Consórcio, 2016.

Multiplicando-se os pesos de cada critério pela nota normalizada que cada linha recebeu, chega-se ao desempenho dessa linha frente ao critério. Somando-se todos os desempenhos encontra-se a nota final, como apresentado nas tabelas a seguir.

Tabela 21: Hierarquização no Cenário 2025

Trecho	Custo de Investimento	Custo de Operação	Impacto na Mobilidade	Impactos Socioambientais	Desenvolvimento Urbano	Passageiros Transportados	Equilíbrio da Demanda		Conectividade	Atendimento a Grandes Polos	Impactos Institucionais	Total	Prioridade
							Pendularidade	Renovação					
Peso adotado	0,07827	0,07161	0,13332	0,04119	0,11643	0,17706	0,08411	0,08411	0,11104	0,04054	0,06232		
Praça XV - Arariboia	0,08	0,07	0,09	0,00	0,06	0,18	0,04	0,01	0,06	0,01	0,02	0,61	1
Arariboia - Alcântara	0,03	0,02	0,05	0,00	0,12	0,02	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,30	3
Pdt Vargas - Deodoro	0,03	0,02	0,13	0,03	0,00	0,04	0,00	0,01	0,08	0,04	0,01	0,40	2

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 22: Hierarquização no Cenário 2035

Trecho	Custo de Investimento	Custo de Operação	Impacto na Mobilidade	Impactos Socioambientais	Desenvolvimento Urbano	Passageiros Transportados	Equilíbrio da Demanda		Conectividade	Atendimento a Grandes Polos	Impactos Institucionais	Total	Prioridade
							Pendularidade	Renovação					
Peso adotado	0,07827	0,07161	0,13332	0,04119	0,11643	0,17706	0,08411	0,08411	0,11104	0,04054	0,06232		
Alvorada - Jardim Oceânico	0,01	0,01	0,06	0,03	0,03	0,01	0,07	0,00	0,00	0,00	0,06	0,28	4
Alvorada - Cocotá	0,05	0,03	0,05	0,04	0,00	0,01	0,06	0,08	0,11	0,02	0,03	0,48	1
Gávea - Uruguai - Del Castilho	0,02	0,02	0,06	0,03	0,00	0,01	0,03	0,02	0,11	0,02	0,01	0,32	3
Gávea - Carioca	0,02	0,02	0,04	0,03	0,00	0,05	0,08	0,01	0,06	0,01	0,04	0,36	2

Fonte: Consórcio, 2016.

Tabela 23: Hierarquização no Cenário 2045

Trecho	Custo de Investimento	Custo de Operação	Impacto na Mobilidade	Impactos Socioambientais	Desenvolvimento Urbano	Passageiros Transportados	Equilíbrio da Demanda		Conectividade	Atendimento a Grandes Polos	Impactos Institucionais	Total	Prioridade
							Pendularidade	Renovação					
Peso adotado	0,07827	0,07161	0,13332	0,04119	0,11643	0,17706	0,08411	0,08411	0,11104	0,04054	0,06232		
Recreio - Alvorada	0,00	0,01	0,08	0,03	0,04	0,01	0,05	0,05	0,00	0,00	0,06	0,32	1
Arariboia - Maravista	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,05	0,08	0,00	0,00	0,01	0,17	3
Gávea - Uruguai - Av. Brasil	0,02	0,02	0,02	0,03	0,00	0,00	0,02	0,02	0,08	0,02	0,01	0,23	2

Fonte: Consórcio, 2016.

Finalmente, comparando-se as notas finais, chega-se a ordem de prioridade em cada um dos cenários estudados, como apresentado na tabela a seguir. Definiu-se, então, a ordem de prioridade para as alternativas de expansão da Rede Metroviária Proposta utilizando-se a metodologia AHP.

Tabela 24: Hierarquização Final

Ordem	Cenário	Linha
1	2025	Praça XV - Arariboia
2	2025	Deodoro - Pres. Vargas
3	2025	Arariboia - Alcântara
4	2035	Alvorada - Cocotá
5	2035	Gávea - Carioca
6	2035	Gávea - Uruguai – Del Castilho
7	2035	Jardim Oceânico - Alvorada
8	2045	Alvorada - Recreio
9	2045	Gávea- Uruguai - Av. Brasil
10	2045	Arariboia - Maravista

Fonte: Consórcio, 2016

Apêndice Digital

Objeto: Análise Hierárquica

Projeto: PDM - Plano Diretor Metroviário da RMRJ

Produto: Relatório Técnico nº 3 - Plano de Implantação

Complemento: Em complemento ao Apêndice 8

Descrição: Planilha de cálculo dos critérios e subcritérios do processo de Avaliação Hierárquica do PDM

Conteúdo:	
Ranking	Ordem de prioridade obtida pela AHP
Normalização	Normalização dos critérios
Resumo Critérios	Consolidação dos resultados obtidos para os critérios
Investimentos	Cálculo do critério de Custo de Investimentos
Operação	Cálculo do critério de Custo de Operação
Mobilidade	Cálculo do critério de Impacto na Mobilidade
Impactos Socioambientais	Cálculo do critério de Impactos SocioAmbientais
Desenvolvimento Urbano	Cálculo do critério de Desenvolvimento Urbano
Passageiros	Cálculo do critério de Passageiros Transportados
Pendularidade	Cálculo do critério de Equilíbrio da Demanda - Pendularidade
Renovação	Cálculo do critério de Equilíbrio da Demanda - Renovação
Conexões	Cálculo do critério de Conexões
Atendimento	Cálculo do critério de Atendimento a Grandes Polos
Impactos Políticos	Cálculo do critério de Atritos e Impacto Político

Ordem	Cenário	Linha
1	2025	Praça XV - Arariboia
2	2025	Deodoro - Pres. Vargas
3	2025	Arariboia - Alcântara
4	2035	Alvorada - Cocotá
5	2035	Gávea - Carioca
6	2035	Gávea - Uruguai – Del Castilho
7	2035	Jardim Oceânico - Alvorada
8	2045	Alvorada - Recreio
9	2045	Gávea- Uruguai - Av. Brasil
10	2045	Arariboia - Maravista

Cenário	Trecho	Custo de Investimento	Custo de Operação	Impacto na Mobilidade	Impactos Sócioambientais	Desenvolvimento Urbano	Passageiros Transportados	Equilíbrio da Demanda		Conectividade	Atendimento a Grandes Polos	Impactos Institucionais	Total	Prioridade
								Pendularidade	Renovação					
	Peso adotado	0,07827	0,07161	0,13332	0,04119	0,11643	0,17706	0,08411	0,08411	0,11104	0,04054	0,06232		
2025	Praça XV - Arariboia	0,08	0,07	0,09	0,00	0,06	0,18	0,04	0,01	0,06	0,01	0,02	0,61	1
2025	Arariboia - Alcântara	0,03	0,02	0,05	0,00	0,12	0,02	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,30	3
2025	Pdt Vargas - Deodoro	0,03	0,02	0,13	0,03	0,00	0,04	0,00	0,01	0,08	0,04	0,01	0,40	2
2035	Alvorada - Jardim Oceânico	0,01	0,01	0,06	0,03	0,03	0,01	0,07	0,00	0,00	0,00	0,06	0,28	4
2035	Alvorada - Cocotá	0,05	0,03	0,05	0,04	0,00	0,01	0,06	0,08	0,11	0,02	0,03	0,48	1
2035	Gávea - Uruguai - Del Castilho	0,02	0,02	0,06	0,03	0,00	0,01	0,03	0,02	0,11	0,02	0,01	0,32	3
2035	Gávea - Carioca	0,02	0,02	0,04	0,03	0,00	0,05	0,08	0,01	0,06	0,01	0,04	0,36	2
2045	Recreio - Alvorada	0,00	0,01	0,08	0,03	0,04	0,01	0,05	0,05	0,00	0,00	0,06	0,32	1
2045	Arariboia - Maravista	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,05	0,08	0,00	0,00	0,01	0,17	3
2045	Gavea - Uruguai - Av. Brasil	0,02	0,02	0,02	0,03	0,00	0,00	0,02	0,02	0,08	0,02	0,01	0,23	2

Cenário	Trecho	Custo de Investimento	Custo de Operação	Impacto na Mobilidade	Impactos Sócioambientais	Desenvolvimento Urbano	Passageiros Transportados	Equilíbrio da Demanda		Conectividade	Atendimento a Grandes Polos	Impactos Institucionais
								Pendularidade	Renovação			
2025	Praça XV - Arariboia	1,00	1,00	0,65	0,00	0,56	1,00	0,53	0,10	0,50	0,14	0,29
2025	Arariboia - Alcântara	0,44	0,25	0,35	0,10	1,00	0,13	0,04	0,00	0,25	0,57	0,00
2025	Pdt Vargas - Deodoro	0,37	0,32	1,00	0,80	0,00	0,25	0,00	0,09	0,75	1,00	0,14
2035	Alvorada - Jardim Oceânico	0,08	0,12	0,47	0,70	0,22	0,06	0,83	0,03	0,00	0,00	1,00
2035	Alvorada - Cocotá	0,70	0,36	0,41	1,00	0,00	0,03	0,74	0,94	1,00	0,57	0,43
2035	Gávea - Uruguai - Del Castilho	0,26	0,24	0,45	0,72	0,00	0,03	0,37	0,19	1,00	0,57	0,14
2035	Gávea - Carioca	0,20	0,23	0,29	0,70	0,00	0,29	1,00	0,11	0,50	0,29	0,71
2045	Recreio - Alvorada	0,06	0,08	0,58	0,73	0,33	0,03	0,57	0,54	0,00	0,00	1,00
2045	Arariboia - Maravista	0,00	0,00	0,00	0,58	0,00	0,00	0,61	1,00	0,00	0,00	0,14
2045	Gavea - Uruguai - Av. Brasil	0,20	0,26	0,13	0,68	0,00	0,00	0,24	0,19	0,75	0,43	0,14

Custo de Investimentos

Cenário	Trecho	Pass. Dia	Custo de Investimento (R\$)	Pass/ Milhão de R\$	Norm.
2025	Praça XV - Arariboia	247.999	3.934.768.203	63,0	1,00
2025	Arariboia - Alcântara	169.265	6.054.077.633	28,0	0,44
2025	Pdt Vargas - Deodoro	471.242	19.628.335.870	24,0	0,37
2035	Alvorada - Jardim Oceânico	25.027	4.326.914.081	5,8	0,08
2035	Alvorada - Cocotá	377.430	8.573.468.649	44,0	0,70
2035	Gávea - Uruguai - Del Castilho	155.171	9.329.542.287	16,6	0,26
2035	Gávea - Carioca	80.563	5.999.436.450	13,4	0,20
2045	Recreio - Alvorada	39.319	8.898.740.616	4,4	0,06
2045	Arariboia - Maravista	5.177	7.727.436.324	0,7	0,00
2045	Gavea - Uruguai - Av. Brasil	64.872	4.901.760.942	13,2	0,20

Máx 63,03

Min 0,67

Intervalo 62,3575894

Custo de Operação					
Cenário	Trecho	Pass. Ano	Custo Operação (R\$)	Pass/R\$ (anual)	Norm.
2025	Praça XV - Arariboia	75.143.624	42.894.694	1751,82	1,00
2025	Arariboia - Alcântara	51.287.283	115.311.384	444,77	0,25
2025	Pdt Vargas - Deodoro	142.786.374	248.123.751	575,46	0,32
2035	Alvorada - Jardim Oceânico	7.583.157	34.076.917	222,53	0,12
2035	Alvorada - Cocotá	114.361.278	178.220.876	641,68	0,36
2035	Gávea - Uruguai - Del Castilho	47.016.849	107.985.057	435,40	0,24
2035	Gávea - Carioca	24.410.528	58.708.433	415,79	0,23
2045	Recreio - Alvorada	11.913.705	73.321.577	162,49	0,08
2045	Arariboia - Maravista	1.568.631	88.434.565	17,74	0,00
2045	Gavea - Uruguai - Av. Brasil	19.656.168	41.571.088	472,83	0,26

Máx	1751,82
Min	17,74
Intervalo	1734,08

Impacto na Mobilidade					
Cenário	Trecho	Redução de tempo de viagem no pico (pass x hr)	Extensão (km)	Redução Média por km	Norm.
2025	Praça XV - Arariboia	7.550,78	4,61	1.639,7	0,65
2025	Arariboia - Alcântara	13.177,42	14,78	891,8	0,35
2025	Pdt Vargas - Deodoro	65.047,65	25,68	2.532,6	1,00
2035	Alvorada - Jardim Oceânico	6.482,86	5,47	1.184,5	0,47
2035	Alvorada - Cocotá	33.558,67	32,17	1.043,2	0,41
2035	Gávea - Uruguai - Del Castilho	15.165,79	13,41	1.130,8	0,45
2035	Gávea - Carioca	7.037,49	9,43	746,4	0,29
2045	Recreio - Alvorada	17.231,64	11,70	1.472,7	0,58
2045	Arariboia - Maravista	-1.138,12	11,19	0,0	0,00
2045	Gavea - Uruguai - Av. Brasil	2.571,99	7,57	339,6	0,13

Máx	2532,61
Min	0,00
Intervalo	2532,61

Impactos SocioAmbientais			
Cenário	Trecho	Redução de Viagens de Automóvel no Pico (auto x km)	Norm.
2025	Praça XV - Arariboia	-111.771,56	0,00
2025	Arariboia - Alcântara	-94.362,12	0,10
2025	Pdt Vargas - Deodoro	24.598,47	0,80
2035	Alvorada - Jardim Oceânico	6.593,86	0,70
2035	Alvorada - Cocotá	58.109,11	1,00
2035	Gávea - Uruguai - Del Castilho	9.886,06	0,72
2035	Gávea - Carioca	7.230,32	0,70
2045	Recreio - Alvorada	11.619,19	0,73
2045	Arariboia - Maravista	-13.476,59	0,58
2045	Gavea - Uruguai - Av. Brasil	4.401,19	0,68

Máx	58109,11
Min	-111771,56
Intervalo	169880,67

Desenvolvimento Urbano				
Cenário	Trecho	Justificativa	Notas	Norm.
2025	Praça XV - Arariboia	Promove Niterói a centralidade de 1ª grandeza, ajudando na requalificação e adensamento	9	0,56
2025	Arariboia - Alcântara	Promove Niterói a centralidade de 1ª grandeza e São Gonçalo / Alcantara a 2ª, ajudando na requalificação e adensamento	13	1,00
2025	Pdt Vargas - Deodoro	Requalifica a Av. Brasil e promove adensamento nela; fomenta o Porto Maravilha	4	0,00
2035	Alvorada - Jardim Oceânico		6	0,22
2035	Alvorada - Cocotá		4	0,00
2035	Gávea - Uruguai - Del Castilho		4	0,00
2035	Gávea - Carioca		4	0,00
2045	Recreio - Alvorada		7	0,33
2045	Arariboia - Maravista		4	0,00
2045	Gavea - Uruguai - Av. Brasil		4	0,00

Max	13
Min	4
Intervalo	9

Passageiros Transportados					
Cenário	Trecho	Aumento do passageio x km na hora Pico	Extensão (km')	Média de Pass x km por km'	Norm.
2025	Praça XV - Arariboia	25.159,60	4,61	5.463,54	1,00
2025	Arariboia - Alcântara	10.892,43	14,78	737,17	0,13
2025	Pdt Vargas - Deodoro	35.179,82	25,68	1.369,72	0,25
2035	Alvorada - Jardim Oceânico	1.948,81	5,47	356,08	0,06
2035	Alvorada - Cocotá	6.281,02	32,17	195,25	0,03
2035	Gávea - Uruguai - Del Castilho	2.693,39	13,41	200,83	0,03
2035	Gávea - Carioca	15.220,47	9,43	1.614,22	0,29
2045	Recreio - Alvorada	2.393,34	11,70	204,54	0,03
2045	Arariboia - Maravista	264,26	11,19	23,62	0,00
2045	Gavea - Uruguai - Av. Brasil	270,59	7,57	35,73	0,00

Máx	5463,54
Min	23,62
Intervalo	5439,92

Equilíbrio da Demanda - Pendularidade			
Cenário	Trecho	Pass. Total / Pass. Sentido	Norm.
2025	Praça XV - Arariboia	1,51	0,53
2025	Arariboia - Alcântara	1,14	0,04
2025	Pdt Vargas - Deodoro	1,11	0,00
2035	Alvorada - Jardim Oceânico	1,74	0,83
2035	Alvorada - Cocotá	1,68	0,74
2035	Gávea - Uruguai - Del Castilho	1,39	0,37
2035	Gávea - Carioca	1,87	1,00
2045	Recreio - Alvorada	1,55	0,57
2045	Arariboia - Maravista	1,57	0,61
2045	Gavea - Uruguai - Av. Brasil	1,30	0,24

Máx	1,87
Min	1,11
Intervalo	0,76

Equilíbrio da Demanda - Renovação			
Cenário	Trecho	Pass. Total / Pass. Trecho	Norm.
2025	Praça XV - Arariboia	1,22	0,10
2025	Arariboia - Alcântara	1,14	0,00
2025	Pdt Vargas - Deodoro	1,21	0,09
2035	Alvorada - Jardim Oceânico	1,17	0,03
2035	Alvorada - Cocotá	1,84	0,94
2035	Gávea - Uruguai - Del Castilho	1,28	0,19
2035	Gávea - Carioca	1,22	0,11
2045	Recreio - Alvorada	1,55	0,54
2045	Arariboia - Maravista	1,89	1,00
2045	Gavea - Uruguai - Av. Brasil	1,29	0,19

