

Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica (EVTE)

Linha circular de veículo leve sobre trilho (VLT) na Ilha do Fundão com conexão com a região do Porto Maravilha e da Ligação Aquaviária entre a Ilha do Fundão, Praça XV e Praia Vermelha.

RELATÓRIO PARCIAL 2 – Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica

Projeto AIT 17.445 – Fundo Verde

EQUIPE

Coordenação: Prof. Suzana Kahn Ribeiro – Fundo Verde e PET/COPPE/UFRJ

Coordenação técnica: Prof. Márcio de Almeida D´Agosto – PET/COPPE/UFRJ

Supervisão: Prof. Marcelino Aurélio Vieira da Silva - PET/COPPE/UFRJ

Prof. Lino Guimarães Marujo – DEI/EE

Pesquisadores:

Beatriz Lagnier Gil Ferreira - PET/COPPE/UFRJ

Bianca Cipriano da Silva Zary – PGTransp IME

Cíntia Machado de Oliveira - PET/COPPE/UFRJ

Daniel Neves Schmitz Gonçalves - PGTransp IME

Fabiana do Couto Assumpção - PET/COPPE/UFRJ

ÍNDICE

APRESENTAÇÃO.....	3
1. INTRODUÇÃO	4
1.1 Justificativa do trabalho	4
1.2 Objetivo	4
1.3 Conteúdo do Relatório Parcial 2	4
1.4 Área de estudo	4
2. LIGAÇÃO AQUAVIÁRIA ENTRE A ILHA DO FUNDÃO E PRAIA VERMELHA	5
2.1 Análise técnica e econômica das barcas	5
2.2 Demanda para as embarcações	5
2.3 Características técnicas da embarcação	7
2.3.1 Embarcação Tipo I	7
2.3.2 Embarcação Tipo II	9
2.4 Análise econômica.....	10
2.4.1 Dados utilizados para a análise econômica	10
2.4.1.1 Dados da embarcação e dos terminais.....	11
2.4.1.2 Dados de operação	11
2.4.1.3 Dados financeiros.....	12
2.4.2 Cenários.....	13
2.4.2.1 Cenário I – Cenário Conservador.....	13
2.4.2.2 Cenário II – Cenário Intermediário	13
2.4.2.3 Cenário III – Cenário Otimista.....	13
2.4.3 Fluxo de caixa	13
2.4.3.1 Cenário I – Cenário Conservador.....	14
2.4.3.2 Cenário II – Cenário Intermediário	15
2.4.3.3 Cenário III – Cenário Otimista.....	16
2.5 Considerações sobre o EVTE para o item 2	17
3. LINHA CIRCULAR DE VEÍCULO LEVE SOBRE TRILHO (VLT) NA ILHA DO FUNDÃO COM CONEXÃO COM A REGIÃO DO PORTO MARAVILHA	17
3.1 Características da demanda.....	18
3.2 Traçado e tecnologias avaliadas.....	21
3.3 Desenho operacional.....	23
3.4 Dados de entrada.....	24
3.5 Cálculo da frota efetiva.....	27
3.6 Caracterização da oferta do serviço	27
3.7 Parâmetros e formulas de custos.....	29
3.8 Análise econômica.....	30
3.9 Análise de cenários quanto à viabilidade financeira.....	32
3.10 Considerações finais para o item 3	33
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	33
5. REFERÊNCIAS	34

APRESENTAÇÃO

Este Relatório Parcial apresenta os resultados referentes aos Estudos de Viabilidade Técnica e Econômica (EVTE) da Ligação Aquaviária entre a Ilha do Fundão e Praia Vermelha e a Avaliação Técnica e Econômica (EVTE) da implantação de um ramal de ligação do sistema de Veículo Leve sobre Trilhos (VLT) do Porto do Rio de Janeiro com a Cidade Universitária.

Estas atividades e encontram no escopo do Projeto AIT 17.445 – Fundo Verde e foi desenvolvido em parceria entre o Escritório de Projetos do Fundo Verde e o Programa de Engenharia de Transportes (PET) do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa em Engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), contando ainda com o apoio de pesquisadores da Pós-graduação em Engenharia de Transportes (PGTrans) do Instituto Militar de Engenharia (IME).

O Fundo Verde de Desenvolvimento e Energia para a Cidade Universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro é fruto de uma parceria do Governo do Estado do Rio de Janeiro, da Light e da UFRJ e tem como objetivo fomentar projetos de infraestrutura sustentável nos setores de geração e racionalização do uso de energia e de mobilidade urbana.

Este Relatório tem por finalidade apresentar os resultados dos Estudos de Viabilidade Técnica e Econômico da implantação das barcas, com base em análise de fluxo de caixa e cenários com subsídio do Governo para viabilizar o investimento. Também tem por finalidade apresentar a Avaliação Técnica e Econômica (EVTE) da implantação de um ramal de ligação do sistema de Veículo Leve sobre Trilhos (VLT) do Porto do Rio de Janeiro com a Cidade Universitária.

1. INTRODUÇÃO

Este Relatório Parcial apresenta o estudo de viabilidade da ligação aquaviária entre a Ilha do Fundão e Botafogo e para implantação de um ramal de ligação do sistema de Veículo Leve sobre Trilhos (VLT) do Porto do Rio de Janeiro com a Cidade Universitária. Para atender o objetivo foram realizados cenários com investimento próprio e apoio governamental.

1.1 Justificativa do trabalho

O presente trabalho vai ao encontro do objetivo do Fundo Verde de aprimorar a mobilidade urbana, em especial na Cidade Universitária da Ilha do Fundão, por meio de Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica (EVTE) de modos de transporte que apresentem potencial de sustentabilidade ambiental em sua operação. Com isso, pretende-se suprir o Governo do Estado do Rio de Janeiro de informações adequadas para alicerçar suas decisões em termos de investimento na Ilha do Fundão.

Os Estudos de Viabilidade Técnica e Econômica a ser considerado são a ligação da Ilha do Fundão com a Praia Vermelha e a implantação de um ramal de ligação do sistema de Veículo Leve sobre Trilhos (VLT) do Porto do Rio de Janeiro com a Cidade Universitária.

1.2 Objetivo

O Relatório Parcial 2 tem por objetivo geral detalhar os cálculos realizados para efetuar o EVTE, tanto da Ligação Aquaviária entre a Ilha do Fundão e Praia Vermelha quando da implantação de um ramal de ligação do sistema de Veículo Leve sobre Trilhos (VLT) do Porto do Rio de Janeiro com a Cidade Universitária.

1.3 Conteúdo do Relatório Parcial 2

A partir desta introdução este Relatório Parcial 2 se divide em três seções. Na seção dois apresentam-se os dados e informação para realização do EVTE da ligação aquaviária entre a ilha do fundão e praia vermelha. Na seção três apresentam-se os dados e informações para realização da EVTE para implantação da linha circular de Veículo Leve sobre Trilho (VLT) na ilha do fundão com conexão com a região do porto maravilha e por fim, na seção quatro apresentam-se os próximos passos a serem dados para conclusão do projeto.

1.4 Área de estudo

A área de estudo está localizada na ilha artificial construída para abrigar o campus da Cidade Universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Posicionada na Baía de Guanabara, a Ilha do Fundão foi formada por nove ilhas naturais (Cabras, Pindaí do Ferreira, Pindaí do França, Baiacu, Fundão, Catalão, Bom Jesus, Pinheiro e Sapucaia) originais que foram interligadas por meio de aterro artificial, totalizando uma superfície de 5,2 milhões de metros quadrados, para abrigar todo o complexo universitário.

2. LIGAÇÃO AQUAVIÁRIA ENTRE A ILHA DO FUNDÃO E PRAIA VERMELHA

Neste item serão apresentadas as análises realizadas para verificação da viabilidade técnica e econômica da ligação aquaviária entre a Ilha do Fundão e a Praia Vermelha.

2.1 Análise técnica e econômica das barcas

No presente estudo, para a análise técnica e econômica da ligação aquaviária o relatório foi dividido em: demanda para as embarcações, características técnicas do modo de transporte, análise econômica para três cenários e seus respectivos fluxos de caixa, tornando possível a análise do EVTE.

2.2 Demanda para as embarcações

Para a previsão dos potenciais usuários do sistema de barcas, foram utilizados os dados respondidos na Pesquisa O/D que fora aplicada aos frequentadores da Ilha do Fundão. Dentre as perguntas realizadas na pesquisa, foi retirado o percentual de respondentes que tinham origem nas seguintes Regiões Administrativas: Centro, Botafogo, Copacabana e Lagoa, pois seriam diretamente favorecidos com a implantação do novo sistema de transporte.

Desta amostra da pesquisa, foram estudadas, para o referido trajeto, três possibilidades de valor de demanda a partir das respostas a seguinte pergunta: “caso fosse implantado um sistema de barcas ligando UFRJ a Praça XV e Praia Vermelha, você utilizaria?”.

Para a demanda conservadora, foram considerados os respondentes que afirmaram utilizar o sistema de barcas, caso o mesmo fosse implantado, o que equivale a 34,09% dos usuários que se encontram nas Regiões Administrativas consideradas.

Para a demanda intermediária, foram considerados os respondentes que afirmaram utilizar o sistema de barcas e aqueles que usariam o sistema dependendo do tempo de duração da viagem. Desta forma, os respondentes correspondem a 40,44% dos usuários que se encontram nas Regiões Administrativas consideradas.

Para a demanda otimista, foram considerados os respondentes que afirmaram utilizar o sistema de barcas, aqueles que usariam o sistema dependendo do tempo de duração da viagem, aqueles que usariam o sistema dependendo do custo da viagem e aqueles que usariam o sistema dependendo do tempo de duração e do custo da viagem. Sendo assim, os respondentes correspondem a 68,72% dos usuários que se encontram nas Regiões Administrativas consideradas.

A Tabela 1, Tabela 2 e Tabela 3 apresentam as demandas conservadora, intermediária e otimista, respectivamente, distribuídas ao longo da semana por horário, onde é possível destacar as demandas nos horários de pico matinal e vespertino.

Tabela 1: Demanda conservadora das barcas (34,09%)

IDA		Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira	Sábado
Horário							
6	8	1.030	985	1.018	1.009	1.023	186
8	10	1.380	1.380	1.380	1.380	1.380	259
10	12	347	292	305	314	326	48
12	14	255	245	230	250	233	66
14	16	58	62	47	46	69	18
16	18	94	83	92	84	94	26
18	20	90	66	87	73	88	18
Após as 20h		30	28	30	27	19	7
Total Ida		3.284	3.140	3.189	3.183	3.232	627
VOLTA		Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira	Sábado
Horário							
6	8	32	28	26	30	31	6
8	10	25	30	28	27	31	8
10	12	124	95	136	94	115	45
12	14	376	386	373	398	441	139
14	16	370	394	386	378	373	103
16	18	1.352	1.352	1.352	1.352	1.352	253
18	20	401	423	421	464	426	103
Após as 20h		197	232	207	216	217	78
Total volta		2.876	2.938	2.929	2.959	2.985	735
Total Ida e Volta		6.160	6.078	6.119	6.143	6.217	1.363
Total Semanal Ida e Volta							32.079

Tabela 2: Demanda intermediária das barcas (40,44%)

IDA		Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira	Sábado
Horário							
6	8	1.221	1.169	1.207	1.197	1.214	221
8	10	1.638	1.638	1.638	1.638	1.638	307
10	12	412	346	362	372	387	57
12	14	303	291	273	296	276	78
14	16	69	74	56	55	82	21
16	18	111	98	110	99	111	31
18	20	107	78	103	87	104	21
Após as 20h		36	33	35	32	23	8
Total Ida		3.896	3.725	3.784	3.776	3.834	744
VOLTA		Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira	Sábado
Horário							
6	8	38	33	31	36	36	7
8	10	30	35	33	32	36	10
10	12	147	113	162	111	137	53
12	14	446	458	443	472	523	165
14	16	439	467	457	449	443	122
16	18	1.604	1.604	1.604	1.604	1.604	301
18	20	476	502	500	551	505	122
Após as 20h		233	275	246	257	258	93
Total volta		3.413	3.486	3.476	3.511	3.541	872
Total Ida e Volta		7.308	7.211	7.259	7.288	7.376	1.617
Total Semanal Ida e Volta							38.059

Tabela 3: Demanda otimista das barcas (68,72%)

IDA		Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira	Sábado
Horário							
6	8	2.075	1.986	2.052	2.035	2.063	376
8	10	2.782	2.782	2.782	2.782	2.782	522
10	12	699	588	615	633	658	97
12	14	514	494	464	503	470	133
14	16	117	125	95	93	139	35
16	18	189	167	186	169	189	53
18	20	181	132	176	147	177	35
Após as 20h		60	56	60	54	38	13
Total Ida		6.620	6.330	6.429	6.417	6.515	1.264
VOLTA		Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira	Sábado
Horário							
6	8	64	56	53	61	62	11
8	10	51	60	56	54	62	17
10	12	249	191	275	189	232	90
12	14	758	778	752	801	889	281
14	16	745	793	777	763	752	208
16	18	2.725	2.725	2.725	2.725	2.725	511
18	20	809	853	849	936	858	208
Após as 20h		397	467	418	436	438	157
Total volta		5.798	5.923	5.906	5.966	6.017	1.482
Total Ida e Volta		12.418	12.253	12.335	12.383	12.533	2.747
Total Semanal Ida e Volta							64.668

Ainda analisando as Tabelas 1 a 3, destaca-se que as embarcações sempre estarão muito aquém da sua ocupação em um dos sentidos do trajeto, ou seja, indo ou voltando praticamente vazias. E aos sábados, constata-se uma demanda horária muito baixa para a operação do sistema.

2.3 Características técnicas da embarcação

As embarcações utilizadas para o EVTE são os modelos de embarcações que já estão operando na Baía de Guanabara, pertencentes a frota da concessionária CCR Barcas. Sendo assim, para o atendimento das três possibilidades de demanda estudadas apresentadas no item 2.2 do presente relatório, foram escolhidos dois tipos de embarcação: catamarã MC25 (Embarcação Tipo I) e catamarã HSC (Embarcação Tipo II) (CCR BARCAS, 2014).

2.3.1 Embarcação Tipo I

A Embarcação Tipo I (Figura 1) é um catamarã de alumínio com proa simples, casco duplo, com capacidade para 237 passageiros, que opera com propulsão a motor de combustão interna. A velocidade máxima atingida por esse tipo de embarcação é de 25 nós. Sendo considerada a velocidade média da embarcação 60% da sua velocidade máxima, o que para esse tipo de embarcação equivale a 15 nós (CCR BARCAS, 2014).

Para esse modelo de catamarã foi adotado R\$ 4.000.000,00 como preço unitário de aquisição da embarcação do Tipo I. Para estimar este valor, foi tomado como referência o trabalho de Lemos (2000), que fez um levantamento com 30 embarcações de rotas fluvio-marítima e fluvial. Desse universo foram selecionadas 20 embarcações, apresentadas na Tabela 4, que possuíam características similares as embarcações

(Catamarãs com motor movido a diesel), e por meio dos dados apresentados nessa tabela, foi possível realizar uma regressão simples para estimar o custo da embarcação do Tipo I, apresentada na Figura 1.

Tabela 4: Embarcações selecionadas para as rotas fluvio-marítima e fluvial
Belém (PA) – Macapá (AP)

Passageiros	Potência (kW)	Preço (US\$ 10 ⁶)
300	2402	2,9
300	4468	5,3
300	6533	8,4
400	2918	3,6
400	4984	5,6
400	7050	8,6
500	3435	4,2
500	5500	5,9
500	7566	8,7
300	3998	5,1
300	3329	4,4
300	4773	6,2
300	6838	9,3
400	3846	4,9
400	5289	6,5
400	7355	9,5
500	4362	5,3
500	5805	6,8
500	7871	9,6
358	4640	6,6

Fonte: Lemos, 2000

A regressão foi realizada utilizando a potência e o custo das embarcações levantadas. O que acarretou em um R^2 de 0,95. Para a embarcação do Tipo I com potência de 1500 kW, foi possível estimar o custo dessa embarcação.

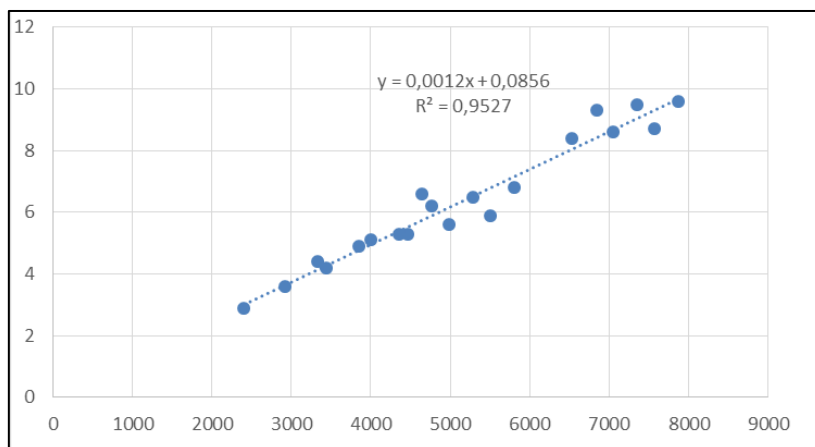


Figura 1: Embarcação Tipo I

A Figura 2 apresenta a imagem da Embarcação do Tipo I.



Fonte: CCR Barcas, 2014
Figura 2: Embarcação Tipo I

2.3.2 Embarcação Tipo II

Similar a Embarcação Tipo I a do Tipo II (Figura 3) é um catamarã de alumínio com proa simples, casco duplo, com capacidade para 519 passageiros, que opera com propulsão a motor de combustão interna. A velocidade máxima atingida por esse tipo de embarcação é de 25 nós (CCR BARCAS, 2014). Sendo considerada a velocidade média da embarcação 60% da sua velocidade máxima, o que para esse tipo de embarcação equivale a 15 nós.

Para esse modelo de catamarã, foi adotado R\$ 6.400.000,00 como preço unitário de aquisição da embarcação. Para estimar este valor, foi tomado também como referência o mesmo trabalho, porém como na embarcação do Tipo II a quantidade de passageiros estava fora do intervalo considerado nas embarcações levantadas nesse estudo não foi possível utilizar a mesma regressão. Logo, como a quantidade de passageiros, praticamente, dobrou quando passou-se da Embarcação do Tipo I para a do Tipo II, foram usadas as equações apresentadas para estimar a potência (Equação 1) e o custo de uma embarcação (Equação 2) e para outra embarcação com o dobro de passageiros (LEMOS, 2000).

Os parâmetros considerados para utilizar as equações foram: embarcação com 320 e 640 passageiros e velocidade de 30 nós para ambas as embarcações. Com essa consideração, percebe-se que o valor da embarcação aumenta 60% quando dobramos a quantidade de passageiros.

$$Pot(kW) = -5343 + 5,162 \times Pax + 206,555 \times V \quad (1)$$

Em que:

Faixas: Pax - 100 a 639; e V - 25 a 49 nós.

Pot = Potência requerida em kW,

Pax = Passageiros e

V = Velocidade Máxima (nós).

$$P = -9,305 + 165,228 \times \left(\frac{Pax}{V^3} \right) + 0,347 \times V \quad (2)$$

Em que:

Faixas: Pax - 191 a 450; e V - 30 a 49 nós, Pax/ V³ - 0,0016 a 0,0166.

P= Preço de construção (US\$ milhões),

Pax = Passageiros e

V = Velocidade Máxima (nós).

A Figura 3 apresenta a imagem da Embarcação do Tipo II.



Fonte: CCR Barcas, 2014
Figura 3: Embarcação Tipo II

2.4 Análise econômica

Para a análise econômica da linha aquaviária proposta, foram realizadas algumas considerações e levantamento de dados para a apresentação de três cenários: conservador, intermediário e otimista, que foram baseados nas demandas apresentadas.