Máx	1,89
Min	1,14
Intervalo	0,75

Conexões				
Cenário	Trecho	Conexões	Quantidade	Norm.
2025	Praça XV - Arariboia	Linhas 1, 3 e 9	3	0,50
2025	Arariboia - Alcântara	Linha 2 e 9	2	0,25
2025	Pdt Vargas - Deodoro	Linhas 1, 2, 6 e 12	4	0,75
2035	Alvorada - Jardim Oceânico	Linha 6	1	0,00
2035	Alvorada - Cocotá	Linhas 2, 4, 7, 8 e 12	5	1,00
2035	Gávea - Uruguai - Del Castilho	Linhas 1, 2, 4, 5 e 6	5	1,00
2035	Gávea - Carioca	Linhas 1, 4 e 8	3	0,50
2045	Recreio - Alvorada	Linha 6	1	0,00
2045	Arariboia - Maravista	Linha 2/3	1	0,00
2045	Gavea - Uruguai - Av. Brasil	Linhas 1, 2, 4, 5 e 6	4	0,75

Máx	5
Min	1
Intervalo	4

Atendimento a Grandes Polos			
Cenário	Trecho	Quantidade	Norm.
2025	Praça XV - Arariboia	2	0,14
2025	Arariboia - Alcântara	5	0,57
2025	Pdt Vargas - Deodoro	8	1,00
2035	Alvorada - Jardim Oceânico	1	0,00
2035	Alvorada - Cocotá	5	0,57
2035	Gávea - Uruguai - Del Castilho	5	0,57
2035	Gávea - Carioca	3	0,29
2045	Recreio - Alvorada	1	0,00
2045	Arariboia - Maravista	1	0,00
2045	Gavea - Uruguai - Av. Brasil	4	0,43

Máx	8
Min	1
Intervalo	7

Atritos e Impacto Político				
Cenário	Trecho	Fatores	Nota	Norm.
2025	Praça XV - Arariboia	Obra grande impacto, questões ambientais na Baía de Guanabara e entraves Prefeitura de Niterói	5	0,29
2025	Arariboia - Alcântara	Negociação com prefeituras de Niterói e S.Gonçalo	3	0,00
2025	Pdt Vargas - Deodoro	Desapropriações importantes. Interface com Supervia e LAMSA	4	0,14
2035	Alvorada - Jardim Oceânico	Sem grandes entraves	10	1,00
2035	Alvorada - Cocotá	Algumas desapropriações; negociações com LAMSA, FAB e Galeão	6	0,43
2035	Gávea - Uruguai - Del Castilho	Desapropriações, reassentamentos, impacto ambiental e negociações com Supervia	4	0,14
2035	Gávea - Carioca	Poucas desapropriações	8	0,71
2045	Recreio - Alvorada	Sem grandes entraves	10	1,00
2045	Arariboia - Maravista	Desapropriações	4	0,14
2045	Gavea - Uruguai - Av. Brasil	Desapropriações, reassentamentos, impacto ambiental e negociações com Supervia	4	0,14

Máx	10
Min	3
Intervalo	7

APÊNDICE G

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA E
FINANCEIRA



Apêndice 10 – Análise de Viabilidade Econômica e Financeira das alternativas

1. CÁLCULO E ESTIMATIVA DOS INSUMOS

1.1. Custos de Capital

Entende-se como capital todo o recurso utilizado na produção que não é consumido ao fim do ciclo operacional (no caso deste projeto, ciclos anuais). A frota veicular, por exemplo, apesar da depreciação, é um recurso que não se consome em apenas um ciclo, uma vez que o mesmo veículo pode ser utilizado por vários anos até o fim de sua vida útil.

Para o estudo de viabilidade do PDM, dividiu-se os custos de investimentos em duas categorias segundo sua finalidade: investimentos em infraestrutura e investimentos em material rodante, como descrito a seguir.

1.1.1. Investimentos em Infraestrutura

A partir das características estruturais de cada linha presentes em cada cenário de intervenção metroviária, foram estimados os custos de investimentos necessários para implantação de cada trecho adicional, como descrito no capítulo 5 do Relatório Técnico 3. A tabela a seguir apresenta os custos financeiros de investimentos em infraestrutura (desconsiderando-se custos de material rodante) estimados para cada trecho do Plano Diretor Metroviário, que serviu de insumo para a avaliação de viabilidade.

Tabela 1. Resumo dos custos de construção para cada ano-horizonte do Plano Diretor Metroviário.

Horizonte	Linha	Trecho	Custo
2025	Linha 2	Praça XV - Araribóia	R\$ 3.934.768.203
2025		Araribóia - Alcântara	R\$ 6.054.077.633
2025		Deodoro - Pres. Vargas	R\$ 19.628.335.870
2035	-	Gávea - Uruguai	R\$ 4.326.914.081
2035	Linha 4	Jd. Oceânico - Alvorada	R\$ 8.573.468.649
2035		Alvorada - Cocotá	R\$ 3.934.768.203
2035		Gávea - Uruguai - Del Castilho	R\$ 9.329.542.287
2035		Gávea - Carioca	R\$ 5.999.436.450
2045	Linha 4	Alvorada - Recreio	R\$ 8.898.740.616
2045		Araribóia - Maravista	R\$ 7.727.436.324
2045		Uruguai - Av. Brasil	R\$ 4.901.760.942

Fonte: Consórcio, 2016

1.1.2. Investimentos em Material Rodante

Tendo em vista que a configuração das composições podem variar para cada serviço do sistema metroviário, optou-se por definir o custo do material rodante na menor escala, ou seja, o custo de aquisição de cada carro. Isto permitiu detalhar os custos para cada serviço e, assim, melhor avaliar os custos de aquisição de material rodante para cada cenário de avaliação. O custo financeiro de cada carro é de R\$ 8.564.000 e o custo da composição de cada linha apresentado na tabela a seguir.

Tabela 2. Custo unitário da composição de cada Linha do serviço metroviário do Plano Diretor Metroviário

CUSTO DE CADA LINHA DO SERVIÇO METROVIÁRIO DO PDM		
SERVIÇO METROVIÁRIO	COMPOSIÇÃO (CARROS)	CUSTO DA COMPOSIÇÃO (R\$)
Linha 1	6	R\$51.384.817
Linha 2	8	R\$68.513.089
Arariboia – Alcântara	6	R\$51.384.817
Linha 4	6	R\$51.384.817
Gávea – Carioca	6	R\$51.384.817
Alvorada – Cocotá	6	R\$51.384.817
Pres. Vargas – Av. Brasil	8	R\$68.513.089
Gávea – Del Castilho	6	R\$51.384.817
Arariboia – Maravista	6	R\$51.384.817
Uruguai – Av. Brasil	6	R\$51.384.817

Fonte: Consórcio, 2016

1.2. Custos Operacionais

Despesas operacionais são aquelas que correspondem aos custos que ocorrem em todos os ciclos de produção. No caso da análise financeira são analisados ciclos anuais de produção. Estas despesas representam recursos consumidos devido ao suprimento do serviço e são classificadas em duas componentes de acordo com sua natureza:

- Fixas: são as despesas atreladas à capacidade instalada da empresa; no caso da operação de transporte público, medida pelo tamanho de sua frota e da quantidade de estações. Despesa com pessoal (motoristas, apoio operacional, apoio administrativo, etc.) é exemplo, uma vez que seu valor é função apenas da quantidade de veículos.
- Variáveis: são as despesas atreladas à produção da empresa; no caso da operação de transporte público, medida pela quantidade de quilômetros percorridos pelos veículos. Despesas como: consumo energético, lubrificantes e peças de reposição são exemplos, uma vez que seu valor é função da extensão percorrida pelos veículos.

O cálculo dos custos operacionais para cada modo de transporte requer o dimensionamento dos indicadores de consumo dos insumos e seus respectivos preços. Assim, neste item serão detalhados os custos operacionais dos modos que constituem o sistema de transportes do Rio de Janeiro.

Para a análise de viabilidade, é necessário definir tanto o custo operacional do sistema metroviário, para estimativa dos gastos operativos na avaliação financeira, quanto os custos operacionais dos demais meios de transportes que constituem o sistema, permitindo avaliar o benefício econômico em relação ao custo operacional do sistema de transporte.

1.2.1. Operação do Sistema Metroviário

O dimensionamento do custo operacional de cada linha metroviária presente no Plano Diretor Metroviário foi realizado e é apresentado no âmbito do capítulo 5, no item 5.2, deste documento. Estes são apresentados nas seguintes categorias: Custos de Operação (Pessoal, Energia, Materiais, Limpeza de Estações, Segurança de Pátio e Sede e Vandalismo em Estações); Custos de Manutenção (Via Permanente, Material Rodante, Sistemas e Obras Cíveis); Custos Administrativos, e; Custos de Manutenção e Operação de Pátio. A partir da estimativa total de cada linha, obteve-se o custo operacional por quilômetro para o sistema metroviário do Rio de Janeiro de R\$50,83/km.

1.2.2. Operação do Sistema de VLT

O custo de operação do sistema de VLT foi estimado com base no “Estudo de Projeção de Demanda e Estimativas de Receitas Decorrentes da Operação do Sistema Integrado de Transporte Coletivo da Região Metropolitana do Vale do Rio Cuiabá (RMVRC), com Análise de Cenários e Simulações que Subsidiem a Avaliação Econômica da Implantação do Projeto VLT”, realizado em 2016: R\$ 17,73/km.

Para efeito de dimensionamento da depreciação contábil, considerou-se o custo unitário da composição de R\$ 14.123.999, com vida útil de aproximadamente 2.000.000 km, resultando em R\$ 7,06/km.

1.2.3. Operacionais do Sistema de Ônibus e BRT

A metodologia adotada para a quantificação dos custos operacionais do sistema de transporte da Região Metropolitana de Rio de Janeiro se baseou nos custos reais relativos aos sistemas operados na

Região Metropolitana do Rio de Janeiro e que foram objeto de análise ao longo do desenvolvimento dos projetos de BRT recentemente desenvolvidos.

A fonte principal de informação para o dimensionamento do custo operacional do sistema de ônibus foi a Planilha Tarifária de 2011. O custo por quilômetro foi então atualizado para o ano presente utilizando a base IPCA. Com base nestes procedimentos foi possível determinar os custos apresentados na tabela a seguir. Estimou-se então o custo operacional médio para o sistema de ônibus: R\$ 5,36/km.

Tabela 3: Descrição dos custos operacionais do sistema de Ônibus e BRT

CUSTOS OPERACIONAIS DE ÔNIBUS E BRT		
ITEM	2011 (R\$/Km)	2016 (R\$/Km)
Micro	2,99	4,12
Padron	3,68	5,06
Articulado	5,02	6,90

Fonte: Consórcio, 2016

Sabendo-se que o índice de passageiro por quilometro (IPK) do sistema de ônibus é de 1,72, estimou-se também o custo operacional do sistema em função do número de passageiros, obtendo-se o valor de R\$ 3,12/pax.

1.2.4. Custos Operacionais do Sistema de Barcas

A estimativa do custo operacional do sistema de barcas baseou-se nos levantamentos realizados pelo PLAMUS – Plano de Mobilidade Urbana Sustentável da Grande Florianópolis, publicado em Janeiro de 2014. Levantaram-se os valores de custos operacionais agregados nas métricas de custos variáveis por km e custos fixos por embarcação. No entanto, como se deseja estimar o custo operacional em função da quilometragem, transformaram-se os custos fixos, expressos em função da quantidade de embarcação, em valores expressos por quilômetro, com base na frota do sistema de barcas do Rio de Janeiro (24 embarcações) e na quilometragem total percorrida, resultante da modelagem de oferta e demanda. Os valores utilizados são apresentados na tabela a seguir.

Tabela 4: Custos operacionais do transporte aquaviário

CUSTOS OPERACIONAIS DO TRANSPORTE AQUAVIÁRIO		
Custo	Métrica	Valor Financeiro
Variável	R\$ / km	11,45
Fixo (com exceção da Mão de Obra)	R\$ / km	49,99
Fixo (Mão de Obra)	R\$ / km	8,81
Total	R\$/km	70,26

Fonte: Consórcio, 2016

Para dimensionamento da depreciação contábil, considerou-se o custo unitário da embarcação de R\$ 1.972.000, com vida útil de aproximadamente 2.000.000 km, resultando em R\$ 0,99/km.

1.2.5. Custos Operacionais de Transporte Individual

No que se refere aos custos operacionais dos automóveis particulares, considera-se apenas os custos de combustíveis e de estacionamento, uma vez que estes são os elementos percebidos pelo usuário e que influenciam na decisão sobre a escolha do modo para se realizar a viagem.

A estimativa do custo por quilômetro rodado para os veículos de transporte individual é realizada considerando o custo de combustível médio na RMRJ, bem como a distribuição e a autonomia de combustível da frota de veículos particulares de acordo com o tipo de combustível usado, parâmetros apresentados no 1o Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários, 2011, Ministério do Meio Ambiente. A composição da frota foi obtida junto ao Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN)¹, enquanto o custo médio do combustível junto a Agência Nacional do Petróleo, Gas Natural e Biocombustíveis (ANP)². A estimativa deste custo operacional por quilômetro está apresentada na tabela a seguir.

¹ Disponível em <<http://www.denatran.gov.br/frota2016.htm>>. Acesso em 15/03/2016.

² Disponível em <http://www.anp.gov.br/preco/prc/Resumo_Semanal_Index.asp>. Acesso em 15/03/2016.

Tabela 5: Estimativa de custo operacional dos veículos de transporte individual

ESTIMATIVA DE CUSTO OPERACIONAL - VEÍCULOS DE TRANSPORTE INDIVIDUAL				
TIPO DE COMBUSTÍVEL	% DA FROTA	AUTONOMIA [KM / LITROS]	CUSTO MÉDIO DO COMBUSTÍVEL [R\$/LITRO] *	CUSTO POR QUILOMETRO (R\$/KM)
Gasolina C	44%	10,84	3,99	0,37
Etanol Hidratado	6%	7,45	3,51	0,47
Flex Fuel	50%	7,45	3,83	0,51
Flex Gas.	34%	11,39	3,99	0,35
Flex Etan.	16%	7,55	3,51	0,46
Consumo médio				0,45

Fonte: Consórcio, 2016

Para o custo de estacionamento, considerou-se um valor médio de pagamento de estacionamento de R\$ 15,00, que dividido pela quilometragem média de viagem da RMRJ, obteve-se o custo de R\$ 0,86/km.

A combinação desses dois custos resulta no custo operacional total do automóvel de R\$ 1,31/km.

2. AVALIAÇÃO SOCIOECONÔMICA

A avaliação socioeconômica do Plano Metroviário para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro tem o objetivo de destacar a relação custo-benefício e o interesse econômico-social da nova oferta de transporte coletivo na Região Metropolitana, buscando quantificar as externalidades positivas e negativas resultantes de sua implantação. Neste contexto, este capítulo apresenta o desenvolvimento conceitual e prático implementado na avaliação socioeconômica do Plano Metroviário para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

As decisões relacionadas a transportes e mobilidade urbana impactam, em perspectivas particulares, diferentes atores do meio urbano, como os usuários e operadores dos sistemas de transportes (coletivo e individual), empresas e moradores da região, etc. No entanto, decisões sobre projetos e de políticas públicas devem procurar avaliar seus impactos para a sociedade da forma mais holística possível. A avaliação econômica dos custos de transporte consiste em dimensionar a economia advinda da implantação do sistema em estudo, resultante da combinação dos benefícios para o usuário, para o operador e para o governo. Os principais benefícios econômicos incluem:

- Redução dos Custos Operacionais
- Redução dos Tempos de Viagem
- Redução do Custo de Gerenciamento do Sistema Ônibus
- Redução da Poluição

- Redução de Acidentes

A metodologia de avaliação socioeconômica proposta segue os conceitos adotados pelo Banco Mundial para estudos de viabilidade econômica de projetos de sistemas de transportes urbanos. A premissa básica da metodologia consiste na estimativa dos benefícios gerados em função da implantação da Rede Metroviária Proposta para a RMRJ, comparando-se o cenário “sem” e “com” as alterações propostas. Constituem elementos avaliados nesta metodologia: as variações no custo de transporte, no custo de externalidades (como acidentes e emissões de poluentes) e no custo do tempo dispendido em trânsito, bem como os investimentos necessários para implantação do projeto, como ilustrado na figura a seguir.

Figura 1: Elementos que constituem a abordagem utilizada para a análise socioeconômica.