2.4.1 Dados utilizados para a análise econômica

Antes da montagem do fluxo de caixa faz-se necessária a separação de dados técnicos e econômicos do novo sistema de transporte para a composição desse custo de

implantação e operação. Os dados necessários para essa análise econômica serão então apresentados em três conjuntos: os dados da embarcação e dos terminais, os dados de operação e os dados financeiros.

2.4.1.1 Dados da embarcação e dos terminais

Os dados a serem considerados por embarcação são: capacidade da embarcação, custo unitário de aquisição, custo unitário do terminal, período de construção das barcas e dos terminais.

Conforme já foi abordado no item 2.3, o estudo aborda dois modelos de embarcação, onde para a Embarcação do Tipo I, a capacidade é de 237 passageiros a um custo de aquisição de R\$ 4 milhões e para a Embarcação do Tipo II, a capacidade é de 519 passageiros a um custo de aquisição de R\$ 6,4 milhões. Considerou-se o pagamento das embarcações em duas parcelas iguais antes que as mesmas sejam postas em operação.

Para a construção dos dois terminais (Praia Vermelha e Ilha do Fundão), foi considerado que a obra duraria dois anos e que a forma de pagamento se daria em duas parcelas iguais antes do primeiro ano de operação. Admitiu-se para os Cenários I e II um custo unitário de construção de R\$ 2.708.483,40 e para o Cenário III um custo de R\$ 5.931.235,80. Esses valores foram calculados baseados na Equação 3.

$$C_{Terminal} = (3 \times Cap_{Emb}) \times CUB \times T_{Ocupação} \times fator \quad (3)$$

Em que,

Cap_{Emb} : Capacidade da embarcação (pax);

fator: fator de segurança foi considerado um aumento de 40% na demanda;

$T_{ocupação}$: Taxa de ocupação é considerada de 1,5 (m²/pax) que atende a um nível de conforto alto (BARBOSA, 1982);

CUB: Custo unitário básico de construção de agosto de 2014 é de 1.814,00 (R\$/m²) (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC), 2014).

Ainda sobre o custo do terminal, pode ser verificado que para a Equação 3 foram consideradas para o dimensionamento do terminal, o triplo da capacidade da embarcação e um fator de 40% para o acabamento elevado do terminal de passageiros, o que contempla materiais de construção e acabamento de alto padrão.

As taxas anuais de depreciação aplicadas as embarcações e aos terminais foi de 5% e 4% respectivamente e a vida útil aplicadas nas embarcações e nos terminais foi de 20 e 25 anos, respectivamente. Todos os dados conforme Instrução normativa SRF nº 162 de 31 dez 1998 (RECEITA FEDERAL, 2014).

2.4.1.2 Dados de operação

Os dados necessários considerados para a operação do sistema, independentemente do tipo de embarcação, serão:

- Sistema com vida útil de 30 anos;
- Operando durante 10 meses ao longo do ano, devido à baixa demanda durante as férias escolares;
- Velocidade média comercial das embarcações de 15 nós;
- *Headway*, intervalo entre as embarcações, aplicado para o sistema no ano inicial foi de 15 minutos no horário de pico.

Para o cálculo dos custos operacional das embarcações foi necessário levantar os custos com: reparo e manutenção, salários, seguro do casco, combustíveis e lubrificantes e administrativos.

Os custos com reparo e manutenção e com o seguro do casco correspondem a 6% e 3%, respectivamente, do custo de aquisição das embarcações considerando um coeficiente produtivo, uma vez que, fora do horário de pico as embarcações deverão ser realocadas (FILHO e MORAES, 2010).

O custo com salários, apresentado na Equação 4, é função do salário médio pago para os tripulantes, do número de tripulantes e dos encargos sociais envolvidos com a contratação dos mesmos. Estes encargos correspondem a aproximadamente 87% do salário bruto pago a cada tripulante. O valor médio pago aos tripulantes está em torno de R\$1.500,00 e foi considerado a tripulação composta por 10 funcionários (FILHO e MORAES, 2010).

$$C_{Salário} = 12 \times SM \times N_{Tripulantes} \times (1 + Enc) \quad (4)$$

Em que,

SM: Salário médio pago para os tripulantes (R\$ 1.500,00);

Enc: Encargos correspondem a 87% do salário pago;

$N_{Tripulantes}$: Número de tripulantes foi considerado de 10 funcionários.

Os custos administrativos incluem um conjunto de despesas anuais relacionadas com a estrutura administrativa e de gerenciamento das operações de uma empresa de navegação. Deste modo, estes custos são representados como um percentual dos custos de operação e manutenção. Sendo assim, os custos com a administração são 15% da soma dos custos com reparo e manutenção, custos com salários e com o custo do seguro do casco (FILHO e MORAES, 2010).

Foi calculado também para cada cenário, o custo com combustíveis e lubrificantes por viagem.

2.4.1.3 Dados financeiros

A taxa mínima de atratividade considerada foi baseada na taxa Selic (10,9%) (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2014) e a taxa de crescimento anual considerada, aplicada a demanda, foi de 3%, um crescimento aproximadamente igual ao do PIB.

2.4.2 Cenários

A criação de cenários prospectivos é uma ferramenta útil neste estudo, pois auxilia a visão de longo prazo neste ambiente de grande incerteza. Desta forma, os cenários desenvolvidos para o entendimento e o estudo do empreendimento, assim como a demanda, foram divididos em três: conservador, intermediário e otimista.

Dentro de cada cenário foram avaliadas possíveis alternativas de investimentos governamentais para a viabilização do empreendimento (construção das embarcações e de dois terminais) e, ainda, subsidiando um percentual do custo operacional do transporte (0%, 10%, 20%, 25% e 30%). Nos subitens a seguir, serão apresentadas as diferenças existentes para cada cenário proposto.

2.4.2.1 Cenário I – Cenário Conservador

Na concepção do Cenário I foram consideradas as seguintes características para a implantação do serviço de barcas:

- Demanda conservadora;
- 10 Embarcações Tipo I;
- Tarifa aplicada: a mesma do ônibus convencional (R\$ 3,00) (RIOCARD, 2014).

2.4.2.2 Cenário II – Cenário Intermediário

Na concepção do Cenário II foram consideradas as seguintes características para a implantação do serviço de barcas:

- Demanda intermediária;
- 12 Embarcações Tipo I;
- Tarifa aplicada: a mesma da CCR Barcas no trajeto Praça XV- Cocotá (R\$ 4,80) (CCR BARCAS, 2014).

2.4.2.3 Cenário III – Cenário Otimista

Na concepção do Cenário III foram consideradas as seguintes características para a implantação do serviço de barcas:

- Demanda otimista;
- 09 Embarcações Tipo II;
- Tarifa aplicada: a mesma do ônibus convencional (R\$ 3,00) (RIOCARD, 2014).

2.4.3 Fluxo de caixa

Visando o cálculo da viabilidade econômica do empreendimento, o fluxo de caixa foi projetado com base nas receitas e despesas do investidor, em bases anuais, por um prazo de 30 anos. Considerou-se que as receitas serão todas produzidas pelo pagamento das tarifas.

As despesas de capital são fruto de investimentos com as obras nos terminais e aquisições dos veículos (embarcações). As despesas correntes constituem-se dos dispêndios com reparo e manutenção, pessoal administrativo e de operação, combustível etc. Foram consideradas, ainda, as despesas financeiras, tais como juros, e as despesas fiscais como taxas e impostos.

O fluxo de caixa é a estrutura sobre a qual são feitas as análises financeiras e, por isso, vale salientar, que uma vez que o fluxo de caixa é construído sobre hipóteses e projeções, não há garantia de que os resultados a serem obtidos na exploração dos serviços serão aqueles encontrados em quaisquer dos estudos, presentes ou futuros.

A seguir, serão apresentados os resultados dos fluxos de caixa de cada cenário, considerando as alternativas de investimento e subsídio governamental.

2.4.3.1 Cenário I – Cenário Conservador

Para o cenário conservador, foram realizadas seis alternativas, onde houve ou não investimento governamental (0% ou 100%) na infraestrutura dos terminais e na aquisição de todas as embarcações necessárias para o transporte de toda a demanda prevista durante 30 anos de operação. Composto ainda as alternativas, foi realizada uma variação (0%, 10%, 20%, 25% e 30%) na porcentagem de subsídio do governo no custo operacional.

Com o Cenário I montado, foram calculadas para cada alternativa o Valor Presente Líquido (VPL) e a sua Taxa Interna de Retorno (TIR). Foi também calculado nas alternativas A1 e A2, o valor da tarifa da embarcação que zera o VPL, ou seja, o *Breakeven Point* (BEP) ou o Ponto de Equilíbrio. Todos esses valores estão apresentados na Tabela 5. Cabe ressaltar que não existe a TIR em algumas alternativas, pois todo o fluxo de caixa foi menor que zero.

Tabela 5: Resumo do fluxo de caixa do Cenário I

Alternativas	Investimento do Governo	Subsídio operacional	VPL	TIR	BEP
A1	0%	0%	-R\$ 54.924.455,83	∅	R\$ 6,52
A2	100%	0%	-R\$ 24.098.457,18	∅	R\$ 4,66
A3	100%	10%	-R\$ 14.910.677,68	∅	Não verificado
A4	100%	20%	-R\$ 5.546.143,41	0,00	Não verificado
A5	100%	25%	-R\$ 798.598,32	0,09	Não verificado
A6	100%	30%	R\$ 3.959.502,97	0,29	Não verificado

A Figura 4 é uma representação gráfica do VPL do Cenário I em suas seis alternativas, variando-se investimento e subsídio operacional.