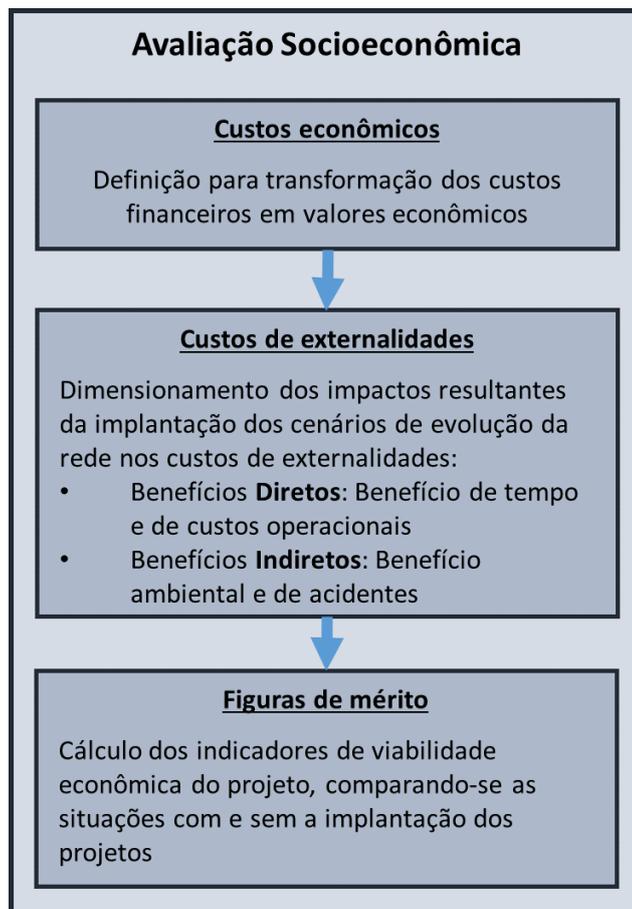


Fonte: Consórcio, 2016

Para o desenvolvimento da avaliação socioeconômica, inicialmente realiza-se a transformação dos custos financeiros em valores econômicos, a partir da eliminação das alíquotas de impostos, taxas e encargos incidentes em cada um dos insumos necessários para a construção e operação do sistema. Posteriormente, estimam-se os custos de externalidades a partir dos indicadores operacionais e de demanda, dimensionando-se os impactos resultantes da implantação dos cenários de avaliação nos custos de externalidade (custo do tempo, custo de poluição e custo de acidentes).

Por fim, são calculados os indicadores de viabilidade econômica do projeto, comparando-se as situações com e sem a implantação das novas ligações metroviárias. São considerados como indicadores de viabilidade econômica as figuras de mérito de Taxa Interna de Retorno Econômico (TIRE), a relação B/C e o Valor Presente Líquido do fluxo de caixa diferencial. As etapas de desenvolvimento da avaliação socioeconômica são representadas na figura a seguir.

Figura 2: Etapas da avaliação socioeconômica



Fonte: Consórcio, 2016

2.1.1. Custos Econômicos

Os custos econômicos correspondem aos custos que a sociedade de forma global incorre com a geração daquele serviço, seja o custo associado à fase de implantação ou à fase de operação. A transformação dos custos financeiros em valores econômicos consiste na eliminação das alíquotas de impostos, taxas e encargos estaduais e federais incidentes em cada um dos insumos necessários para a construção e operação do sistema, obtendo-se, assim, os valores a custo de fatores.

Apresenta-se a seguir os encargos levantados e os fatores de correção desenvolvidos para esta etapa, buscando diferenciar os componentes que constituem os custos fixos e variáveis, tratando-os em função de sua natureza específica. Posteriormente, são apresentados os custos econômicos para o desenvolvimento da avaliação socioeconômica.

2.1.1.1. Definição dos Encargos e Fatores de Correção

2.1.1.1.1. Encargos Sobre Materiais, Sobressalente e Equipamentos

Este ônus é constituído basicamente pelo Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) e pelo Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), incidentes sobre todos os produtos adquiridos no mercado nacional e tidos como os principais impostos indiretos do Brasil. O IPI é incidente uma vez que o ônus financeiro é transferido do contribuinte legal (indústria) para o adquirente do produto tributado (consumidor). As alíquotas consideradas são:

- IPI = 10% (aplicado “por fora”, ou seja, adicionado sobre o valor do produto);
- ICMS = 19% (aplicados “por dentro”, ou seja, incluso no preço).

Assim, o percentual de tributação sobre materiais, sobressalente e equipamentos é de 26,4%.

2.1.1.1.2. Encargos sobre Combustíveis

O percentual de impostos embutido nos preços do combustível segundo dados elaborados pela Petrobras³ a partir de dados da ANP e CEPEA/USP são:

- Diesel = 23% (sendo 15% de ICMS e 8% de CIDE e PIS/PASEP e COFINS);
- Gasolina: 37% (sendo 28% de ICMS e 9% de CIDE e PIS/PASEP e COFINS);
- Etanol = 15%.

2.1.1.1.3. Fator de Correção dos Gastos com Pessoal

Este ajuste torna-se necessário uma vez que os salários efetivamente pagos dificilmente traduzem de maneira fiel os reais custos de mão-de-obra empregada.

Segundo a abordagem adotada pelo Banco Mundial para estudos de viabilidade de projetos de transporte, no caso da inexistência de estudos a respeito da situação trabalhista na região do projeto,

³ Obtido em <<http://www.petrobras.com.br/pt/produtos-e-servicos/composicao-de-precos/>>. Acesso em 14/03/2016

considera-se simplificada, o valor dos encargos sociais incidentes na folha de pagamento, como uma primeira aproximação para tal fator.

Para fins de análise de viabilidade econômica considerou-se o fator de encargos sociais da planilha tarifária do Rio de Janeiro, ou seja, 73,75 %, como representativa do peso dos encargos sociais sobre a folha de pagamento das empresas de transporte na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, inclusive para a análise do sistema a ser implantado. Com base nos elementos apresentados, são calculados os custos econômicos de produção dos serviços de transporte.

2.1.1.1.4. Fator de Correção dos Custos de Investimentos

O procedimento adotado para a conversão de valores financeiros em econômicos no caso dos custos de investimentos consistiu em determinar a distribuição dos custos totais por componente. Devido a indisponibilidade de informações desagregadas, adotou-se a composição média obtida em projetos semelhantes, permitindo que os valores de investimento sejam separados em materiais, equipamentos e mão-de-obra.

Os percentuais referentes a mão de obra e materiais foram estimados com base em estudos realizados pelo Banco Mundial que identificaram que, em média, nas intervenções em infraestrutura de transportes, 40% são gastos em mão de obra e 60% em materiais. A tabela a seguir apresenta a composição dos custos de investimentos e os respectivos fatores para conversão do valor financeiro em econômico (o fator de correção de encargos sobre a mão de obra e o percentual de impostos sobre materiais e desapropriação). Por fim, a taxa de correção do custo financeiro de investimento para custo econômico a partir das informações apresentadas resultou em um fator de 54,7%.

Tabela 6: Composição dos Custos de Investimento

COMPOSIÇÃO DOS CUSTOS DE INVESTIMENTOS		
Percentual de Mão de Obra nos Custos de Infra - Estrutura	40%	Banco Mundial
Percentual de Materiais nos Custos de Infra - Estrutura	60%	Banco Mundial
Fator de Correção de Encargos Sobre Mão de Obra	73,8%	Planilha tarifária do Rio de Janeiro
Percentual de Impostos Sobre Materiais/Desapropriação	26,4%	Alíquota de IPI + Alíquota ICMS

Fonte: Consórcio, 2016

2.1.1.2. Definição de Preços Sombra

2.1.1.2.1. Custos de Capital

Os custos econômicos de investimentos em infraestrutura foram estimados com base no fator de correção de custos de investimentos, descrito no item 1.1.1, resultando nos valores apresentados na tabela a seguir.

Tabela 7: Resumo dos custos econômicos de investimentos para cada ano-horizonte do Plano Diretor Metroviário.

TRECHO	HORIZONTE	CUSTO	
Praça XV - Araribóia	2025	R\$	1.693.331.744,31
Araribóia - Alcântara	2025	R\$	1.295.133.936,24
Deodoro - Pres. Vargas	2025	R\$	2.837.473.079,54
Gávea - Uruguai	2035	R\$	1.602.182.903,79
Jd. Oceânico - Alvorada	2035	R\$	2.086.379.815,10
Alvorada - Cocotá	2035	R\$	1.070.626.784,73
Gávea - Carioca	2035	R\$	2.896.948.590,98
Gávea - Uruguai - Del Castilho	2035	R\$	2.779.971.746,33
Alvorada - Recreio	2045	R\$	2.743.579.331,97
Araribóia - Maravista	2045	R\$	2.455.914.201,75
Uruguai - Av. Brasil	2045	R\$	2.271.033.611,59

Fonte: Consórcio, 2016

Posteriormente, estimou-se o preço sombra para aquisição de material rodante para o sistema metroferroviário, aplicando-se o fator estimado para encargos sobre materiais, sobressalentes e equipamentos, descrito no item 1.1.2. Obteve-se o custo econômico de R\$ 4.639.091 por carro e, consequentemente nos custos de composição apresentados na tabela a seguir.

Tabela 8: Custo econômico da composição de cada Linha do serviço metroviário do Plano Diretor Metroviário

CUSTO ECONÔMICO DA COMPOSIÇÃO DE CADA LINHA DO SERVIÇO METROVIÁRIO		
SERVIÇO METROVIÁRIO	COMPOSIÇÃO (CARROS)	CUSTO DA COMPOSIÇÃO (R\$)
Linha 1	6	R\$ 27,834,545
Linha 2	8	R\$ 37,112,727
Arariboia – Alcântara	6	R\$ 27,834,545
Linha 4	6	R\$ 27,834,545
Gávea – Carioca	6	R\$ 27,834,545
Alvorada – Cocotá	6	R\$ 27,834,545

CUSTO ECONÔMICO DA COMPOSIÇÃO DE CADA LINHA DO SERVIÇO METROVIÁRIO		
SERVIÇO METROVIÁRIO	COMPOSIÇÃO (CARROS)	CUSTO DA COMPOSIÇÃO (R\$)
Pres. Vargas – Av. Brasil	8	R\$ 37,112,727
Gávea – Del Castilho	6	R\$ 27,834,545
Arariboia – Maravista	6	R\$ 27,834,545
Uruguai – Av. Brasil	6	R\$ 27,834,545

Fonte: Consórcio, 2016

2.1.1.2.2. Custos Operacionais

Em função da composição dos custos fixos e variáveis dos sistemas de transporte coletivo e individual, foram realizados os tratamentos necessários para a conversão dos valores financeiros em econômicos, isto é, definido o preço sombra de cada insumo. A tabela a seguir, apresenta os critérios utilizados para a definição dos custos econômicos para cada sistema de transporte considerado na avaliação e o resultado obtido.

Tabela 9: Definição de custos de operação econômicos, com base em critérios de preço sombra, para cada sistema de transporte da RMRJ

DEFINIÇÃO DE CUSTOS		
SISTEMA DE TRANSPORTE	CRITÉRIOS	CUSTO OPERACIONAL ECONÔMICO
Metroviário	Eliminação dos impostos sobre: mão de obra, materiais e tributos	R\$ 39,33
VLT	Eliminação dos impostos sobre: mão de obra, materiais e tributos	R\$ 12,59
Ônibus	Eliminação dos impostos sobre óleo diesel	R\$ 2,40
Barcas	Eliminação dos impostos sobre: mão de obra, materiais e tributos	R\$ 47,95
Automóvel	Eliminação dos impostos sobre gasolina	R\$ 1,15

Fonte: Consórcio, 2016

Já o dimensionamento dos custos econômicos de depreciação do material rodante decorrente da operação, antes estimados no item 1.2 de custos operacionais deste apêndice, foram também reduzidos com base nos encargos sobre materiais, sobressalentes e equipamento, obtendo-se o valor de R\$ 0,73/km para o sistema de barcas e de R\$ 5,20/km para o sistema de VLT. Os valores finais utilizados para estimativa dos benefícios no custo operacional são apresentados na tabela a seguir.

Tabela 10: Custos econômicos utilizados para estimativa do benefício no custo de operação do sistema de transporte integrado

CUSTO DE OPERAÇÃO DO SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO	
SISTEMA DE TRANSPORTE	CUSTO OPERACIONAL ECONÔMICO
Metroviário	R\$ 39,33
VLT	R\$ 17,79
Ônibus	R\$ 2,40
Barcas	R\$ 48,67
Automóvel	R\$ 1,15

Fonte: Consórcio, 2016

2.1.2. Custos das Externalidades

Em termos genéricos, um sistema de transporte urbano pode ser visto como um processo de produção que consome recursos para gerar benefícios e serviços úteis à sociedade. Os produtos resultantes do sistema de transporte podem ser considerados geradores tanto de vantagens como desvantagens.

A essência da avaliação econômica de investimentos em transporte é quantificar, monetariamente, todos os impactos produzidos pelo sistema de transporte avaliado, de forma que estes impactos possam ser comparados para diferentes cenários. A metodologia empregada aborda a necessidade de quantificar os impactos sociais dos seguintes conceitos:

- Custos atribuídos ao tempo de viagem das pessoas;
- Custos de poluição;
- Custos de acidentes.

2.1.2.1. Custos Atribuídos ao Tempo

A economia de tempo da população costuma ser um dos principais benefícios socioeconômicos resultantes da melhoria da mobilidade urbana, principalmente quando da realização de obras de infraestrutura viária ou da implantação de sistemas estruturantes de transporte público. Desta forma, fazer uma estimativa adequada dos ganhos de tempo se revela importante tanto para servir como indicador do nível de trânsito que a cidade enfrentará nos anos futuros como para incluir o equivalente monetário do tempo economizado na análise de custo benefício (VPL socioeconômico).

O modelo conceitual no qual está embasada a atribuição de valor ao tempo dos usuários de transporte público toma como premissa que tanto os gastos financeiros como os gastos de tempo de uma

pessoa são limitados. Assim, uma pessoa precisa dividir seu tempo entre trabalho, atividades de lazer e tempo de locomoção, e o faz com o intuito de maximizar seu bem-estar e satisfação. Esse mecanismo, utilizado inconscientemente pelas pessoas no momento de decidir qual meio de transporte vão utilizar, permite criar uma base de comparação entre o ganho de tempo e o valor monetário associado a ele.

Um dos problemas da utilização do valor da hora de trabalho de cada indivíduo para o cálculo do valor do seu tempo é que isso privilegiaria a avaliação de soluções que favorecessem os segmentos mais afluentes da sociedade, o que vai contra o princípio de políticas públicas ligadas ao transporte que visa favorecer de maneira equânime a população. Desse modo, adota-se a renda média mensal per capita da RMRJ para todo o tempo gasto em viagens urbanas.

Para o valor do tempo das viagens levantou-se a média adotada pelo PDTU corrigido para o ano base de estudo (2014), o que resultou em R\$17 / hora. Como os custos desta avaliação são datados de 2016, este valor foi novamente atualizado seguindo o aumento do salário mínimo no período, resultando no valor do tempo de R\$19,72 / hora. No entanto, conclui-se que este valor é muito elevado e não necessariamente representa o custo horário dos usuários do transporte público da RMRJ. Ao superestimar estes valores, pode-se superestimar também os benefícios de externalidades do projeto, resultando em um desequilíbrio socioeconômico.

Desta forma, optou-se por utilizar um valor capaz de representar a percepção dos usuários do transporte coletivo da RMRJ. Muitos estudos têm associado o custo da viagem com o valor do tempo do usuário. Assim, adotou-se para esta avaliação o valor da tarifa atual do ônibus municipal do Rio de Janeiro: R\$ 3,80, como valor atribuído ao período de uma hora.

2.1.2.2. Custos de Poluição

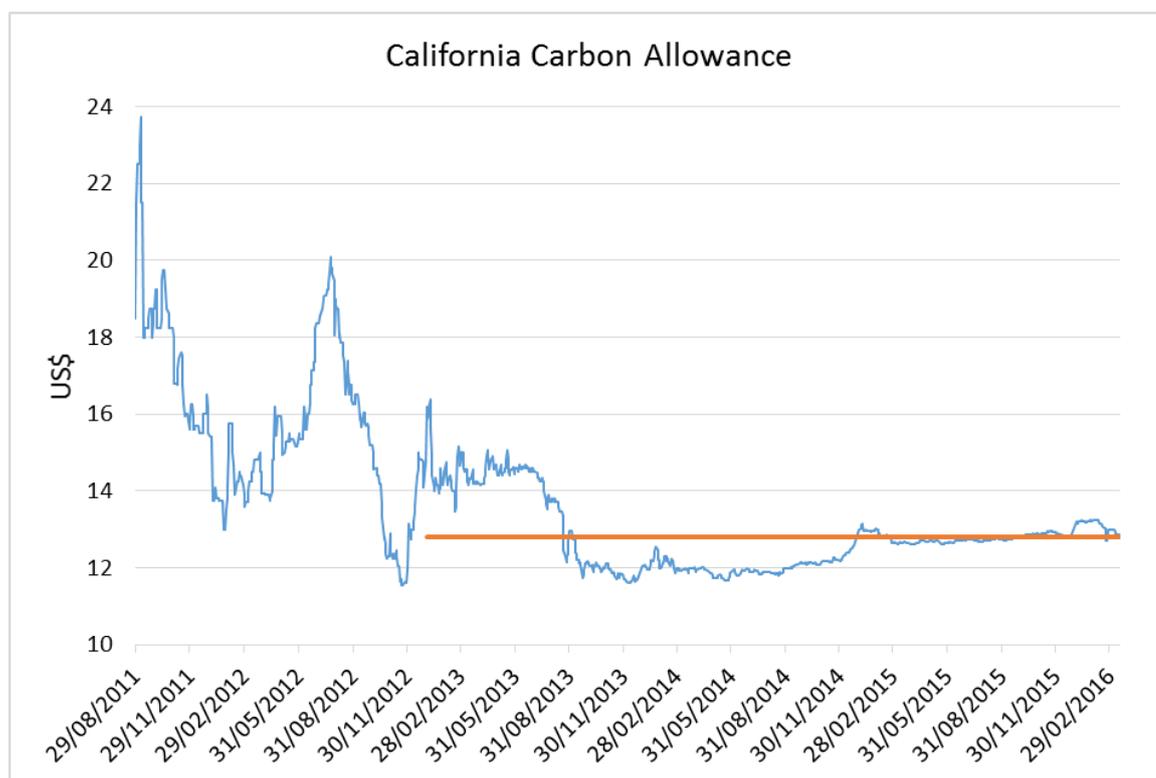
Para avaliar o custo das emissões, utiliza-se o conceito de créditos de carbono. Os créditos de carbono criam um mercado para reduzir as emissões de gases de efeito estufa, atribuindo um valor monetário ao custo de poluir o ar, constituindo assim uma forma direta de encontrar o equivalente monetário da emissão de poluentes.

O mercado de créditos de carbono sofreu impacto muito grande na crise econômica mundial que se instalou em 2008, fazendo com que muitos dos créditos, principalmente os europeus, perdessem quase completamente seu valor. O baixo valor de alguns créditos não significa que o custo para reduzir emissões de carbono foi drasticamente reduzido, mas sim que o mercado de compra e venda desses créditos perdeu sua estabilidade e conseqüentemente deixou de ser representativo para uma comparação com os custos reais da emissão de gases.

Devido a essa instabilidade, neste estudo focou-se num mercado de crédito de carbono que se manteve estável nos últimos anos e que continua sendo emitido e comercializado, o “California Carbon Allowance”, também conhecido como “CCA”. Analisou-se a variação de preços desse crédito de carbono entre setembro de 2011 e março de 2016 e, devido as grandes variações ocorridas principalmente nos primeiros anos de sua implementação.

Por este motivo, optou-se por adotar o valor médio de venda da tonelada de CO2 equivalente entre os últimos três anos, resultando em um valor de US\$12,81. Para a taxa de câmbio de R\$ 3,50 /US\$, resulta no valor financeiro de R\$ 44,84 por tonelada de CO2 e no valor econômico de R\$ 35,87 por tonelada de CO2. Para os desenvolvimentos a seguir será utilizado o valor econômico.

Figura 3 Evolução dos preços de venda de venda da tonelada de CO2 equivalente.



Fonte: Consórcio, 2016

A quantidade de CO2 emitida por um veículo é diretamente proporcional à quantidade de combustível utilizada na operação. Assim, a produção de contaminantes de cada tipo de veículo depende diretamente do combustível utilizado e de seu rendimento. Desta forma, este custo é resultado do cálculo da variação da quilometragem percorrida pelos veículos entre as situações com e sem a implantação de

cada alternativa avaliada, ou seja, os benefícios anuais gerados pela redução dos níveis de poluição são calculados em função da redução efetiva do total de [veículos x km] entre as situações com e sem projeto.

Para estimar este valor, é utilizado o 1o Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários, 2011, Ministério do Meio Ambiente, de modo a caracterizar o custo à sociedade oriundo desses gases nocivos. A tabela a seguir apresenta os fatores de produção de CO₂ por litro de combustível usado na estimação de custos de contaminação neste item.

Tabela 11: Fatores de produção de CO₂ por litro de combustível

FATORES DE PRODUÇÃO DE CO ₂			
GASOLINA C (KG/L) ⁴	ETANOL HIDRATADO (KG/L)	DIESEL (KG/L)	GNV (KG/M ³)
1,99	1,18	2,67	2,00

Fonte: Consórcio, 2016

De forma semelhante à estimativa do custo de operação dos veículos de transporte individual, o custo de emissões ambientais é calculado a partir da distribuição e da autonomia de cada veículo que compõe a frota de veículos particulares de acordo com o tipo de combustível usado, com base nos parâmetros apresentados no 1o Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários, 2011, Ministério do Meio Ambiente. Considerou-se ainda a emissão de CO₂ na produção do combustível: 0,295 kg de CO₂/L de gasolina e 0,153 kg de CO₂/ L de etanol. A tabela a seguir apresenta o cálculo do fator de produção de CO₂ calculado para automóveis. A composição da frota foi obtida junto ao Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN)⁵.

⁴ A Gasolina C é composta por 73% de Gasolina A e 27% de Etanol Anidro. Fonte: <<http://www.petrobras.com.br/pt/produtos-e-servicos/composicao-de-precos/gasolina/>>. Acesso em 15/03/2016.

⁵ Disponível em <<http://www.denatran.gov.br/frota2016.htm>>. Acesso em 15/03/2016.

Tabela 12: Estimativa de custo de emissões por quilômetro dos veículos de transporte individual

ESTIMATIVA DE CUSTO DE EMISSÕES				
Tipo de Combustível	% da frota	Autonomia (Km / Litros)	Produção de CO2 (kg/L)	Kg CO2 / Km Rodado
Gasolina C	44%	10,84	1,99	0.21
Etanol Hidratado	6%	7,45	1,18	0.18
Flex Fuel	50%	7,45	1,18	0.19
Flex Gas.	68%	11,39	1,99	0.20
Flex Etan.	32%	7,55	1,18	0.18
Média				0.20

Fonte: Consórcio, 2016

Ao associar o custo de venda da tonelada de CO2 e o fator de emissão por quilômetro dos veículos de transporte privado, obteve-se o custo médio de R\$ 0,0072/km para emissões ambientais (para veículo privado). Similarmente, estimou-se o custo de emissão para o transporte coletivo. O fator de emissão de diesel (2,67 kg/l) foi associado com a autonomia de cada tipo de ônibus operante na RMRJ, resultando no coeficiente de produção de CO2 apresentado na tabela a seguir. Considerou-se ainda neste valor a emissão de CO2 na produção do diesel (0,261 kg de CO2/L).

Tabela 13: Exemplo de estimativa de custo de emissões por quilômetro dos veículos de transporte coletivo

ESTIMATIVA DE CUSTO DE EMISSÕES		
TIPO DE ÔNIBUS	Autonomia (km/L)	Produção de CO2(kg/km)
Midi	0.38	1,12
Padron	0,52	1,52
Articulado	0.66	1,94

Fonte: Consórcio, 2016

Ao associar estes fatores de produção com o custo de venda da tonelada de CO2, obteve-se o custo médio de R\$ 0,0559/km para emissões ambientais por ônibus.

O custo de emissão para transporte aquaviário utilizou como parâmetros base o coeficiente de produção do diesel e autonomia de 3,72 L/km, o que resultou no custo ambiental de R\$ 0,39 /km.

Alguns estudos não consideram nas análises ambientais o impacto resultante de veículos que utilizam energia elétrica, já que estes possuem emissão zero. No entanto, deve-se considerar a emissão resultante da produção da energia elétrica, mesmo que estas aconteçam distantes do perímetro urbano.

Do ponto de vista de créditos de carbono, o local da emissão é totalmente desatrelado do valor da diminuição da poluição (sendo isso que possibilita a comercialização dos mesmos). Assim, desconsiderar o custo ambiental da utilização da energia elétrica não seria congruente com o método escolhido para monetizar a emissão de poluentes.

A matriz de geração de energia elétrica brasileira é altamente baseada em usinas hidrelétricas, que possui baixa emissão de poluentes quando comparada com usinas termoeletricas. No entanto, houve um aumento de produção elétrica em usinas principalmente termoeletricas nos últimos anos. Foi então analisado o período de 2008 a 2014 com o intuito de obter uma média das emissões por kWh que fosse representativa, como apresentado a seguir.

Tabela 14: Geração elétrica por energético no Brasil (GWh)

GERAÇÃO ELÉTRICA POR ENERGÉTICO NO BRASIL (GWH)							
TIPO DE GERAÇÃO	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	(GWH)						
Total	463.120,00	462.976,00	515.799,00	531.758,00	552.498,00	570.834,65	590.478,66
Gás Natural	28.778,00	13.182,00	36.476,00	25.095,00	46.760,00	69.002,73	81.074,91
Hidráulica (i)	369.556,00	389.858,00	403.290,00	428.333,00	415.342,00	390.992,01	373.439,06
Derivados de Petróleo (ii)	15.628,00	12.549,00	16.065,00	12.239,00	16.214,00	22.090,05	31.667,60
Carvão	6.730,00	5.416,00	8.263,00	6.485,00	8.422,00	14.801,49	18.385,43
Nuclear	13.969,00	12.957,00	14.523,00	15.659,00	16.038,00	15.449,69	15.378,46
Biomassa (iii)	19.199,00	20.572,00	31.523,00	31.633,00	34.662,00	39.679,02	44.733,11
Eólica	1.183,00	1.238,00	2.177,00	2.705,00	5.050,00	6.578,41	12.210,25
Outras (iv)	8.076,00	7.205,00	3.481,00	9.609,00	10.010,00	12.241,25	13.589,83

Fonte: Consórcio, 2016

Tabela 15: Emissões de GEE provenientes da geração elétrica no Brasil

TIPO DE GERAÇÃO	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	(MtCO ₂ e)						
Total	34,50	23,35	35,84	32,13	46,73	71,03	89,78
SIN	19,98	9,98	19,18	14,89	28,52	52,83	71,00
Sistemas Isolados	6,40	6,87	6,92	7,11	7,58	7,52	7,30
Autoprodução	8,12	6,50	9,74	10,13	10,63	10,68	11,48

Fonte: Consórcio, 2016

Dividindo-se os totais de emissões de GEE provenientes da geração elétrica (Tabela 15) pelo total de geração de energia elétrica (Tabela 14), obtêm-se os coeficientes de emissão por kWh, que, associado ao custo de emissão, permite monetizar o impacto ambiental de produção de energia elétrica, como apresentado na tabela a seguir.

Tabela 16: Coeficientes de emissão e custo por kWh (energia elétrica)

COEFICIENTES DE EMISSÃO E CUSTO								
Tipo de Geração	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Média
t CO ₂ e / kWh	0,000074	0,000050	0,000069	0,000060	0,000085	0,000124	0,000152	0,000088
R\$ / kWh	0,002672	0,001809	0,002492	0,002167	0,003034	0,004463	0,005454	0,003156

Fonte: Consórcio, 2016

A partir dos dados apresentados na Tabela 16, utilizou-se a média anual para estimar o impacto ambiental para o sistema metroferroviários e VLT, respectivamente, R\$ 0,0164/km e R\$ 0,0126/km.

2.1.2.3. Custos dos Acidentes

A avaliação deste benefício consiste na análise de variação da quilometragem percorrida pelos usuários do sistema de transporte nos cenários com e sem a implantação do projeto.

A implantação da Rede Metroviária Proposta prevê um impacto na distribuição modal das viagens que ocorrem na RMRJ. Com esta implantação, espera-se uma redução na quantidade de veículos circulantes e, conseqüentemente, na quantidade de quilometragem percorrida. Considerando que a taxa de acidentes por km seja mantida constante no período de análise, espera-se que a implantação dos empreendimentos previstos resulte em uma menor quantidade global de acidentes. Esta seria uma premissa conservadora, uma vez que os níveis de eficiência e de segregação trazidas pelos sistemas sobre trilhos e sistemas de BRT e a implementação de políticas de gestão de demanda e de segurança viária tendem a diminuir a incidência de acidentes.

Os parâmetros dos custos de acidentes foram calculados a partir de três estudos: "Impactos Sociais e Econômicos dos Acidentes de Trânsito nas Aglomerações Urbanas Brasileiras em 2003", realizado pela IPEA / ANTP; "Low Carbon Country Studies Brasil" realizado pelo Banco Mundial, e; "Análisis de la movilidad urbana: Espacio, medio ambiente y equidade" realizado pela CAF.

A estimativa de custos totais com acidentes é obtida a partir do estudo do IPEA/ANTP e ajustada para a mesma data dos outros estudos usando o IPCA. Dividiu-se o total de custos com acidentes pela

quilometragem total percorrida por passageiros, obtida no estudo do Banco Mundial, para então definir uma estimativa do custo por quilometro rodado por passageiro, apresentado na tabela a seguir.

Tabela 17: Estimativa de Custos Totais com Acidentes em 2010

ESTIMATIVA DE CUSTOS TOTAIS COM ACIDENTES - 2010			
MODAL	MILHARES DE R\$	MILHARES DE PAX*KM	R\$ / PAX*KM
Auto	1,580,381.86	68.942.083	0.02292
Moto	295,796.40	3.867.846	0.07648
Ônibus	319,322.29	116.568.057	0.00274

Fonte: Impactos Sociais e Econômicos dos Acidentes de Trânsito nas Aglomerações Urbanas Brasileiras em 2003 - IPEA / ANTP, Low Carbon Country Studies Brasil - Banco Mundial. Custos atualizados segundo IPCA.

Para a extrapolação dos custos de acidentes apresentados na Tabela 17 para outros modais, como o BRT e VLT, utilizou-se dos parâmetros de equivalência apresentados na tabela a seguir, baseados no estudo da CAF.

Tabela 18: Relação da Proporção de Acidentes Entre Diferentes Modais

Modal	Mortes por 100 MM de passageiros/km	Índice relativo em relação a metrô	Índice relativo em relação A ônibus
Moto	13,80	394	197
A pé	6,40	183	91
Bicicleta	5,40	154	77
Automóvel	0,7	20	10
Ônibus, BRT e VLT Não Segregado	0,07	2	1
Trem, Metrô e Monotrilho	0,035	1	0,5

Fonte: Análisis de la movilidad urbana Espacio, medio ambiente y equidade – CAF

Por fim, a relação entre os valores apresentados na Tabela 17 e na Tabela 18 resultou nos custos de acidentes para o sistema metroferroviário (R\$ 0.0014/pax*km), aquaviário (R\$ 0.0014/pax*km) e VLT (R\$ 0.0027/pax*km).

2.1.3. Benefícios Econômicos

Considerados os conceitos e insumos apresentados neste capítulo e que se inserem no âmbito da avaliação socioeconômica, bem como os indicadores de demanda destacados, esta etapa consiste na avaliação dos benefícios socioeconômicos decorrentes da implantação dos projetos que constituem o Plano Metroviário da RMRJ.

A metodologia usada para a avaliação socioeconômica consiste em aplicar os fatores que monetizam os benefícios, visando estimar e comparar os custos e benefícios sociais associados ao transporte, tanto para o cenário base (cenário prognóstico) quanto para o com a Rede Metroviária Proposta no PDM. A hipótese sugere que a diferença entre os dois cenários decorra da implantação do conjunto de intervenções projetadas e que, com estas, se amplie os benefícios percebidos pela sociedade. Foram então estimados os seguintes benefícios associados às intervenções:

- Benefício dos Custos Operacionais;
- Benefício dos Tempos de Viagem;
- Benefício dos Custos Ambientais;
- Benefício dos Custos de Acidentes.

Para avaliação do fluxo de caixa diferencial, calcula-se os principais indicadores de viabilidade econômica de projetos:

- Valor Presente Líquido (VPL), com uma taxa de desconto de 7.5% (considerado como referência a Taxa de Juros de Longo Prazo - TJLP de Abril 2016) os valores foram avaliados no ano base de 2017;
- Relação Benefício / Custo (B/C);
- Taxa Interna de Retorno Econômico (TIRE).

2.1.4. Resultados da Avaliação Socioeconômica

Apresenta-se a seguir os resultados obtidos na avaliação socioeconômica para cada benefício considerado e, por fim, o resultado consolidado para avaliação do projeto como um todo.

2.1.4.1. Benefícios de Custos Operacionais

O benefício de custos operacionais tem por objetivo estimar a economia que o sistema de transportes terá resultante da implantação de novas tecnologias. Assim, espera-se que o custo operacional do sistema de transportes da RMRJ reduza com a implantação do PDM. Para isto, são estimados os custos operacionais antes e após a implantação do projeto, ou seja, compara-se os custos obtidos a partir dos indicadores de oferta e demanda (passageiro x quilômetro e veículo x quilômetro) do cenário Prognóstico e do cenário PDM. O valor presente líquido resultante desta avaliação é apresentado na Tabela 19 para cada modo de transporte e os totais ilustrados no Gráfico 1.