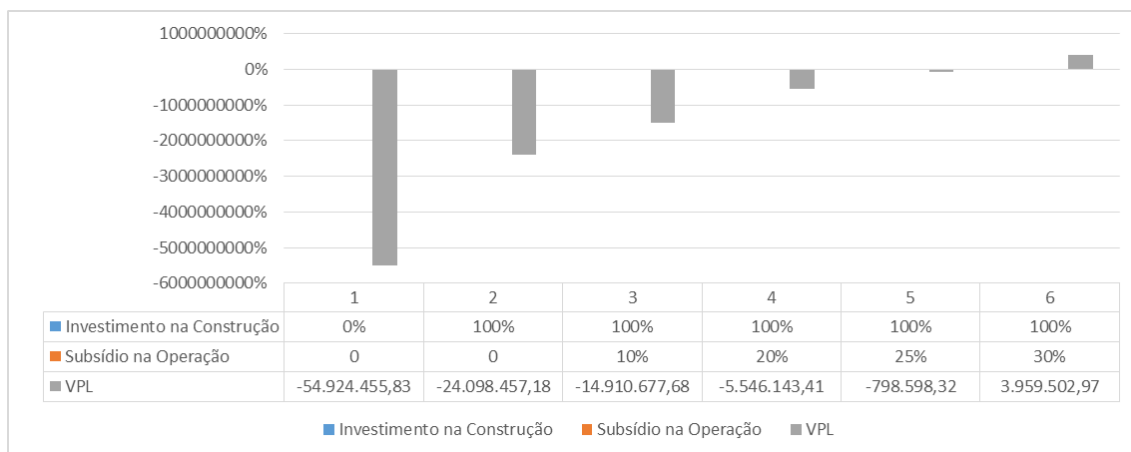


Figura 4: Variação do VPL por alternativas

2.4.3.2 Cenário II – Cenário Intermediário

Para o cenário intermediário, foram realizadas seis alternativas, onde houve ou não investimento governamental (0% ou 100%) na infraestrutura dos terminais e na aquisição de todas as embarcações necessárias para o transporte de toda a demanda prevista durante 30 anos de operação. Composto ainda as alternativas, foi realizada uma variação (0%, 10%, 20%, 25% e 30%) na porcentagem de subsídio do governo no custo operacional.

Com o Cenário II montado, foram calculadas para cada alternativa o Valor Presente Líquido (VPL) e a sua Taxa Interna de Retorno (TIR). Foi também calculado nas alternativas A1 e A2, o valor da tarifa da embarcação que zera o VPL, ou seja, o *Breakeven Point* (BEP) ou o Ponto de Equilíbrio. Todos esses valores estão apresentados na Tabela 6. Cabe ressaltar que não existe a TIR em algumas alternativas, pois todo o fluxo de caixa foi maior que zero.

Tabela 6: Resumo do fluxo de caixa do Cenário II

Alternativas	Investimento do Governo	Subsídio operacional	VPL	TIR	BEP
A1	0%	0%	-R\$ 23.598.365,25	0,03	R\$ 5,95
A2	100%	0%	R\$ 10.125.169,48	∅	R\$ 4,25
A3	100%	10%	R\$ 21.544.463,34	∅	Não verificado
A4	100%	20%	R\$ 34.456.537,48	∅	Não verificado
A5	100%	25%	R\$ 41.007.230,68	∅	Não verificado
A6	100%	30%	R\$ 47.557.923,88	∅	Não verificado

A Figura 5 é uma representação gráfica do VPL do Cenário II em suas seis alternativas, variando-se investimento e subsídio operacional.

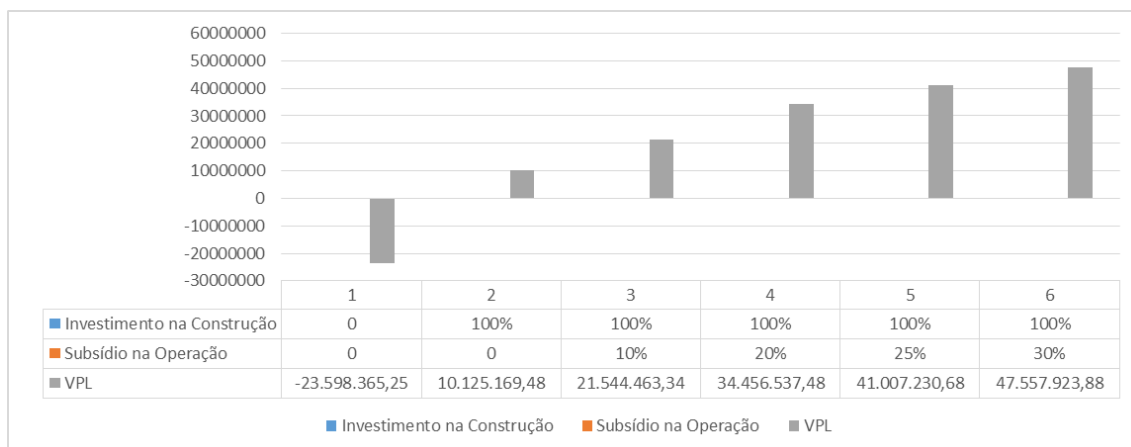


Figura 5: Variação do VPL por alternativas

2.4.3.3 Cenário III – Cenário Otimista

Para o cenário otimista, foram realizadas seis alternativas, onde houve ou não investimento governamental (0% ou 100%) na infraestrutura dos terminais e na aquisição de todas as embarcações necessárias para o transporte de toda a demanda prevista durante 30 anos de operação. Composto ainda as alternativas, foi realizada uma variação (0%, 10%, 20%, 25% e 30%) na porcentagem de subsídio do governo no custo operacional.

Com o Cenário III montado, foram calculadas para cada alternativa o Valor Presente Líquido (VPL) e a sua Taxa Interna de Retorno (TIR). Foi também calculado nas alternativas A1 e A2, o valor da tarifa da embarcação que zera o VPL, ou seja, o *Breakeven Point* (BEP) ou o Ponto de Equilíbrio. Todos esses valores estão apresentados na Tabela 7. Cabe ressaltar que não existe a TIR em algumas alternativas, pois todo o fluxo de caixa foi maior que zero.

Tabela 7: Resumo do fluxo de caixa do Cenário III

Alternativas	Investimento do Governo	Subsídio operacional	VPL	TIR	BEP
A1	0%	0%	-R\$ 68.501.738,06	-0,09	R\$ 5,12
A2	100%	0%	-R\$ 17.679.123,34	-0,03	R\$ 3,59
A3	100%	10%	-R\$ 3.672.634,16	0,07	Não verificado
A4	100%	20%	R\$ 10.510.591,48	0,33	Não verificado
A5	100%	25%	R\$ 17.961.189,93	∄	Não verificado
A6	100%	30%	R\$ 25.748.728,16	∄	Não verificado

A Figura 6 é uma representação gráfica do VPL do Cenário III em suas seis alternativas, variando-se investimento e subsídio operacional.

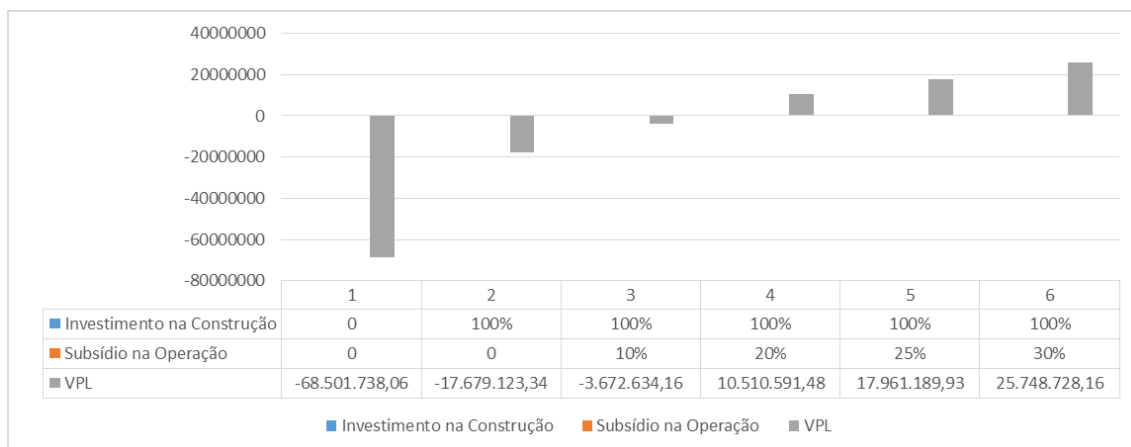


Figura 6: Variação do VPL por alternativas

2.5 Considerações sobre o EVTE para o item 2

Foram realizados cenários com a possibilidade de intervenção do governo com a finalidade de viabilizar o investimento. Como foi visto, a intervenção do governo é determinante nestes casos. A inclusão desta alternativa de transporte pode ser estudada de forma conjunta com o sistema de Barcas existentes na Baía de Guanabara. Todavia, não foi levantada a demanda do sistema de Barcas nem a frota existente para atender a situação atual.

Um estudo de viabilidade de adequação do sistema de Barcas da Bahia de Guanabara poderá viabilizar o investimento para construir a ligação aquaviária entre a Ilha do Fundão e Botafogo, diminuindo a parcela de investimento do governo ou tornando o projeto mais atrativo para investidores. A diminuição da necessidade de investimento por parte do governo pode representar de forma indireta o risco do investimento pela incerteza da demanda.

Uma característica que complicou a viabilidade econômica da ligação aquaviária estudada foi a pouca demanda nos horários fora do horário de pico, o que, novamente, pode ser minimizado com o aproveitamento das embarcações em outras ligações dentro da Bahia de Guanabara.

Foi observada, nas referências buscadas, uma variação nos preços das embarcações consideradas (diferentes valores para o mesmo tipo de embarcação) que deve ser tratada com cuidado, pois a variação deste valor pode modificar as análises financeiras realizadas.

3. LINHA CIRCULAR DE VEÍCULO LEVE SOBRE TRILHO (VLT) NA ILHA DO FUNDÃO COM CONEXÃO COM A REGIÃO DO PORTO MARAVILHA

Neste item serão apresentadas as análises realizadas para verificação da viabilidade técnica e econômica para implantação de linha circular de Veículo Leve sobre Trilho (VLT) na Ilha do Fundão com conexão com a região do Porto Maravilha.

3.1 Características da demanda

A demanda foi estimada, primeiramente, com base na distribuição de passageiros entre os pontos dos ônibus de circulação interna a Ilha do Fundão, realizada através de uma pesquisa “sobe-desce”, onde se quantifica o número de passageiros que, em cada ponto, desembarca e embarca em um veículo, conforme a Figura 7.