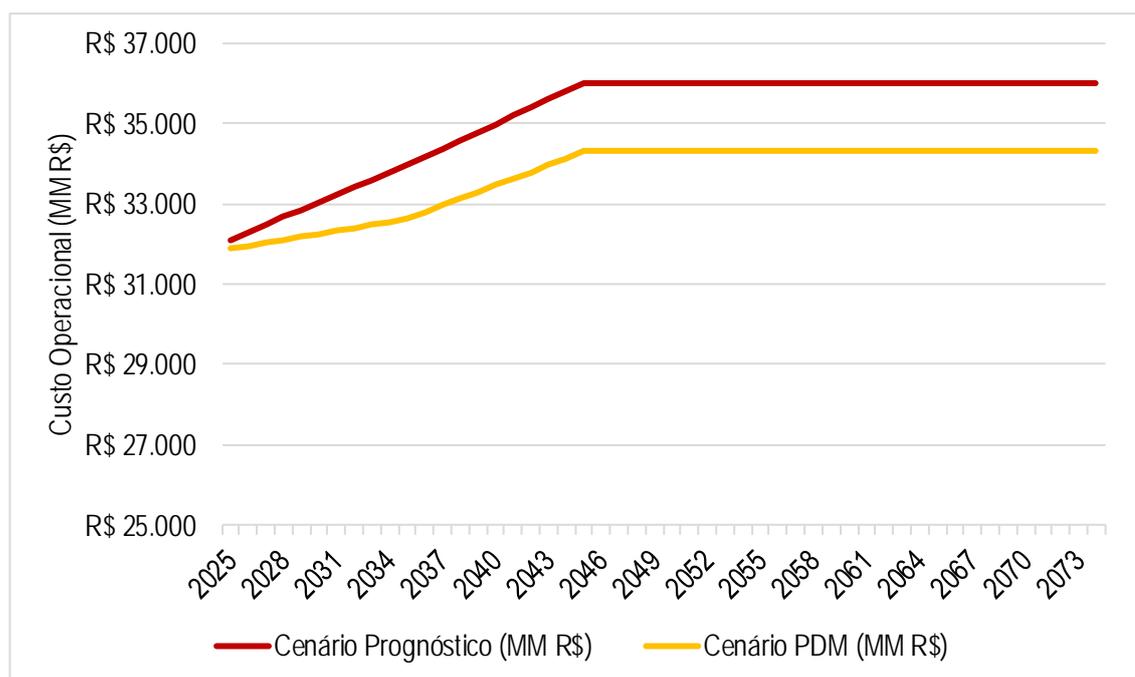
É esperado que o custo operacional do sistema de metrô aumente, uma vez que novas linhas estão sendo implantadas. No entanto, o benefício decorre da redução dos custos para os outros sistemas, principalmente para ônibus e automóveis. Observou-se, neste caso, que o benefício resultante do ônibus e do automóvel correspondem, respectivamente, a 64% e 36% do benefício total de custos operacionais. Evidencia-se a partir da figura que este benefício tende a aumentar conforme são realizadas as implantações do PDM nos anos-horizontes.

Tabela 19: Valor presente líquido resultante para a estimativa do benefício de custo operacional.

SISTEMA DE TRANSPORTE	CUSTO OPERACIONAL		
	CENÁRIO PROGNÓSTICO (MM R\$)	CENÁRIO PDM (MM R\$)	BENEFÍCIO (MM R\$)
Ônibus	R\$ 136.799	R\$ 126.711	R\$ 10.088
Metro	R\$ 4.445	R\$ 11.395	-R\$ 6.949
Barca	R\$ 375	R\$ 375	R\$ -
VLT	R\$ 500	R\$ 500	R\$ -
Auto	R\$ 123.121	R\$ 117.459	R\$ 5.663
Total	R\$ 265.241	R\$ 256.439	R\$ 8.802

Fonte: Consórcio, 2016

Gráfico 1: Resultados para a estimativa do benefício de custo operacional.



Fonte: Consórcio, 2016

2.1.4.2. Benefícios dos Tempos de Viagem

O benefício de tempo de viagem tem por objetivo estimar, em valores monetários, o impacto no tempo de viagem do usuário resultante da implantação de novos projetos de transportes. Este benefício é de grande importância por afetar diretamente os usuários e ser criticamente perceptível. Desta forma, espera-se que haja redução nos custos decorrentes do tempo de viagem do sistema de transportes da RMRJ com a implantação do PDM.

Foram estimados, em valores monetários, os tempos gastos em viagens antes e após a implantação do projeto, comparando-se os custos obtidos a partir dos indicadores de demanda (passageiro x hora) do cenário Prognóstico e do cenário PDM. O valor presente líquido resultado desta avaliação é apresentado na Tabela 20 para cada modo de transporte e os totais ilustrados no Gráfico 2.

É esperado que o tempo gasto para o sistema de metrô aumente, uma vez que novas linhas estão sendo implantadas e, conseqüentemente, um aumento na demanda atendida. No entanto, o benefício decorre da redução dos custos para os outros sistemas.

Neste caso, a redução obtida para o sistema de ônibus foi a mais expressiva, sendo responsável por 83% do benefício de tempo, seguido pelo automóvel (15%) e pelas barcas (2%). Embora a representatividade da redução obtida para o sistema de barcas corresponda a apenas 2% do total do benefício, observa-se que esta reduz seu valor em 91% com a implantação da rede do PDM. O Gráfico 2

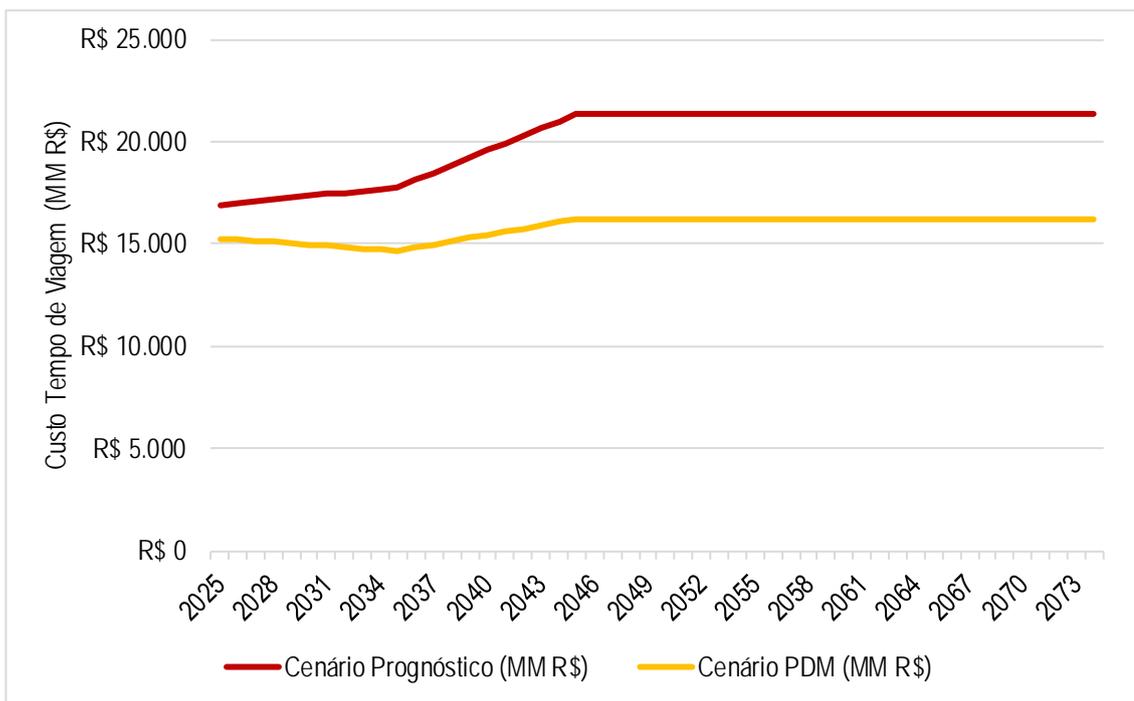
evidencia que este benefício tende a aumentar conforme são realizadas as implantações do PDM nos anos-horizontes.

Tabela 20: Valor presente líquido resultado para a estimativa do benefício de custo do tempo de viagem.

CUSTO DO TEMPO					
SISTEMA DE TRANSPORTE	CENÁRIO PROGNÓSTICO (MM R\$)		CENÁRIO PDM (MM R\$)		BENEFÍCIO (MM R\$)
Ônibus	R\$	112.219	R\$	86.776	R\$ 25.442
Metro	R\$	4.986	R\$	10.735	R\$ - 5.748
Barca	R\$	697	R\$	63	R\$ 634
VLT	R\$	99	R\$	94	R\$ 4
Auto	R\$	26.819	R\$	22.362	R\$ 4.457
Total	R\$	144.820	R\$	120.029	R\$ 24.790

Fonte: Consórcio, 2016.

Gráfico 2: Resultados para a estimativa do benefício de custo do tempo de viagem.



Fonte: Consórcio, 2016

2.1.4.3. Benefícios Ambientais

Os benefícios ambientais têm por objetivo estimar, em valores monetários, o impacto da emissão de poluentes decorrentes da implantação de novos projetos de transportes. Espera-se que, com a implantação de novas tecnologias, haja redução nas emissões de gases contaminantes, expressos na redução dos custos estimados para o sistema de transportes da RMRJ com a implantação do PDM.

Foram estimados, em valores monetários, o impacto ambiental resultante da emissão de poluentes antes e após a implantação do projeto, comparando-se os custos obtidos a partir dos indicadores de oferta e demanda (veículo x quilômetro e passageiro x quilômetro) do cenário Prognóstico e do cenário PDM. O valor presente líquido resultado desta avaliação é apresentado na Tabela 21 para cada modo de transporte e os totais ilustrados no Gráfico 3.

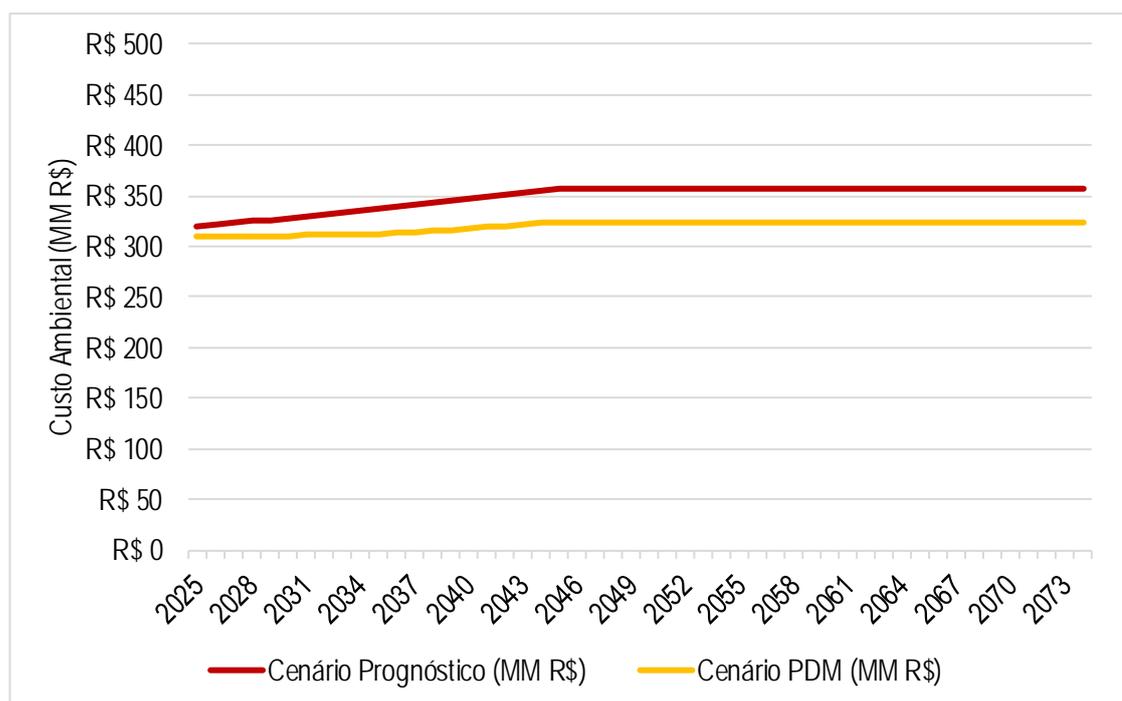
O sistema metroviário, por ser movido a eletricidade, possui emissão apenas na geração de energia, como apresentado no item 2.1.2.2. Desta forma, é esperado que haja um aumento nos custos, porém que este seja inferior aos custos decorrentes de veículos movidos a combustível fóssil. Neste caso, a redução obtida para o sistema de ônibus foi a mais expressiva, sendo responsável por 79% do benefício ambiental, seguido pelo automóvel (21%). O Gráfico 3 evidencia que este benefício tende a aumentar conforme são realizadas as implantações do PDM nos anos-horizontes.

Tabela 21: Valor presente líquido resultado para a estimativa do benefício de custo ambiental.

CUSTO AMBIENTAL (MM R\$)					
SISTEMA DE TRANSPORTE	CENÁRIO PROGNÓSTICO (MM R\$)		CENÁRIO PDM (MM R\$)		BENEFÍCIO (MM R\$)
Ônibus	R\$	1.855	R\$	1.718	R\$ 137
Metro	R\$	2	R\$	5	R\$ - 3
Barca	R\$	3	R\$	3	R\$ -
VLT	R\$	0	R\$	0	R\$ -
Auto	R\$	774	R\$	738	R\$ 36
Total	R\$	2.634	R\$	2.464	R\$ 169

Fonte: Consórcio, 2016.

Gráfico 3: Resultados para a estimativa do benefício de custo ambiental.



Fonte: Consórcio, 2016

2.1.4.4. Benefícios dos Custos de Acidentes

O benefício de custo de acidente tem por objetivo estimar, em valores monetários, o impacto na segurança do sistema de transporte decorrentes da implantação de novos projetos, isto é, espera-se que haja redução nos índices de acidentes com o aprimoramento e implantação de novas tecnologias de transportes.

Foi estimado, em valores monetários, o impacto no custo de acidentes antes e após a implantação do projeto, comparando-se os custos obtidos a partir dos indicadores de demanda (passageiro x quilômetro) do cenário Prognóstico e do cenário PDM. O valor presente líquido resultado desta avaliação é apresentado na Tabela 22 para cada modo de transporte e os totais ilustrados no Gráfico 4.

Sistemas segregados, como é o caso do sistema metroviário, possui menor índice de acidentes. Desta forma, é esperado que haja um aumento nos custos do sistema de metro devido a implantação de novas linhas, porém que este seja inferior aos custos de sistemas não segregados.

Observou-se que o benefício resultante do ônibus e do automóvel correspondem, respectivamente, a 40% e 59% do benefício total de custo de acidentes. Embora a representatividade da redução obtida para o sistema de barcas corresponda a apenas 2% do total do benefício, observa-se que esta reduz seu

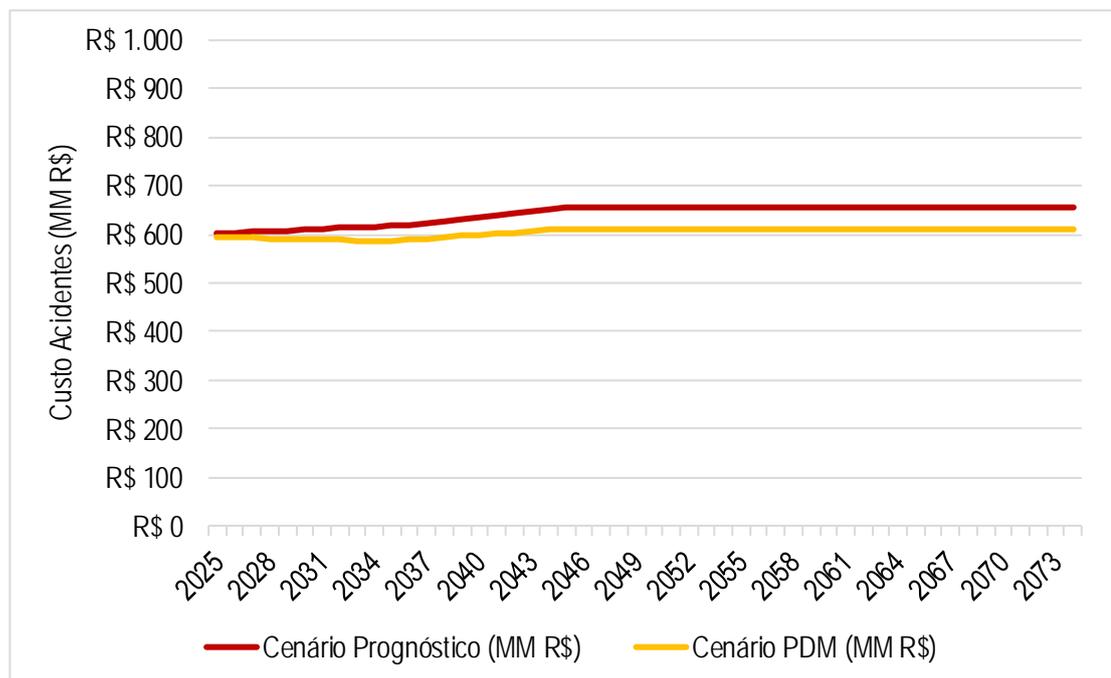
valor em 91% com a implantação da rede do PDM. Evidencia-se a partir da figura que este benefício tende a aumentar conforme são realizadas as implantações do PDM nos anos-horizontes.

Tabela 22: Valor presente líquido resultado para a estimativa do benefício de custo de acidentes.

CUSTO ACIDENTES					
SISTEMA DE TRANSPORTE	CENÁRIO PROGNÓSTICO (MM R\$)		CENÁRIO PDM (MM R\$)		BENEFÍCIO (MM R\$)
Ônibus	R\$	1.090	R\$	976	R\$ 114
Metro	R\$	75	R\$	163	R\$ - 87
Barca	R\$	5	R\$	0	R\$ 4
VLT	R\$	2	R\$	2	R\$ 0
Auto	R\$	3.694	R\$	3.524	R\$ 170
Total	R\$	4.867	R\$	4.665	R\$ 202

Fonte: Elaboração Consórcio, 2016.

Gráfico 4: Resultados para a estimativa do benefício de custo de acidentes.



Fonte: Consórcio, 2016

2.1.4.5. Figuras de Mérito

A tabela a seguir apresenta, em valor presente líquido, os totais para cada benefício avaliado e os resultados de custos e benefícios totais do fluxo de caixa socioeconômico. De imediato observa-se a expressividade do benefício decorrente do custo do tempo em comparação aos demais, sendo responsável por 70% dos benefícios totais. Este benefício apresentou redução de 17% com a implantação da rede do PDM. Na sequência, a redução no custo operacional correspondeu à 29% dos benefícios totais. Os demais benefícios somam o 1% restante.

A relação entre benefício e custo retornou o valor de 2,42. Isto sugere que os benefícios sociais resultantes da implantação do projeto estruturado neste estudo superam em aproximadamente duas vezes os custos de capital necessários para sua implantação.

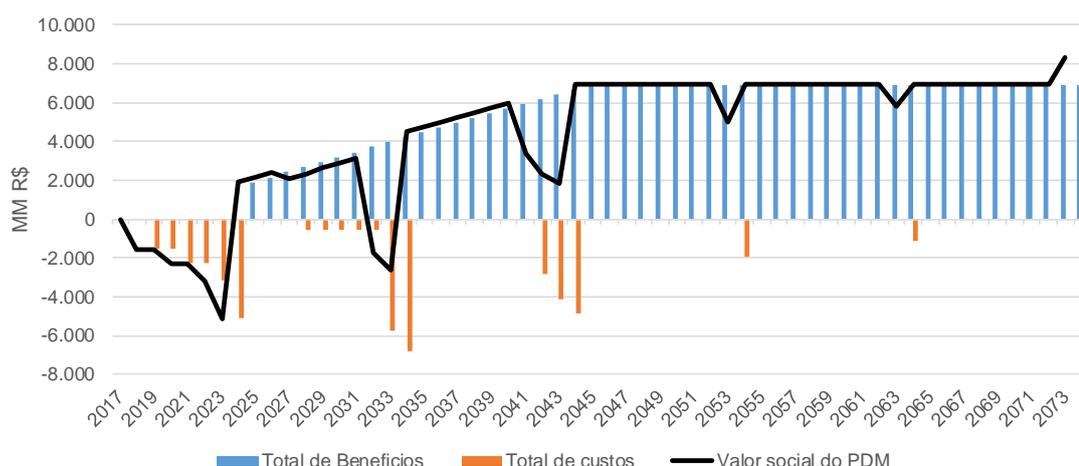
Tabela 23: Valor presente líquido resultado do fluxo de caixa da análise socioeconômica do projeto PDM.

RESULTADOS SOCIOECONÔMICOS					
SISTEMA DE TRANSPORTE	CENÁRIO PROGNÓSTICO (MM R\$)		CENÁRIO PDM (MM R\$)		BENEFÍCIO (MM R\$)
Intervenções	R\$	-	R\$	17.871,45	-R\$ 17.871,45
Custo Operacional	R\$	265.974,09	R\$	257.383,28	R\$ 8.590,81
Custo Tempo	R\$	145.610,75	R\$	120.029,32	R\$ 25.581,42
Custo Ambiental	R\$	2.639,82	R\$	2.464,14	R\$ 175,67
Custo Acidentes	R\$	4.876,47	R\$	4.664,99	R\$ 211,48
Total de Benefícios					R\$ 34.559,40
Total de Custos					-R\$ 17.871,45

Fonte: Consórcio, 2016.

A figura a seguir, ilustra a distribuição dos custos e benefícios ao longo do período de análise (2017 a 2074). O valor social do projeto, também ilustrado no gráfico, é calculado através do desconto dos custos nos benefícios. O valor presente líquido do valor social do projeto é de R\$ 19.350 milhões. A TIR econômica obtida para esta avaliação foi de 15%.

Gráfico 5: Distribuição anual do total de benefícios, total de custos e valor social do projeto.



Fonte: Consórcio, 2016

2.2. AVALIAÇÃO FINANCEIRA

Neste capítulo é apresentada a metodologia e desenvolvimento do estudo das condições financeiras a serem consideradas no processo de planejamento da Rede Metroviária da RMRJ. Diferente da avaliação socioeconômica, que busca captar o total de benefícios sociais a partir das externalidades resultantes da implantação da Rede Metroviária proposta, o modelo financeiro tem por objetivo avaliar o comportamento de fluxo de caixa da rede metroviária a partir do balanço de custos e receitas do sistema. A partir desta avaliação, é possível ainda avaliar os níveis de cobertura e de subsídio a serem praticados pelo Poder Público ao se ampliar a Rede Metroviária da RMRJ.

Para fins de montagem da base de informações, serão considerados cenários de demanda modelados para cada ano-horizonte (2025, 2035 e 2045), de acordo com a proposta de priorização de linhas e os anos de implementação específicos estabelecidos no contexto do PDM.

Para efeito da modelagem financeira, visando assegurar uma análise conservadora e prudência nos resultados, definiu-se o prazo de 30 anos, coincidente com a vida útil do material rodante, evitando-se assim possíveis variações no fluxo de caixa em decorrência à renovação de frota.

Neste contexto, elaborou-se para a avaliação financeira três blocos de avaliação, coincidentes com os anos-horizontes de priorização de linhas e investimentos, onde serão mantidos constantes as informações de demanda e oferta:

- Bloco 1: cenários de ofertas implantadas até o ano horizonte de 2025, sendo a avaliação financeira deste conjunto compreendida entre os anos de 2025 e 2055;
- Bloco 2: cenários de ofertas implantadas entre os anos horizontes 2025 e 2035, sendo a avaliação financeira deste conjunto compreendida entre os anos de 2035 e 2065;

- Bloco 3: cenários de ofertas implantadas entre os anos horizontes 2035 e 2045, sendo a avaliação financeira deste conjunto compreendida entre os anos de 2045 e 2075.

A avaliação financeira de cada bloco decorre do incremento dos custos e receitas da demanda e oferta resultado da ampliação do sistema metroviário, desconsiderando-se o aumento natural e já previstos no cenário prognóstico. Vale ressaltar que, para cada bloco de implantação, serão mantidos na avaliação os indicadores de serviços modelados para o último horizonte de modelagem do conjunto, isto é, os indicadores estimados para o ano de 2025 será utilizado para o Bloco 1, de 2035 para o Bloco 2 e 2045 para o Bloco 3. Nos itens subsequentes serão detalhados os principais insumos utilizados na avaliação financeira.

2.2.1. Custos

Os custos correspondem aos dispêndios da empresa operadora, tais como as inversões de capital necessárias à implantação do serviço e os dispêndios incorridos com o custeio na fase operacional do empreendimento. No âmbito desta avaliação, foram abordados os custos em sua configuração financeira, isto é, os valores acrescidos de impostos e tributações.

2.2.1.1. Custos de Capital

Em relação às despesas de capital, estas foram divididas de acordo com sua finalidade: investimentos em infraestrutura e investimentos em material rodante. A Tabela 1 deste apêndice apresenta os valores financeiros de investimentos em infraestrutura junto do ano-horizonte que define o bloco de avaliação no qual ele será considerado.

Para dimensionamento de material rodante, inicialmente estimou-se a frota necessária para cada cenário no cenário prognóstico e no cenário PDM. Posteriormente, para cada bloco de avaliação estima-se a frota incremental para operação do sistema em decorrência da implantação das novas linhas e/ou extensões, a partir da diferença entre os cenários prognósticos e cenários PDM. Desta avaliação, foram obtidos os valores de frotas apresentados na tabela a seguir.

Tabela 24: Dimensionamento de aquisição de material rodante para avaliação financeira.

DIMENSIONAMENTO DE AQUISIÇÃO DE MATERIAL RODANTE			
LINHA	HORIZONTE	COMPOSIÇÃO (CARROS)	FROTA ADICIONAL (COMPOSIÇÃO)
Linha 2	2025	8	10
Linha 3	2025	6	10
Linha 7	2025	8	33
Linha 4	2035	6	6
Linha 6	2035	6	18
Linha 8	2035	6	11
Linha 4	2045	6	13
Linha 9	2045	6	6
Linha 12	2045	6	5

Fonte: Elaboração Consórcio, 2016

2.2.1.2. Custos Operacionais

A definição e a metodologia adotadas para a estimativa dos custos operacionais do sistema metroferroviários foram detalhadas anteriormente no item 1.2.1. No fluxo de caixa, os custos operacionais foram inseridos mantendo-se as seguintes categorias de despesas: Custos de Operação (Pessoal, Energia, Materiais, Limpeza de Estações, Segurança de Pátio e Sede e Vandalismo em Estações); Custos de Manutenção (Via Permanente, Material Rodante, Sistemas e Obras Civas); Custos Administrativos, e; Custos de Manutenção e Operação de Pátio.

2.2.2. Receitas

A política tarifária é fundamental tanto para a etapa de modelagem quanto para a análise de viabilidade financeira, já que a demanda é sensível a esta variável e esta é insumo base para a estimativa da receita tarifária de um sistema. Para a análise da saúde financeira do sistema, consideraram-se receitas provenientes de duas fontes:

- Receita tarifária: receita oriunda das tarifas pagas pelos usuários do sistema, levando em consideração a contribuição gerada por cada tipo de usuário e a política tarifária vigente;
- Receita agregada: considerou-se ainda como receita no sistema os ganhos decorrentes do aluguel de pontos de publicidade nas estações e veículos, estimado a partir de uma taxa percentual da receita tarifária.

2.2.2.1. Receita Tarifária

No caso do Plano Diretor Metroviário, foi definido o valor de R\$ 4,10 para o passageiro ingressar no sistema de transportes e integração gratuita entre os modos de transporte público. Em consequência da integração tarifária ao passageiro, aplica-se no sistema de transporte integrado da RMRJ o conceito de câmara de compensação para distribuição da receita entre os operadores (acordo entre os operadores e entes públicos gestores): a receita tarifária proveniente dos usuários que utilizam apenas o sistema de metrô são integralmente consideradas no fluxo de caixa do sistema; por outro lado, a receita tarifária proveniente dos usuários do metrô que transferem entre modos (ônibus, VLT e barcas) é considerada apenas 50% no fluxo de caixa.

Considera-se ainda na estimativa da receita tarifária que as gratuidades serão arcadas pelo próprio sistema, ou seja, os passageiros gratuitos serão desconsiderados da demanda embarcada. O percentual de gratuidade considerado no sistema é de 10%, como apresentado no Relatório Técnico 1.

Similarmente à estimativa de custos, o valor da receita foi calculado com base na demanda incremental do sistema decorrente da ampliação da rede de metro, subtraindo-se a demanda tendencial do sistema (cenário prognóstico) da demanda obtida no cenário do PDM. Desta forma, a receita tarifária para cada ano horizonte foi estimada como se detalha a seguir:

- Passageiros pagantes 2025 =
$$((D_{Metro.PDM.2025} - D_{Metro.Prog.2025}) + (D_{Transf.PDM.2025} - D_{Transf.Prog.2025}) * \%Compensação) * (1 - \%Gratuidades) * Tarifa$$
- Passageiros pagantes 2035:
$$((D_{Metro.PDM.2035} - D_{Metro.PDM.2025} * T_{cresc.}) + (D_{Transf.PDM.2035} - D_{Transf.PDM.2025} * T_{cresc.2025a2035}) * \%Compensação) * (1 - \%Gratuidades) * Tarifa$$
- Passageiros pagantes 2045:
$$((D_{Metro.PDM.2045} - D_{Metro.PDM.2035} * T_{cresc.}) + (D_{Transf.PDM.2045} - D_{Transf.PDM.2035} * T_{cresc.2035a2045}) * \%Compensação) * (1 - \%Gratuidades) * Tarifa$$

Onde:

$D_{Metro.PDM.Ano}$: Demanda que utiliza apenas o metrô no cenário PDM no ano horizonte avaliado;

$D_{Metro.Prog.Ano}$: Demanda que utiliza apenas o metrô no cenário Prognóstico no ano horizonte avaliado;

$D_{Transf.PDM.Ano}$: Demanda que transfere entre o metrô e outro meio de transporte no cenário PDM no ano horizonte avaliado;

$D_{Transf.Prog.Ano}$: Demanda que transfere entre o metrô e outro meio de transporte no cenário Prognóstico no ano horizonte avaliado;

$\%_{Compensação}$: Porcentagem considerada para a câmara de compensação no caso das transferências (utilizado 50%);

$\%_{Gratuidades}$: Porcentagem de demanda que usufruem de gratuidades no serviço de transportes (utilizado 10%);

$Tarifa$: Tarifa cobrada pelo sistema de transportes (utilizado R\$ 4,10);

$T_{cresc.2025a2035}$: Taxa de crescimento da demanda entre os anos horizontes 2025 e 2035 (utilizado 6%);

$T_{cresc.2035a2045}$: Taxa de crescimento da demanda entre os anos horizontes 2035 e 2045 (utilizado 5%).

Avalia-se, assim, a viabilidade financeira dos investimentos inseridos no âmbito do Plano Diretor Metroviário.

2.2.2.2. Receita Agregada

De forma complementar a receita tarifária, considerou-se no sistema o conceito de receita agregada. Este tipo de receita decorre da exploração financeira de espaços do sistema, como a partir de aluguel de espaços para empreendimentos e pontos de publicidade nas estações e veículos. Para efeito desta na avaliação financeira, estimou-se, com base no Relatório da Administração de 2015 do MetroRio⁶, uma receita acessória equivalente a 5% da receita tarifária.

2.2.3. Resultados da Avaliação Financeira

2.2.3.1. Estruturação do Fluxo de Caixa

O fluxo de caixa para a avaliação financeira do PDM foi desenvolvido considerando-se duas abordagens distintas: inicialmente, avaliou-se o conjunto de ações a partir da ótica do poder público, isto

⁶ Relatório da Administração de 2015 da MetroRio. Disponível em:
<<http://www.metrorio.com.br/Content/Upload/ArqConteudo/DF%202015.pdf>>.

é, considerando-se apenas as receitas e custos básicos do sistema, desconsiderando-se a remuneração de investidores; em seguida, avaliou-se a partir da ótica da administração privada, considerando-se nos cálculos uma taxa interna de retorno do projeto (TIR) de 7,5%, com base na TJLP do BNDES.

Para avaliação da sustentabilidade financeira do sistema, foram ainda estruturados três cenários financeiros, elaborados com base na fonte provedora de recursos: recursos públicos ou recursos privados. No primeiro caso, os recursos são oriundos de financiamentos públicos e não são cobrados na tarifa ao usuário. Já no segundo caso, os recursos são provenientes de investidores ou acionistas, sendo este cobrado na tarifa ao usuário. A tabela a seguir detalha os três cenários financeiros aqui avaliados.

Tabela 25: Cenários financeiros para avaliação, elaborados com base na fonte provedora de recursos

CENÁRIO FINANCEIRO	CUSTOS DE CAPITAL		CUSTOS OPERACIONAIS
	INFRAESTRUTURA	MATERIAL RODANTE	
I	Recursos Públicos	Recursos Públicos	Recursos Privados
II	Recursos Públicos	Recursos Privados	Recursos Privados
III	Recursos Privados	Recursos Privados	Recursos Privados

Fonte: Consórcio, 2016

2.2.3.2. Análise dos Resultados dos Cenários Financeiros

O resultado da avaliação financeira é apresentado na Tabela 26 a seguir, junto com os resultados de fluxo de caixa.

Observa-se de imediato que o Bloco 2 de avaliação é o que capta maior acréscimo de demanda decorrente da implantação dos empreendimentos do PDM, seguido pelo Bloco 1 e Bloco 3. Consequentemente, é também o que capta maior receita. Por outro lado, o Bloco 3 é o que apresenta maior custo operacional do sistema, seguido pelo Bloco 2 e Bloco 1. Em relação ao custo de capital, o Bloco 1 apresenta maior valor, seguido pelo Bloco 3 e Bloco 2.

Detalha-se a seguir os resultados referentes a cada cenário de avaliação, apresentando-se, para cada bloco de avaliação, a cobertura da tarifa e a necessidade de subsídio.

Resultados do Cenário de avaliação I (custos operacionais)

O Cenário de Avaliação I considera apenas os custos operacionais como despesas a serem cobertas pela tarifa. Uma vez que o Bloco 1 apresentou um dos maiores valores de receita e menor custo de operação, observa-se que a receita é suficiente para cobrir os custos anuais e possui uma margem

operativa de R\$287 milhões anuais, equivalente a 66% dos gastos operacionais e que pode ser utilizada como remuneração quando avaliado do ponto de vista do poder privado. Desta forma, o sistema comporta-se de forma sustentável.

Tendo em vista que o Bloco 2 apresentou o maior valor de receita e valor intermediário de custo operacional, entretanto, a avaliação dos resultados obtidos revelou que a receita não é suficiente para cobrir todos os custos operacionais em valor presente. A receita anual equivale a 96% dos custos, portanto para cobrir 100% dos custos do sistema é necessário um subsídio anual de R\$ 35 milhões.

Por fim, em consequência de possuir a menor receita tarifária adicional captada e o maior custo operacional, o Bloco 3 também apresentou neste cenário a necessidade de subsídio para cobrir os gastos do sistema, sendo este no valor de R\$ 881 milhões anuais. A receita deste conjunto equivale apenas a 23% do custo do sistema em valor presente.

Resultados do Cenário de avaliação II (custos operacionais e aquisição de material rodante)

O Cenário de Avaliação II considera os custos operacionais e de aquisição do material rodante como despesas a serem cobertas pela tarifa.