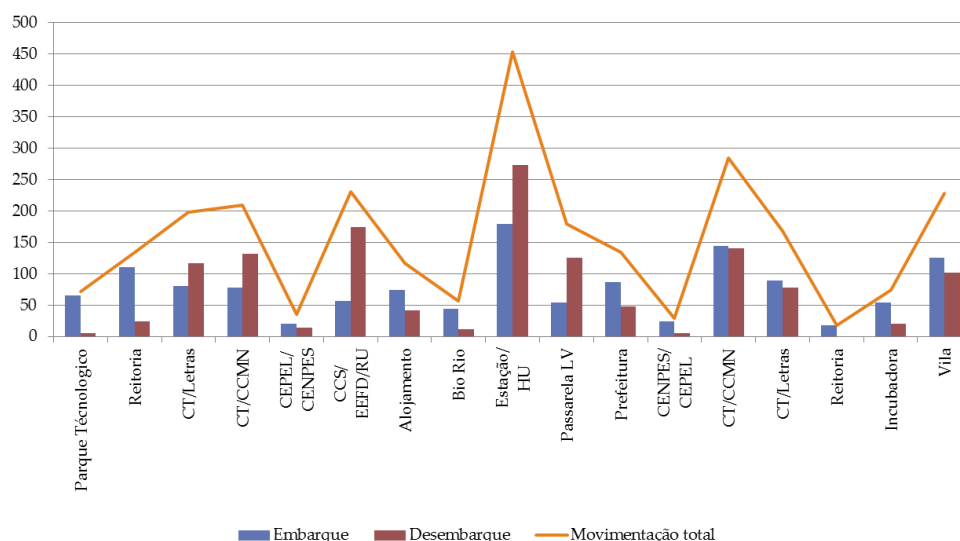


Figura 7: Perfil de embarques e desembarques nos pontos internos da Ilha do Fundão.

De outra forma, foram avaliados também os dados da pesquisa de origem e destino, onde se apurou que cerca de 17.200 viagens/dia tinham destino/origem na Ilha do Fundão, caracterizando uma demanda por um fluxo pendular a partir da Rodoviária Novo Rio e com destino na Estação do BRT-Transcarioca, considerando-se também os fluxos oriundos das viagens dos ônibus fretados contratados pelas empresas que tem suas atividades na Ilha do Fundão e também no estaleiro Inhaúma, localizado no bairro do Cajú, conforme exposto na Figura 8.

Entretanto, para fins de projeto do traçado e perfis de velocidade, o número de estações e paradas foi reduzido. O carregamento das estações da linha do VLT no sentido Rodoviária Novo Rio para a Estação do BRT-Transcarioca pode ser observado na Figura 9.

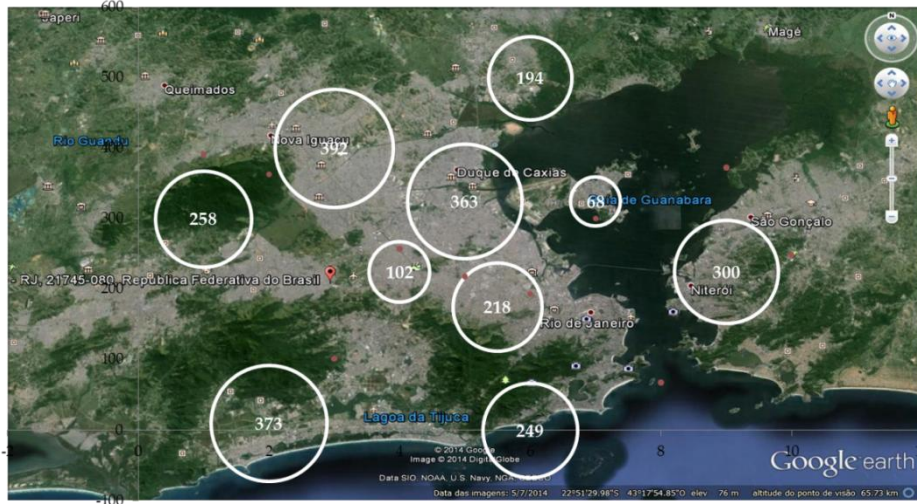


Figura 8: Localização e magnitude dos fluxos de passageiros de ônibus fretados pelas empresas com destino a Ilha do Fundão.

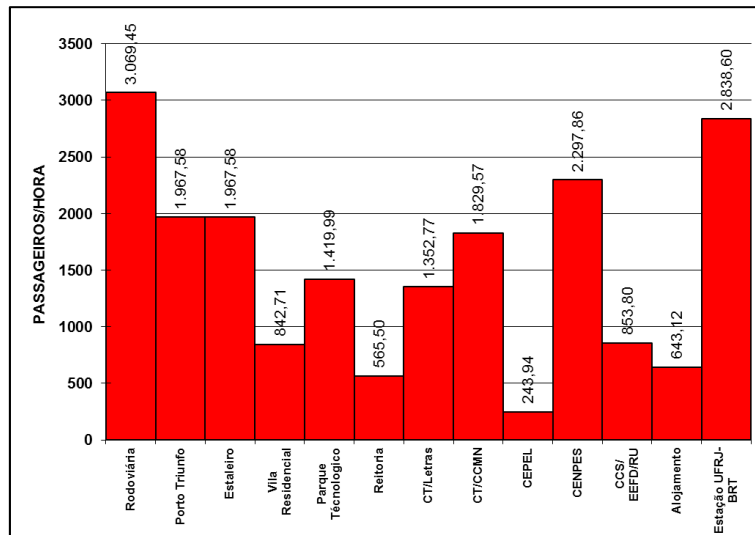


Figura 9: Perfil de carregamento da linha do VLT no sentido da Rodoviária Novo Rio para a Estação BRT-Transcarioca no período de pico.

De acordo com Vuchic (2007 p.157), diferentes padrões de conforto podem ser adotados para veículos de diferentes configurações, com diferentes frequências de serviço, sendo a máxima lotação aceitável de 6 pass/m², com uma média de 3,5 a 4 pass/m², conforme Figura 10, que pode ser determinada pela equação (5).

$$c_v = \frac{h_p D_i}{60} \left(\frac{m}{A_n} \left(1 - \frac{\rho}{\sigma} \right) + \frac{1}{\sigma} \right) \quad (5)$$

Onde:

c_v – capacidade do veículo, [espaços/m²]

h_p – headway do período de pico do serviço, [min]

D_i – demanda no período de pico na estação i , [passageiros]

m – configuração do veículo, [espaços/veíc.]

A_n – área utilizável do veículo [$\text{m}^2/\text{veíc.}$]

ρ – área alocada para cada assento [$\text{m}^2/\text{espaço} = 0,30$]

σ – espaço ocupado por um passageiro em pé [$\text{m}^2/\text{espaço} = 0,20$]

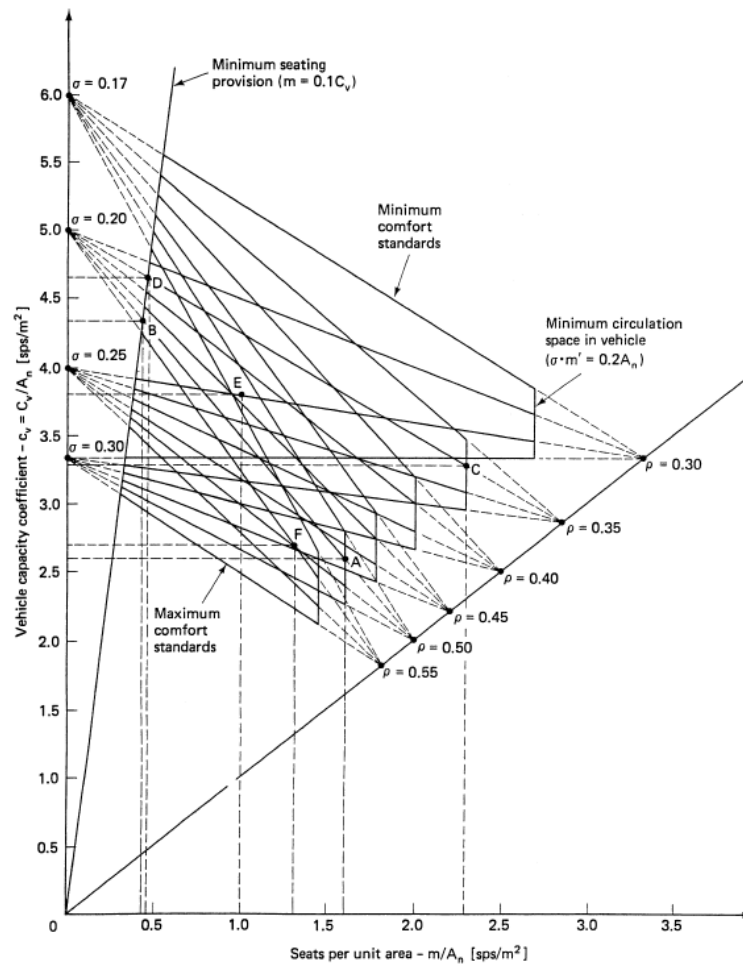


Figura 10: Capacidade do veículo para vários padrões de conforto (Vuchic, 2007).

Com base nos dados da demanda por estações, foi possível por meio da equação (5) determinar o perfil de ocupação do sistema em cada uma das estações, conforme Figura 11.