A análise do Bloco 1 apresentou que a receita é suficiente para cobrir todo o custo operacional e apenas 79% da aquisição do material rodante, que são os custos considerados neste cenário. Assim, a avaliação apontou a necessidade de R\$ 76 milhões anuais em subsídios para equilíbrio do fluxo de caixa.

A avaliação dos resultados obtidos para o Bloco 2 revelaram que a receita é suficiente para cobrir 59% dos custos do sistema. A avaliação apontou a necessidade de R\$ 566 milhões anuais em subsídios para equilíbrio do fluxo de caixa.

Por fim, o Bloco 3 apresentou novamente neste cenário a necessidade de um maior montante de subsídio para cobrir os gastos do sistema, sendo este no valor de R\$ 1.588 milhões anuais. A receita deste conjunto equivale a apenas 15% do custo do sistema em valor presente.

Resultados do Cenário de avaliação III (custos operacionais e investimentos totais)

O Cenário de Avaliação III considera os custos operacionais e custos de capital (tanto material rodante quanto de investimentos) como despesas a serem cobertas pela tarifa.

A análise do Bloco 1 apresentou que a receita é suficiente para cobrir 21% dos custos totais do sistema,. Assim, a avaliação retornou a necessidade de subsídio anual de R\$ 2.677 milhões anuais.

A avaliação dos resultados obtidos para o Bloco 2 revelaram que a receita é suficiente para cobrir apenas 20% dos custos totais do sistema em valor presente. A avaliação apontou a necessidade de R\$ 3.230 milhões anuais em subsídios.

Por fim, o Bloco 3 apresentou novamente neste cenário a necessidade de um maior montante de subsídio para cobrir os gastos totais do sistema, sendo este no valor de R\$ 3.634 milhões. A receita deste conjunto equivale apenas a apenas 7% do custo do sistema.

Tabela 26: Resultados da avaliação financeira dos cenários de avaliação para cada bloco de investimento.

RESULTADOS DA AVALIAÇÃO FINANCEIRA				
FASE	BLOCO DE AVALIAÇÃO:	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3
		2025 A 2054	2035 A 2064	2045 A 2074
Resultados do fluxo de caixa	Demanda anual total	955.082.018	1.323.795.928	1.493.762.504
	Acréscimo de demanda	335.590.190	314.756.614	105.925.954
	Receita anual (milhões R\$)	R\$ 722	R\$ 817	R\$ 270
	CAPEX total (milhões R\$)	R\$ 35.006	R\$ 37.739	R\$ 32.514
	OPEX anual (milhões R\$)	R\$ 435	R\$ 852	R\$ 1.151
Cenário de avaliação I	EBITDA	R\$ 287	-R\$ 35	-R\$ 881
	Subsídio anual	-R\$ 287	R\$ 35	R\$ 881
	Receita/Custos	166%	96%	23%
	Cobertura da tarifa			
	OPEX	100%	96%	23%
	Material Rodante	0%	0%	0%
	Infraestrutura	0%	0%	0%
Cenário de avaliação II	EBITDA	R\$ 287	-R\$ 35	-R\$ 881
	Subsídio anual	R\$ 76	R\$ 566	R\$ 1.588
	Receita/Custos	90%	59%	15%
	Cobertura da tarifa			
	OPEX	100%	96%	23%
	Material Rodante	79%	0%	0%
	Infraestrutura	0%	0%	0%
Cenário de avaliação III	EBITDA	R\$ 287	-R\$ 35	-R\$ 881
	Subsídio anual	R\$ 2.677	R\$ 3.230	R\$ 3.634
	Receita/Custos	21%	20%	7%
	Cobertura da tarifa			
	OPEX	100%	96%	23%
	Material Rodante	79%	0%	0%
	Infraestrutura	0%	0%	0%

Fonte: Consórcio, 2016.

2.3. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Considerando-se que na elaboração do estudo de viabilidade do Empreendimento estão incluídos diversos níveis de incerteza, principalmente na determinação dos custos, tanto de produção quanto de investimentos, e na quantificação da demanda a ser captada pela Rede Proposta, vê-se necessária a

realização de análise da sensibilidade dos principais resultados em relação a essas variáveis de entrada. Os modelos desenvolvidos para a avaliação de viabilidade (modelo socioeconômico e modelo financeiro) possuem os dados de entrada parametrizados, permitindo que seja estimada a sensibilidade de cada parâmetro.

A estimativa de sensibilidade é aferida com base na variação dos valores de insumos e no conceito de elasticidade, que é o impacto que a alteração em uma variável exerce sobre outras variáveis (ou, no nosso caso, as métricas de resultados). A elasticidade positiva indica que a alteração na variável e o impacto resultantes seguem o mesmo sentido, isto é, se a variação é positiva, seu impacto também possui sinal positivo. Por outro lado, a elasticidade negativa indica que a alteração na variável e o impacto resultante seguem sentidos opostos, isto é, se um aumenta o outro diminui.

A análise de sensibilidade desenvolvida se concentrou na avaliação dos impactos sobre a atratividade socioeconômica e financeira do projeto resultantes da variação dos insumos críticos do projeto. Já os resultados da análise de sensibilidade serão analisados levando-se em consideração as mesmas figuras de mérito utilizadas para as análises básicas previstas para os enfoques socioeconômico e financeiro.

2.3.1. Análise de Sensibilidade do Modelo Socioeconômico

No âmbito da avaliação socioeconômica, visando avaliar a sensibilidade de insumos críticos, a primeira etapa consistiu em identificar os insumos que tem maior influência nos resultados socioeconômicos, principalmente aqueles que possuem maior flutuação em função do tempo, e os principais parâmetros de resultados para diagnóstico dos impactos. Definiu-se, então, os seguintes insumos para averiguação:

- Câmbio do dólar (impacta no custo de material rodante e no custo de emissões ambientais);
- Custos operacionais do sistema metroviário;
- Custo de investimento de material rodante;
- Custo de investimento em infraestrutura;
- Combinação dos investimentos (material rodante e infraestrutura);
- Valor do tempo.

Já para comparação dos resultados, definiu-se os seguintes parâmetros resultantes do modelo socioeconômico:

- Valor Presente Líquido do valor social do PDM;

- Taxa Interna de Retorno do Projeto (TIR);
- Valor Presente Líquido dos Benefícios;
- Valor Presente Líquido dos Custos;
- Relação Benefício e Custo (B/C).

Tabela 27: Resultado consolidado da avaliação de sensibilidade do modelo socioeconômico.

Avaliação de Sensibilidade					
Insumo	-20%	-10%	Variação	10%	20%
Câmbio Dólar	4,81%	2,41%	VPL Social	-2,41%	-4,81%
	3,02%	1,49%	TIR Projeto	-1,45%	-2,87%
	0,10%	-0,05%	VPL Benefícios	0,05%	0,10%
	-3,79%	-1,89%	VPL Custos	1,89%	3,79%
	3,83%	1,88%	B/C	-1,81%	-3,55%
Custos Operacionais - Metro	0,45%	5,23%	VPL Social	-5,23%	-0,45%
	3,88%	1,95%	TIR Projeto	-1,96%	-3,94%
	4,48%	2,24%	VPL Benefícios	-2,24%	-4,48%
	0,00%	0,00%	VPL Custos	0,00%	0,00%
	4,48%	2,24%	B/C	-2,24%	-4,48%
Material Rodante	5,05%	2,52%	VPL Social	-2,52%	-5,05%
	3,10%	1,53%	TIR Projeto	-1,49%	-2,95%
	0,00%	0,00%	VPL Benefícios	0,00%	0,00%
	-3,79%	-1,89%	VPL Custos	1,89%	3,79%
	3,93%	1,93%	B/C	-1,86%	-3,65%
Infraestrutura	21,62%	10,81%	VPL Social	-10,81%	-21,62%
	15,42%	7,71%	TIR Projeto	-6,35%	-12,01%
	0,00%	0,00%	VPL Benefícios	0,00%	0,00%
	-16,21%	-8,11%	VPL Custos	8,11%	16,21%
	19,35%	9,82%	B/C	-7,50%	-13,95%
Total de Investimentos	26,67%	13,33%	VPL Social	-13,33%	-26,67%
	19,45%	9,92%	TIR Projeto	-7,69%	-14,39%
	0,00%	0,00%	VPL Benefícios	0,00%	0,00%
	-20,00%	-10,00%	VPL Custos	10,00%	20,00%
	25,00%	11,11%	B/C	-9,09%	-16,67%
Valor do tempo	34,55%	17,27%	VPL Social	-17,27%	-34,55%
	12,79%	6,27%	TIR Projeto	-6,06%	-11,92%
	14,80%	7,40%	VPL Benefícios	7,40%	14,80%
	0,00%	0,00%	VPL Custos	0,00%	0,00%
	14,80%	7,40%	B/C	7,40%	14,80%

Fonte: Consórcio, 2016.

A análise de sensibilidade aqui discutida apontou o insumo valor do tempo como o que possui maior impacto no valor presente social (VPL Social), seguido dos insumos de custos de investimentos. Isto decorre principalmente do largo período adotado para avaliação, o que resulta em acúmulo deste principal benefício social ante os custos de investimentos. Já o insumo de total de investimentos apresenta maior impacto na TIR do projeto, seguido pelo valor do tempo.

Por fim, analisou-se o impacto conjunto das variáveis valor do tempo e custo de investimento no parâmetro TIR de Projeto. Para isto, variaram-se os valores em -50% a +50%, como apresentado na

tabela a seguir. A partir destes resultados, observa-se que para alcançar uma TIR de 8%, o valor do tempo precisaria reduzir 40% de seu valor inicial concomitante ao aumento 30% de aumento do custo total de investimentos.

Tabela 28: Resultado do parâmetro TIR de Projeto variando-se os insumos valor do tempo e custo de investimentos.

Cenário de stress		Custo de Investimento										
		-50%	-40%	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%	40%	50%
Valor do tempo	-50%	15,0%	13,0%	11,5%	10,2%	9,2%	8,3%	7,5%	6,8%	6,2%	5,7%	5,2%
	-40%	16,4%	14,3%	12,6%	11,3%	10,2%	9,2%	8,4%	7,7%	7,1%	6,5%	6,0%
	-30%	17,6%	15,4%	13,7%	12,3%	11,1%	10,1%	9,3%	8,5%	7,9%	7,3%	6,8%
	-20%	18,8%	16,5%	14,7%	13,2%	12,0%	11,0%	10,1%	9,3%	8,6%	8,0%	7,5%
	-10%	20,0%	17,6%	15,7%	14,1%	12,9%	11,8%	10,9%	10,1%	9,3%	8,7%	8,1%
	0%	21,1%	18,6%	16,6%	15,0%	13,7%	12,6%	11,6%	10,8%	10,0%	9,4%	8,8%
	10%	22,2%	19,6%	17,5%	15,9%	14,5%	13,3%	12,3%	11,5%	10,7%	10,0%	9,4%
	20%	23,2%	20,5%	18,4%	16,7%	15,3%	14,1%	13,0%	12,1%	11,3%	10,6%	10,0%
	30%	24,2%	21,4%	19,3%	17,5%	16,0%	14,8%	13,7%	12,8%	12,0%	11,2%	10,6%
	40%	25,2%	22,3%	20,1%	18,3%	16,8%	15,5%	14,4%	13,4%	12,6%	11,8%	11,1%
50%	26,1%	23,2%	20,9%	19,0%	17,5%	16,2%	15,0%	14,0%	13,2%	12,4%	11,7%	

Fonte: Consórcio, 2016.

2.3.2. Análise de Sensibilidade do Modelo Financeiro

Similarmente à análise de sensibilidade desenvolvida para o modelo socioeconômico, analisou-se também a sensibilidade no âmbito da avaliação financeira. Definiu-se, então, os seguintes insumos para averiguação:

- Acréscimo de demanda do sistema;
- Câmbio do dólar (impacta no custo de material rodante);
- Custos operacionais do sistema metroviário;
- Custo de investimento em infraestrutura;
- Combinação dos investimentos (material rodante e infraestrutura).

Já para comparação dos resultados, definiu-se os seguintes parâmetros resultantes do modelo financeiro:

- EBITDA;

- Subsídio anual;
- Relação Receita/Custo;
- Cobertura da tarifa
 - Custos Operacionais;
 - Investimento em material rodante;
 - Investimento em infraestrutura.

O procedimento de avaliação também consistiu em variar o valor dos insumos em -20%, -10%, 10% e 20% e, assim, mensurar a elasticidade destes em relação aos parâmetros resultantes destacados. O resultado observado é descrito a seguir. Os parâmetros Cobertura da Tarifa e Relação Receita/Custo apresentaram elasticidade assimétrica. Já os Parâmetros EBITDA e Subsídio anual apresentaram elasticidade simétrica, como apresentado na Tabela 29.

Tabela 29: Impactos nos resultados do Modelo Financeiro decorrentes de variações no insumo de Demanda Anual do sistema.

Variação Demanda Anual	Bloco 1 (2025 a 2054)				Bloco 2 (2035 a 2064)				Bloco 3 (2045 a 2074)			
	-20%	-10%	+10%	+20%	-20%	-10%	+10%	+20%	-20%	-10%	+10%	+20%
Cenário de avaliação I:												
Investimentos (Recursos Públicos); Material Rodante (Recursos Públicos); OPEX (Receita)												
EBITDA	-50,2%	-25,1%	25,1%	50,2%	-467,1%	-233,5%	233,5%	467,1%	-6,1%	-3,1%	3,1%	6,1%
Subsídio anual	50,2%	25,1%	-25,1%	-50,2%	467,1%	233,5%	-233,5%	-467,1%	6,1%	3,1%	-3,1%	-6,1%
Receita/Custos	-20,0%	-10,0%	10,0%	20,0%	-20,0%	-10,0%	10,0%	20,0%	-20,0%	-10,0%	10,0%	20,0%
Cobertura da tarifa												
Custos Operacionais	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	-20,0%	-10,0%	4,3%	4,3%	-20,0%	-10,0%	10,0%	20,0%
Material Rodante	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Infraestrutura	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cenário de avaliação II:												
Investimentos (Recursos Públicos); Material Rodante (Receita); OPEX (Receita)												
EBITDA	-50,2%	-25,1%	25,1%	50,2%	-467,1%	-233,5%	233,5%	467,1%	-6,1%	-3,1%	3,1%	6,1%
Subsídio anual	189,0%	94,5%	-94,5%	-189,0%	28,9%	14,4%	-14,4%	-28,9%	3,4%	1,7%	-1,7%	-3,4%
Receita/Custos	-20,0%	-10,0%	10,0%	20,0%	-20,0%	-10,0%	10,0%	20,0%	-20,0%	-10,0%	10,0%	20,0%
Cobertura da tarifa												
Custos Operacionais	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	-20,0%	-10,0%	4,3%	4,3%	-20,0%	-10,0%	10,0%	20,0%
Material Rodante	-50,2%	-25,1%	25,1%	26,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Infraestrutura	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cenário de avaliação III:												
Investimentos (Receita); Material Rodante (Receita); OPEX (Receita)												
EBITDA	-50,2%	-25,1%	25,1%	50,2%	-467,1%	-233,5%	233,5%	467,1%	-6,1%	-3,1%	3,1%	6,1%
Subsídio anual	5,4%	2,7%	-2,7%	-5,4%	5,1%	2,5%	-2,5%	-5,1%	1,5%	0,7%	-0,7%	-1,5%
Receita/Custos	-20,0%	-10,0%	10,0%	20,0%	-20,0%	-10,0%	10,0%	20,0%	-20,0%	-10,0%	10,0%	20,0%
Cobertura da tarifa												
Custos Operacionais	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	-20,0%	-10,0%	4,3%	4,3%	-20,0%	-10,0%	10,0%	20,0%
Material Rodante	-50,2%	-25,1%	25,1%	26,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Infraestrutura	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Fonte: Consórcio, 2016.

Em sequência, verificou-se o impacto decorrente de variações no insumo de custos operacionais, como apresentado na Tabela 30.

Tabela 30: Impactos nos resultados do Modelo Financeiro decorrentes de variações no insumo de Custos Operacionais do sistema.