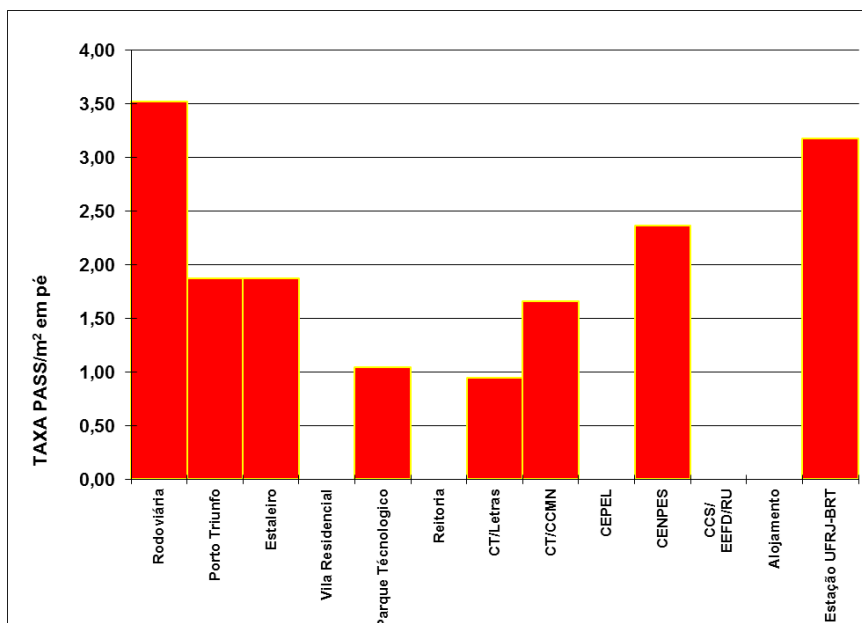


Figura 11: Perfil da taxa de pass/m² em cada uma das estações da linha do VLT.

3.2 Traçado e tecnologias avaliadas

Inicialmente foi estabelecido um traçado para a linha do VLT interna a Ilha do Fundão, cobrindo os principais pontos de demanda por passageiros, identificados pelas pesquisas referenciadas anteriormente, e foi determinado o traçado que melhor se adequasse as necessidades de deslocamento dos passageiros (Vancouver Working Group, 2006); esse traçado, de comprimento 5,6 km com 4 estações e 6 paradas, pode ser observado na Figura 12.

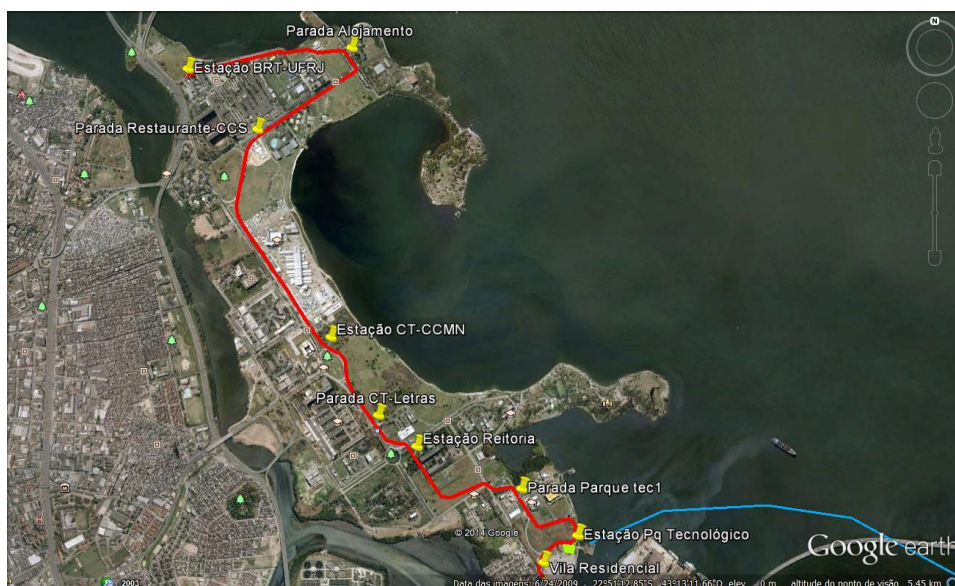


Figura 12: Traçado interno da Ilha do Fundão da linha do VLT.

No entanto, para se estabelecer um sistema integrado de transportes, onde os passageiros oriundos da Rodoviária Novo Rio e com destino a esta, foi elaborada uma

extensão do traçado a partir da estação da Vila Residencial, com mais 6 km e 2 paradas intermediárias antes de se chegar a rodoviária, promovendo a integração com o sistema do VLT do Porto Maravilha, conforme a Figura 13 (Porto Maravilha, 2014).

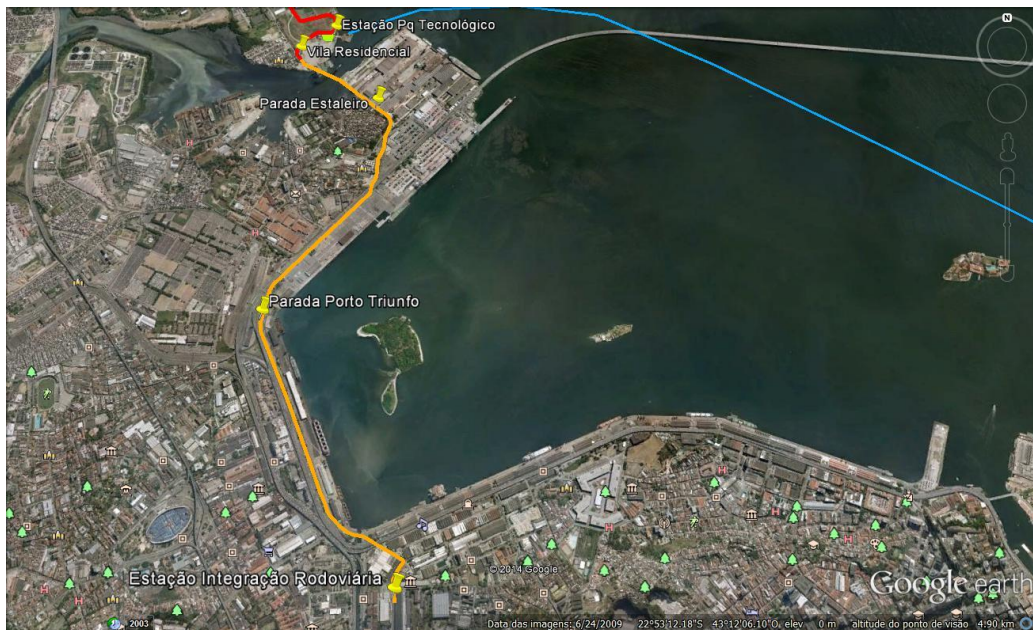


Figura 13: Extensão da linha do VLT da Ilha do Fundão até a Rodoviária Novo Rio.

A inserção viária do traçado do VLT segue o principal eixo da Cidade Universitária e procura conviver harmoniosamente com os outros modos de transporte que por ali circulam, como ônibus e carros particulares, sem, contudo, alterar sobremaneira as características urbanísticas existentes, conforme Figura 14.

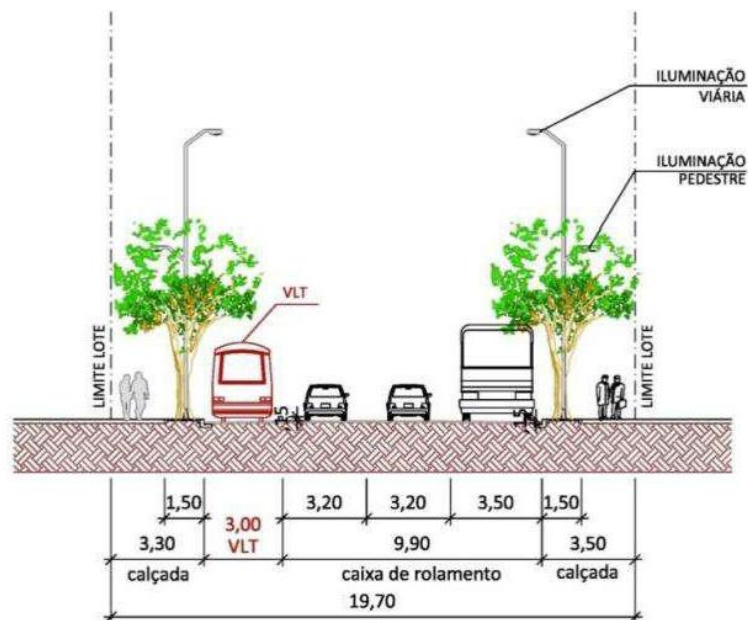


Figura 14: Inserção viária do VLT.

3.3 Desenho operacional

Para o desenho operacional e dimensionamento da frota necessária, foram levantadas informações operacionais do serviço proposto: a velocidade média estimada, a extensão de cada trecho considerado, a quantidade de estações intermediárias, o tempo gasto nas paradas em estações intermediárias (considerando a desaceleração, o tempo de porta aberta e a retomada da aceleração) e nas estações de ponta, a demanda diária e de pico e a capacidade de transporte dos veículos, características idênticas com o sistema que atenderá o projeto do Porto Maravilha, conforme a Tabela 8.

Tabela 8: Características técnicas dos carros do VLT

Características	CITADIS - Alstom
Velocidade máxima	70 km/h
Aceleração de partida	1,20 m/s ²
Freio de serviço	1,35 m/s ²
Sistema de tração	750 kW
Sistema de energia auxiliar	110 kW – 380 V.ca
Peso total (sem carga)	55 t
Peso máximo por eixo	12.000 kg
Comprimento	30 m
Bitola	1,435 m
Altura da plataforma (a partir do boleto)	0,350 m
Número de portas	2 portas/carro
Vão das portas	1,3 m
Nº de passageiros/módulo (sentados + em pé)	215

O modelo CITADIS já opera em cerca de 40 cidades ao redor do mundo, transportando cerca de 5,3 bilhões de passageiros por ano em trajetos que somam 450 milhões de km (Alstom Transport, 2014), conforme Figura 15.

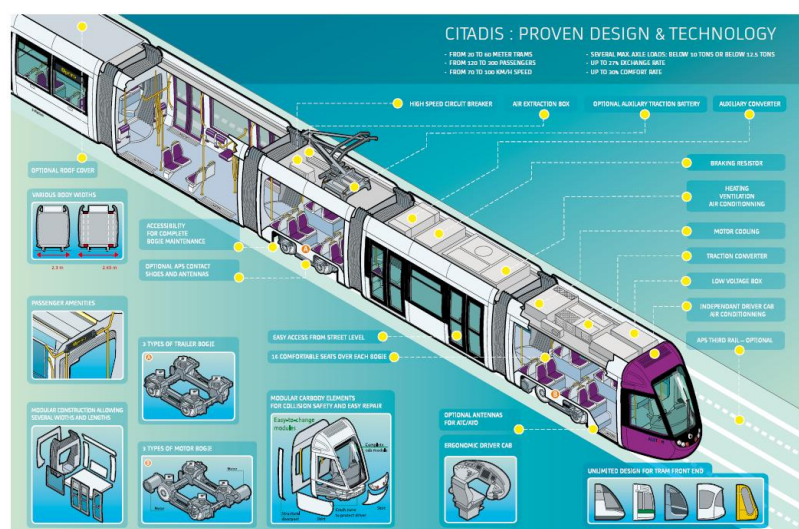


Figura 15: Modelo de VLT Citadis (Alstom Transport, 2014).

3.4 Dados de entrada

Os dados de entrada para o planejamento operacional do sistema estão descritos na Tabela 9.

Tabela 9: Parâmetros operacionais do sistema VLT

Extensão da linha	L	11.500,00	m
Distância entre estações	D	625,00	m
Manobra, estação inicial	t_i	180	s
Manobra, estação final	t_f	180	s
Parada nas estações	t_p	15	s
Velocidade max	VL	19,44	m/s
Velocidade cruzeiro	VC	12,50	m/s
Aceleração	a	1,20	m/s ²
Frenagem	b	1,35	m/s ²
Largura carro	Wd	2,40	m
Comprimento carro	Lg	30,0	m
Demanda no Pico	$DTTP$	3.069	pass

Sejam a e b , os módulos da aceleração e desaceleração (frenagem) respectivamente, o perfil da velocidade de cruzeiro, VC , i.e., a máxima atingida entre os deslocamentos, é regido pela equação 6.

$$VC = VL \left(1 - e^{-t/\tau}\right) \quad (6)$$

Onde $\tau = VL/a$, e t é o tempo de deslocamento. A Figura 16 ilustra a velocidade máxima atingida, dado um espaçamento entre paradas de 635 m.

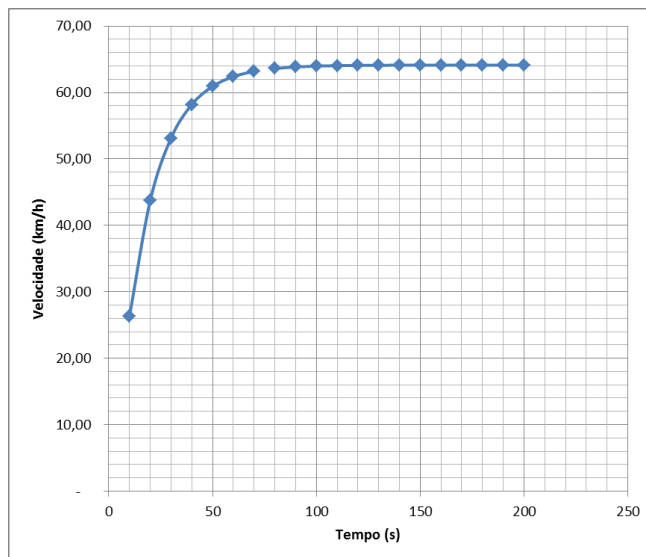


Figura 16: Velocidade máxima atingida para um espaçamento entre estações de 625 m.

Portanto, o tempo necessário para atingir VC a partir do ponto de parada é dado pela equação 7.

$$t_a = \frac{VC}{a} \quad (7)$$

Onde VC é medida em m/s e t_a em segundos.

A distância correspondente, percorrida desde o repouso até o instante t_a em que o veículo atinge a velocidade VC , é dada pela fórmula de Bernoulli (Equação 8).

$$d_a = \frac{VC^2}{2a} \quad (8)$$

Analogamente, na frenagem, em que o veículo está inicialmente com uma velocidade VC e atinge uma condição de velocidade nula (parada) é dada pelas equações 9 e 10.

$$t_b = \frac{VC}{b} \quad (9)$$

$$d_f = \frac{VC^2}{2b} \quad (10)$$

A distância média entre paradas igual a 625 m permite que o espaçamento entre paradas seja suficiente para que o veículo atinja a velocidade de cruzeiro e pode ser verificada pela equação 11.

$$d_a + d_f \leq D \quad (11)$$

Nesse caso a composição de carros percorre uma distância d_{VC} na velocidade de cruzeiro, dada pela equação 12.

$$d_{VC} = D - (d_a + d_f) \quad (12)$$

Sendo o respectivo tempo de percurso dado pela equação 13.

$$t_{VC} = \frac{d_{VC}}{VC} \quad (13)$$

Dessa forma o tempo de movimentação da composição entre duas paradas consecutivas é igual à soma dos tempos referidos anteriormente (Equação 14).

$$t_d = t_a + t_b + t_{VC} \quad (14)$$

Sendo L a extensão da linha do VLT, o percurso total de um ciclo (ida e volta) é igual a $2L$. Sabendo-se que D é o espaçamento entre paradas o número total de deslocamentos elementares é dado pela equação 15.

$$ND = \left\lceil \frac{2L}{D} \right\rceil \quad (15)$$

E o número de paradas intermediárias (excluindo-se os pontos inicial e final) é igual ao número de deslocamentos elementares menos 2 (Equação 16).

$$NP = ND - 2 \quad (16)$$

Sendo então o tempo de ciclo TC dado pela equação 17:

$$TC = t_i + t_p NP + t_d ND + TR \times 2L + t_f \quad (17)$$

Onde, TR é um tempo devido a interferências de sinalização ou tráfego na linha do VLT ($TR = 5$ min).

Os resultados da simulação para a variação da distância entre as paradas podem ser observados na Tabela 10 e na Figura 17.

Tabela 10: Resultados da variação paramétrica do espaçamento entre pontos de parada no tempo de ciclo.

Distância entre estações	(m)	460	575	767	1.150	2.300
Tempo de Ciclo	(min)	35,278	32,144	28,907	25,415	20,901
Velocidade Comercial	(km/h)	39,12	42,93	47,74	54,30	66,02
Velocidade Máxima	(km/h)	56,74	62,49	67,08	69,56	70,00
Headway	(min)	35,3	32,1	28,9	25,4	20,9

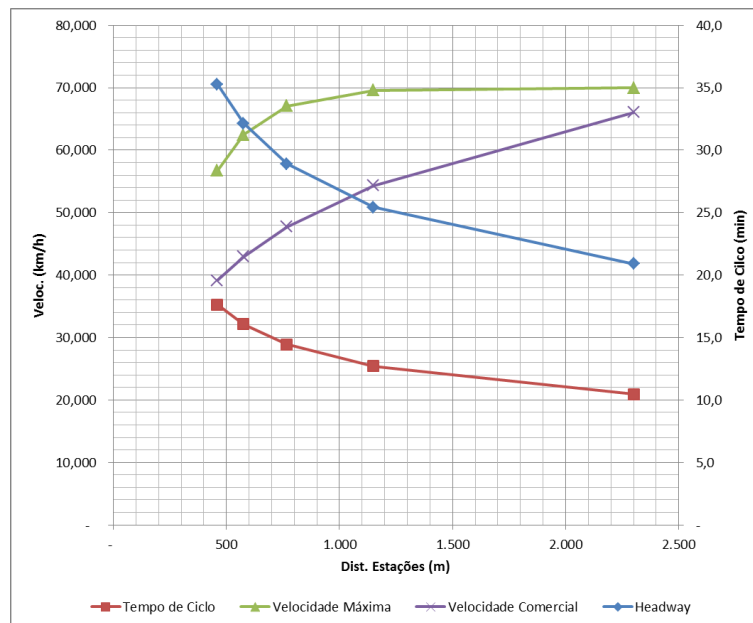


Figura 17: Gráfico da variação paramétrica da distância média entre paradas e sua influência no TC e na VMC.

Em suma, o tempo de ciclo corresponde ao tempo no qual o veículo está comprometido com uma determinada viagem. Para o serviço proposto o tempo de ciclo completo é de 31,98 minutos, ou seja, o tempo necessário para a composição sair de sua estação inicial, realizar embarques e desembarques nas estações intermediárias e chegar na estação de destino, e estar pronto para realizar a próxima viagem de retorno.

3.5 Cálculo da frota efetiva

A frota efetiva corresponde à quantidade de veículos necessária para operação da linha ao longo de um dia útil, considerando o horário de pico onde existe a maior demanda e consequentemente a maior oferta de horários, representando, assim, o horário em que todos os veículos estão em operação (sem considerar frota reserva).

A frota efetiva (básica), FE , no período de pico depende da duração do intervalo entre viagens, o headway, H , do tempo de ciclo (ida+volta), TC , e dos intervalos entre viagens, $ITVP$, do período de pico e do período fora do pico, $ITVFP$, que foi considerado igual ao tempo de ciclo. Portanto a frota efetiva básica é dada pela expressão (18).

$$FE = \frac{H}{ITVP} + \frac{TC-H}{ITVFP} \quad (18)$$

Ressalte-se que os tempos de percurso na ferrovia são obtidos a partir de velocidades estimadas para cada situação, o que pode levar a valores fracionados; esses valores não são arredondados durante o processo de cálculo, apenas no final, na determinação da frota operante, quando o arredondamento é feito para cima.