Variação Custos Operacionais	Bloco 1 (2025 a 2054)				Bloco 2 (2035 a 2064)				Bloco 3 (2045 a 2074)			
	-20%	-10%	+10%	+20%	-20%	-10%	+10%	+20%	-20%	-10%	+10%	+20%
Cenário de avaliação I:												
Investimentos (Recursos Públicos); Material Rodante (Recursos Públicos); OPEX (Receita)												
EBITDA	30,2%	15,1%	-15,1%	-30,2%	487,1%	243,5%	-243,5%	-487,1%	26,1%	13,1%	-13,1%	-26,1%
Subsídio anual	-30,2%	-15,1%	15,1%	30,2%	-487,1%	-243,5%	243,5%	487,1%	-26,1%	-13,1%	13,1%	26,1%
Receita/Custos	25,0%	11,1%	-9,1%	-16,7%	25,0%	11,1%	-9,1%	-16,7%	25,0%	11,1%	-9,1%	-16,7%
Cobertura da tarifa												
Custos Operacionais	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4,3%	4,3%	-9,1%	-16,7%	25,0%	11,1%	-9,1%	-16,7%
Material Rodante	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Infraestrutura	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cenário de avaliação II:												
Investimentos (Recursos Públicos); Material Rodante (Receita); OPEX (Receita)												
EBITDA	30,2%	15,1%	-15,1%	-30,2%	487,1%	243,5%	-243,5%	-487,1%	26,1%	13,1%	-13,1%	-26,1%
Subsídio anual	-113,8%	-56,9%	56,9%	113,8%	-30,1%	-15,1%	15,1%	30,1%	-14,5%	-7,2%	7,2%	14,5%
Receita/Custos	12,2%	5,8%	-5,2%	-9,8%	14,1%	6,6%	-5,8%	-11,0%	14,1%	6,6%	-5,8%	-11,0%
Cobertura da tarifa												
Custos Operacionais	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4,3%	4,3%	-9,1%	-16,7%	25,0%	11,1%	-9,1%	-16,7%
Material Rodante	26,6%	15,1%	-15,1%	-30,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Infraestrutura	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cenário de avaliação III:												
Investimentos (Receita); Material Rodante (Receita); OPEX (Receita)												
EBITDA	30,2%	15,1%	-15,1%	-30,2%	487,1%	243,5%	-243,5%	-487,1%	26,1%	13,1%	-13,1%	-26,1%
Subsídio anual	-3,2%	-1,6%	1,6%	3,2%	-5,3%	-2,6%	2,6%	5,3%	-6,3%	-3,2%	3,2%	6,3%
Receita/Custos	2,6%	1,3%	-1,3%	-2,5%	4,4%	2,1%	-2,1%	-4,0%	6,3%	3,0%	-2,9%	-5,6%
Cobertura da tarifa												
Custos Operacionais	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4,3%	4,3%	-9,1%	-16,7%	25,0%	11,1%	-9,1%	-16,7%
Material Rodante	26,6%	15,1%	-15,1%	-30,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Infraestrutura	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Fonte: Consórcio, 2016.

Por fim, avaliou-se o impacto nos parâmetros decorrente de variações nos custos de investimentos do sistema em três etapas: i) apenas os custos de investimentos em material rodante; ii) apenas os custos de investimentos em infraestrutura, e; iii) combinação dos custos de material rodantes e de investimentos.

Como no modelo financeiro desenvolvido para este estudo os custos de investimentos acontecem no período pré-operativo, isto é, antes do início da operação, estes custos são considerados no ano zero do fluxo de caixa, não afetando o resultado do EBITDA (já que este considera apenas os gastos operativos e receitas que aqui são fixos no período), porém influencia no montante de subsídios necessários para equilíbrio do sistema.

A Tabela 31 apresenta os resultados obtidos para os parâmetros do modelo financeiro decorrentes das variações nos custos de investimento em material rodante.

Tabela 31: Impactos nos resultados do Modelo Financeiro decorrentes de variações no insumo de Investimentos em Material Rodante.

Variação Investimentos em Material Rodante	Bloco 1 (2025 a 2054)				Bloco 2 (2035 a 2064)				Bloco 3 (2045 a 2074)			
	-20%	-10%	+10%	+20%	-20%	-10%	+10%	+20%	-20%	-10%	+10%	+20%
Cenário de avaliação I:												
Investimentos (Recursos Públicos): Material Rodante (Recursos Públicos): OPEX (Receita)												
EBITDA	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Subsidio anual	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Receita/Custos	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cobertura da tarifa												
Custos Operacionais	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Material Rodante	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Infraestrutura	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cenário de avaliação II:												
Investimentos (Recursos Públicos): Material Rodante (Receita): OPEX (Receita)												
EBITDA	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Subsidio anual	-95,2%	-47,6%	47,6%	95,2%	-18,8%	-9,4%	9,4%	18,8%	-8,9%	-4,5%	4,5%	8,9%
Receita/Custos	10,0%	4,8%	-4,4%	-8,4%	8,3%	4,0%	-3,7%	-7,1%	8,2%	4,0%	-3,7%	-7,1%
Cobertura da tarifa												
Custos Operacionais	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Material Rodante	25,0%	11,1%	-9,1%	-16,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Infraestrutura	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cenário de avaliação III:												
Investimentos (Receita): Material Rodante (Receita): OPEX (Receita)												
EBITDA	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Subsidio anual	-2,7%	-1,4%	1,4%	2,7%	-3,3%	-1,6%	1,6%	3,3%	-3,9%	-1,9%	1,9%	3,9%
Receita/Custos	2,2%	1,1%	-1,1%	-2,1%	2,7%	1,3%	-1,3%	-2,6%	3,8%	1,8%	-1,8%	-3,5%
Cobertura da tarifa												
Custos Operacionais	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Material Rodante	25,0%	11,1%	-9,1%	-16,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Infraestrutura	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Fonte: Consórcio, 2016.

Em continuação da avaliação do impacto nos parâmetros decorrente de variações nos custos de investimentos do sistema, avaliou-se o insumo de custos de investimentos em infraestrutura.

Tabela 32: Impactos nos resultados do Modelo Financeiro decorrentes de variações no insumo de Investimentos em infraestrutura.

Variação Investimentos em infraestrutura	Bloco 1 (2025 a 2054)				Bloco 2 (2035 a 2064)				Bloco 3 (2045 a 2074)			
	-20%	-10%	+10%	+20%	-20%	-10%	+10%	+20%	-20%	-10%	+10%	+20%
Cenário de avaliação I:												
Investimentos (Recursos Públicos): Material Rodante (Recursos Públicos): OPEX (Receita)												
EBITDA	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Subsídio anual	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Receita/Custos	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cobertura da tarifa												
Custos Operacionais	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Material Rodante	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Infraestrutura	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cenário de avaliação II:												
Investimentos (Recursos Públicos): Material Rodante (Receita): OPEX (Receita)												
EBITDA	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Subsídio anual	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Receita/Custos	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cobertura da tarifa												
Custos Operacionais	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Material Rodante	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Infraestrutura	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cenário de avaliação III:												
Investimentos (Receita): Material Rodante (Receita): OPEX (Receita)												
EBITDA	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Subsídio anual	-19,4%	-9,7%	9,7%	19,4%	-16,5%	-8,2%	8,2%	16,5%	-11,3%	-5,6%	5,6%	11,3%
Receita/Custos	18,1%	8,3%	-7,1%	-13,3%	15,2%	7,0%	-6,2%	-11,6%	11,7%	5,5%	-5,0%	-9,5%
Cobertura da tarifa												
Custos Operacionais	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Material Rodante	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Infraestrutura	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Fonte: Consórcio, 2016.

Finalmente, avaliou-se os impactos dos custos totais de investimento, agregando-se os custos de investimento em material rodante e de investimentos em infraestrutura. Os resultados desta avaliação são apresentados na Tabela 33.

Tabela 33: Impactos nos resultados do Modelo Financeiro decorrentes de variações no insumo de Investimentos totais (junção entre investimentos em infraestrutura e investimento em material rodante).

Variação Investimentos Totais	Bloco 1 (2025 a 2054)				Bloco 2 (2035 a 2064)				Bloco 3 (2045 a 2074)			
	-20%	-10%	+10%	+20%	-20%	-10%	+10%	+20%	-20%	-10%	+10%	+20%
Cenário de avaliação I:												
Investimentos (Recursos Públicos): Material Rodante (Recursos Públicos): OPEX (Receita)												
EBITDA	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Subsídio anual	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Receita/Custos	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cobertura da tarifa												
Custos Operacionais	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Material Rodante	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Infraestrutura	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cenário de avaliação II:												
Investimentos (Recursos Públicos): Material Rodante (Receita): OPEX (Receita)												
EBITDA	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Subsídio anual	-95,2%	-47,6%	47,6%	95,2%	-18,8%	-9,4%	9,4%	18,8%	-8,9%	-4,5%	4,5%	8,9%
Receita/Custos	10,0%	4,8%	-4,4%	-8,4%	8,3%	4,0%	-3,7%	-7,1%	8,2%	4,0%	-3,7%	-7,1%
Cobertura da tarifa												
Custos Operacionais	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Material Rodante	25,0%	11,1%	-9,1%	-16,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Infraestrutura	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cenário de avaliação III:												
Investimentos (Receita): Material Rodante (Receita): OPEX (Receita)												
EBITDA	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Subsídio anual	-22,1%	-11,1%	11,1%	22,1%	-19,8%	-9,9%	9,9%	19,8%	-15,2%	-7,6%	7,6%	15,2%
Receita/Custos	21,1%	9,6%	-8,0%	-14,9%	18,8%	8,6%	-7,3%	-13,6%	16,4%	7,6%	-6,6%	-12,4%
Cobertura da tarifa												
Custos Operacionais	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Material Rodante	25,0%	11,1%	-9,1%	-16,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Infraestrutura	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Fonte: Consórcio, 2016.

É esperado que, em decorrência da expansão da rede metroviária da RMRJ, haja um aumento da demanda no sistema e que esta não possua um comportamento linear de crescimento entre os blocos de implantação. Deste modo, mesmo que hoje a operação metroviária da RMRJ não possua necessidade de aportes financeiros para a operação, a expansão da rede pode implicar em EBITDA negativo para alguns cenários, fazendo-se necessário aportes de subsídios. No entanto, esta constatação não inviabiliza a implantação dos projetos definidos no Plano Diretor Metroviário, principalmente por seu impacto socioeconômico positivo.

A avaliação financeira dos blocos de implantação resultou que o Bloco 1 é sustentável no Cenário de Avaliação I (avaliando-se apenas os custos de operação). Já o Bloco 2 e o Bloco 3 não apresentam sustentabilidade financeira em nenhum dos cenários avaliados, fazendo-se necessário aportes anuais de subsídio. Em caso de não serem disponibilizados recursos financeiros para subsidiar a operação destes blocos, avaliou-se como estes poderiam ser sustentáveis financeiramente a partir de possíveis impactos nos insumos avaliados na análise de sensibilidade.

Como o Bloco 2 apresentou valores inferiores de subsídio em relação ao Bloco 3, buscou-se verificar as variações necessárias nos insumos acréscimo de demanda e valor de custos operacionais (de formas independentes) até que a receita deste bloco fosse suficiente para cobrir os custos operacionais do sistema e os custos de investimentos em material rodante (Cenário de Avaliação II). Desta avaliação, obteve-se que o acréscimo de demanda necessário seria de aproximadamente 40% para que o Bloco 2

de implantação não necessitasse de subsídio no Cenário de Avaliação II, enquanto que os custos operacionais deveriam reduzir 30%. Para que a receita do Bloco 2 seja suficiente apenas para arcar com os custos operacionais (Cenário de Avaliação I), seria necessário um acréscimo de 5% da demanda ou uma redução de 5% dos custos operacionais.

Apesar de factível, é pouco provável que estas variações sejam atingidas. Por fim, para o Cenário de Avaliação II, verificou-se a variação conjunta dessas duas variáveis necessária para viabilizar este cenário sem a necessidade de subsídio a partir na análise da relação Receita/Custo, como apresentado na tabela a seguir. Neste cenário, o custo considerado é a soma entre o custo operacional e o custo de investimento em material rodante. Verifica-se, por exemplo, que o Bloco 2 pode não necessitar de subsídio caso a demanda aumente 30% e o custo operacional reduza 40%.

Tabela 34: Resultado do parâmetro (Receita/Custo) variando-se os insumos demanda e custos operacionais.

Cenário de stress (Receita/Custo)		Demanda										
		-50%	-40%	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%	40%	50%
Custo Operacional	-50%	26%	31%	37%	42%	47%	52%	58%	63%	68%	73%	78%
	-40%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	59%	64%	69%	74%
	-30%	24%	28%	33%	38%	42%	47%	52%	57%	61%	66%	71%
	-20%	22%	27%	31%	36%	40%	45%	49%	54%	58%	63%	67%
	-10%	21%	26%	30%	34%	39%	43%	47%	52%	56%	60%	64%
	0%	21%	25%	29%	33%	37%	41%	45%	49%	53%	58%	62%
	10%	20%	24%	28%	32%	35%	39%	43%	47%	51%	55%	59%
	20%	19%	23%	26%	30%	34%	38%	42%	45%	49%	53%	57%
	30%	18%	22%	25%	29%	33%	36%	40%	44%	47%	51%	55%
	40%	18%	21%	25%	28%	32%	35%	39%	42%	46%	49%	53%
50%	17%	20%	24%	27%	30%	34%	37%	41%	44%	47%	51%	

Fonte: Consórcio, 2016.

Por fim, a avaliação do Bloco 3 apresentou resultados financeiros mais críticos em relação aos obtidos para o Bloco 2. Desta forma, para a operação deste bloco, faz-se necessário aportes financeiros, seja em forma de subsídios anuais ou outras formas de investimentos.

APÊNDICE H

FORMULÁRIO DE CONSULTA MAH



1. Identificação

Nome: _____

Instituição: _____

Cargo: _____

2. Instruções

O presente relatório faz parte da etapa de definição dos pesos dos critérios de análise para priorização dos novos corredores metroviários propostos. Segue na tabela a seguir os critérios, com seus respectivos sub-critérios e aspectos pertinentes.

Critério de Análise do PDM		
Critérios	Sub-Critérios	Aspectos
Custo Financeiro	Custo de Construção	Custo Médio de Construção, levando em conta as desapropriações, obras civis, sistemas, material rodante e custo de pátio, que deve ser ponderado pelos passageiros transportados.
	Custo de Operação	Custo Médio Operacional, levando em conta energia elétrica, mão de obra, manutenção e segurança, que deve ser ponderado pelos passageiros transportados.
Impactos Sociais	Impacto na Mobilidade	Impacto que o corredor trará na redução do tempo gasto em transportes, tanto por usuários da rede, como não usuários.
	Impactos Sócio-Ambientais	Redução de externalidades negativas relacionadas ao transporte como poluição atmosférica e sonora.
	Desenvolvimento Urbano	Potencial de indução de desenvolvimento nas áreas de influência das novas estações, incentivo ao desenvolvimento de centralidades e grau de intrusão visual e constituição de barreira física.
Demanda	Passageiros Transportados	Total de viagens realizadas no corredor, que deve ser ponderado pela extensão das mesmas.
	Equilíbrio na Demanda	Equilíbrio da demanda do corredor, considerando tanto a relação entre os fluxos nos dois sentidos, como a renovação de passageiros.
Oferta	Conectividade	Considerar a cobertura dada pelo corredor de forma direta ou por meio de transbordo.
	Atendimento a grandes pólos	Quantidade de pólos geradores de viagem de grande porte atendidos diretamente pelo corredor
Impacto Político e Institucional	Conveniência e Atritos Políticos	Grau de dificuldade de: vencer a inércia da implantação da linha; realizar as desapropriações; entendimento com outras esferas de poder.

Inicialmente cada critério será comparado com os demais. Essa comparação ocorre por meio da marcação em um gráfico tal como exposto a seguir. Deve-se nele marcar um e apenas um dos retângulos, quanto mais perto do lado do critério, mais importante esse critério será considerado. A marcação no retângulo central significa que o entrevistado considera que os dois critérios tem igual importância.

Critério A

--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Critério B

É importante que se mantenha coerência entre as comparações. Se o Critério A for considerado mais importante que o Critério B e este for apontado como mais importante que o Critério C, o Critério A tem que necessariamente ser considerado mais importante que o Critério C.

Depois que forem feitas as comparações entre os Critérios, haverá a comparação entre os sub-critérios que compõem cada Critério. O procedimento é o mesmo.

3. Avaliação

Pede-se que antes da comparação dos Critérios preencha-se a tabela abaixo, dando notas de 1 a 5 aos Critérios. Quanto maior a nota, mais importante o será o Critério. A mesma nota pode ser dada a dois Critérios.

Avaliação Preliminar	
Critério	Nota (1-5)
Custo Financeiro	
Impactos Sociais	
Demanda	
Oferta	
Impacto Político e Institucional	

Ao fazer as comparações a seguir, verifique se você está mantendo a coerência com a sua avaliação preliminar.

Custo Financeiro	<input type="checkbox"/>	Impactos Sociais							
Custo Financeiro	<input type="checkbox"/>	Demanda							
Custo Financeiro	<input type="checkbox"/>	Oferta							
Custo Financeiro	<input type="checkbox"/>	Impacto Político e Institucional							
Impactos Sociais	<input type="checkbox"/>	Demanda							
Impactos Sociais	<input type="checkbox"/>	Oferta							
Impactos Sociais	<input type="checkbox"/>	Impacto Político e Institucional							
Demanda	<input type="checkbox"/>	Oferta							
Demanda	<input type="checkbox"/>	Impacto Político e Institucional							
Oferta	<input type="checkbox"/>	Impacto Político e Institucional							

3.1. Custo Financeiro

Custo de Construção	<input type="text"/>	Custo de Operação								
---------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	-------------------

3.2. Impactos Sociais

Impacto na Mobilidade	<input type="text"/>	Impacto Sócio-Ambientais								
-----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	--------------------------

Impacto na Mobilidade	<input type="text"/>	Desenvolvimento Urbano								
-----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	------------------------

Impacto Sócio-Ambientais	<input type="text"/>	Desenvolvimento Urbano								
--------------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	------------------------

3.3. Demanda

Passageiros Transportados	<input type="text"/>	Equilíbrio na Demanda								
---------------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	-----------------------

3.4. Oferta

Conectividade	<input type="text"/>	Atendimento a Grandes Polos								
---------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	-----------------------------