Inicialmente, para cálculo da frota efetiva, é necessário conhecer o intervalo entre as viagens ($ITVP$), dividindo-se a faixa horária do pico (60 minutos) pelo número de viagens no pico (NVP), $ITVP = 60/NVP$, onde o NVP corresponde a quantidade de viagens necessárias para atender a demanda no horário de pico no trecho mais carregado ($DTTP$). Para isso deve-se conhecer essa demanda e a capacidade (CAP) dos veículos que irão transportar essa demanda (Equação 19).

$$NVP = DTTP/CAP. \quad (19)$$

Para o cálculo headway mínimo teórico, foi avaliada a demanda, $DTTP$, e também a capacidade da composição, bem como os tempos necessários para deslocamento e manobras, nas estações inicial e final (Equação 20).

$$H_{min} = 3600 * NC * \frac{CAP}{DTTP} + TD + TM_i + TM_f \quad (20)$$

Tabela 11: Cálculo da frota efetiva básica

	Demanda passageiros pico	Tempo de ciclo	Nº viagens no pico	Intervalo de viagens no Pico	Frota Efetiva Basica
Cenários	DTTP	TC	NVP	ITVP	FE
Otimista (+20%)	3.683	31,98	5,71	10,51	4
Médio	3.069	31,98	4,76	12,61	3
Conservador (-20%)	2.456	31,98	3,81	15,76	3

3.6 Caracterização da oferta do serviço

O veículo considerado para operar na região, o CITADIS (Figura 10), tem capacidade

para transportar 215 passageiros, numa composição de carros básica.

Uma jornada diária de operação dura em torno de 18 horas, com 2 picos de 1 hora e 16 horas fora do pico. Para cálculo do número de viagens diárias em ambos os sentidos (NVD) considera-se o número de viagens no pico (NVP) e o número de viagens fora dos horários de pico (NVFP). Para o cálculo das viagens fora do pico considera-se o intervalo máximo admissível entre as viagens (ITVFP), estipulado em 32 minutos e a jornada diária fora do pico (JDFP), no caso, de 16 horas conforme resultado da aplicação das equações 21 e 22.

$$NVD = 2 * (NVP + NVFP) \quad (21)$$

$$NVFP = JDFP * \frac{32}{ITVFP} \quad (22)$$

Para cálculo do número de viagens semanais foram considerados os 5 dias úteis com o mesmo número de viagens, o sábado com uma média de 75% e o domingo 25% das viagens de um dia útil.

Para cálculo do número de viagens anuais (NVA) foi considerado o ano com 365,25 dias que, dividindo-se por 7 (dias/semana), tem-se 1 ano com 52,18 semanas.

Para o cálculo da oferta de lugares por dia (**OFD**) e por ano (**OFA**) foi feita a multiplicação do número de viagens no período pela capacidade dos veículos (Equações 23 e 24).

$$OFD = NVD \times CAP \quad (23)$$

$$OFA = NVA \times CAP \quad (24)$$

Tabela 12: Cálculo da Oferta de lugares por dia e por ano.

	Nº viagens no pico	Nº viagens diárias	Nº viagens ano	Oferta de lugares por dia	Oferta de lugares anuais
Cenários	NVP	NVD	NVA	OFD	OFA
Otimista (+20%)	5,71	71,46	26.082	15.363	5.607.620
Médio	4,76	69,55	25.387	14.954	5.458.240
Conservador (-20%)	3,81	67,65	24.692	14.545	5.308.860

O percurso médio anual (**PMA** = km/veículo.ano) consiste na quantidade de quilômetros produzidos anualmente (**KMA**) por veículo da frota efetiva (**FE**). Essa quilometragem é obtida multiplicando-se o número de viagens no mesmo período pela extensão da linha (**L**) (Equações 25 e 26).

$$PMA = \frac{KMA}{FE} \quad (25)$$

$$KMA = NVA \times L \quad (26)$$

Tabela 13: Cálculo do percurso médio anual.

	Extensão	Nº viagens ano	Km média anual	Frota Necessária	Percurso médio anual
Cenários	L	NVA	KMA	FE	PMA
Otimista (+20%)	11,5	26.082	599.885	4	149.971
Médio	11,5	25.387	583.905	3	194.635
Conservador (-20%)	11,5	24.692	567.925	3	189.308

3.7 Parâmetros e formulas de custos

Os parâmetros de custos de implantação, operação e manutenção, são derivados dos dados e características operacionais da frota e do nível de serviço planejado para o sistema.

Para tanto, os seguintes parâmetros foram avaliados para se estabelecer o nível de serviço inicial para o sistema:

- Demanda de Passageiros no Horário de Pico;
- Nº de Carros por composição;
- Nº de Passageiros por composição (capacidade);
- Headway no pico;
- Tempo de Ciclo;
- Nº de Viagens Pico;
- Intervalo de Viagens no Ciclo (teórico);
- Frota Efetiva Básica;
- Oferta de lugares anuais.

As componentes de custos que são derivados dos parâmetros operacionais acima, foram obtidas através de um documento utilizado pelo NewRail®, Newcastle University Centre for Rail Research. Essas componentes podem ser vistas na Tabela 8.

Tabela 14: Componentes de Custo

Componente de Custo	Notação	Valor Referência
Custos de Implantação	CIMP	$R\$ 15.160.000 * L + N^{\circ} \text{ pontes} * R\$ 69.000.000$
Custos de Aquisição de Veículos	CAV	$R\$ 13.640.000 * FE$
Custos de Manutenção da Rota	CMR	$R\$ 436.000 * FAF * (1 + FAH)$
Custos de Manutenção dos Veículos	CMV	$R\$ 15,2 * KMA * FAF$
Custos da Tripulação	CTR	$R\$ 1.538.800 * FAF$
Custo da Eletricidade	$CEL = \text{PreçoEletric} * \text{Consumo/km} * KMA$	$R\$ 0,99 * 5,1 * KMA * FAH$

Gastos Gerais	Gastos Gerais de Administração, etc
----------------------	--

Para se ter em conta os aumentos de frequência de trens e o aumento da demanda de passageiros, dois parâmetros de ajuste percentuais foram definidos, o Fator de Aumento da Frota, FAF, e o Fator de Aumento da Frequência, FAH, relacionado a diminuição do headway, conforme equações 27 e 28.

$$FAF = \left(\frac{FE_j - FE_i}{FE_i} \right) \quad (27)$$

$$FAH = 1 + \left(\frac{H_j - H_i}{H_i} \right) \quad (28)$$

De acordo com dados obtidos na página eletrônica do MetroRio¹, a tarifa básica tem um histórico de evolução de aproximadamente 10% a cada biênio, e que a evolução da demanda segue uma razão de 4% a.a., conforme ilustrado na Figura 18.

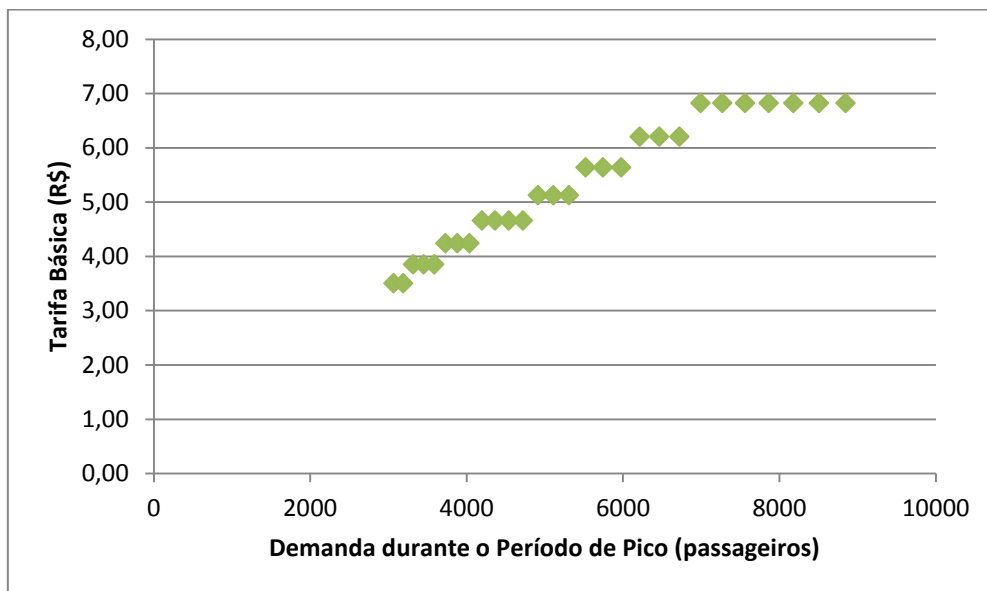


Figura 18: Evolução da demanda de passageiros e a tarifa básica prevista.

3.8 Análise econômica

Para se levar a cabo o empreendimento, foi utilizado os padrões de financiamento previstos nas operações financiadas pelo BNDES, isto é, uma carência, um custo de empréstimos nulo, e um período para pagamentos das parcelas do empréstimo, conforme a Tabela 15.

Os componentes financiados na avaliação do investimento foram os custos com a implantação, CIMP, isto é, via permanente, eletrificação, estações, oficinas e terminais, e também os custos de aquisição da frota inicial, CAV, que compreendem os veículos e itens de manutenção dos mesmos, e que foram parcelados nos dois anos iniciais do empreendimento.

¹ www.metrorio.com.br/content/pdf/Relatorio-Anual-Invepar-RA-2013.pdf

Tabela 15: Características do empréstimo do financiamento do sistema de VLT.

Componente do Empréstimo	Parâmetro
Montante Financiado pelo BNDES	R\$178.740.000,00
Parcela do Montante Financiado	60%
Carência para início dos pagamentos	3 anos
Custos do empréstimo	8%a.a.
Período de pagamento	20 anos
Sistema de amortização	Sistema Price

A taxa mínima de retorno do investimento foi parametrizada tomando-se por base a taxa SELIC publicada pelo Banco Central do Brasil para o mês de julho de 2014, i.e., a SELIC=11%a.a.

Na Tabela 16, podem ser verificados os resultados do financiamento para a implantação do VLT na Ilha do Fundão.

Tabela 16: Resumo dos resultados financeiros do empreendimento do VLT na Ilha do Fundão.

Total de Investimentos	R\$ 297.900.000
Taxa de Desconto (SELIC)	11%a.a.
Valor Presente Líquido	R\$ -50.281907,00
Taxa de Retorno Interna (TRI)	7%
Montante de Empréstimos	R\$178.740.000,00
Prazo de Amortização (PayBack) anos	

Na Figura 19, pode-se verificar a evolução financeira ao longo dos 27 anos planejados para a operação do sistema dentro dos parâmetros previstos inicialmente.

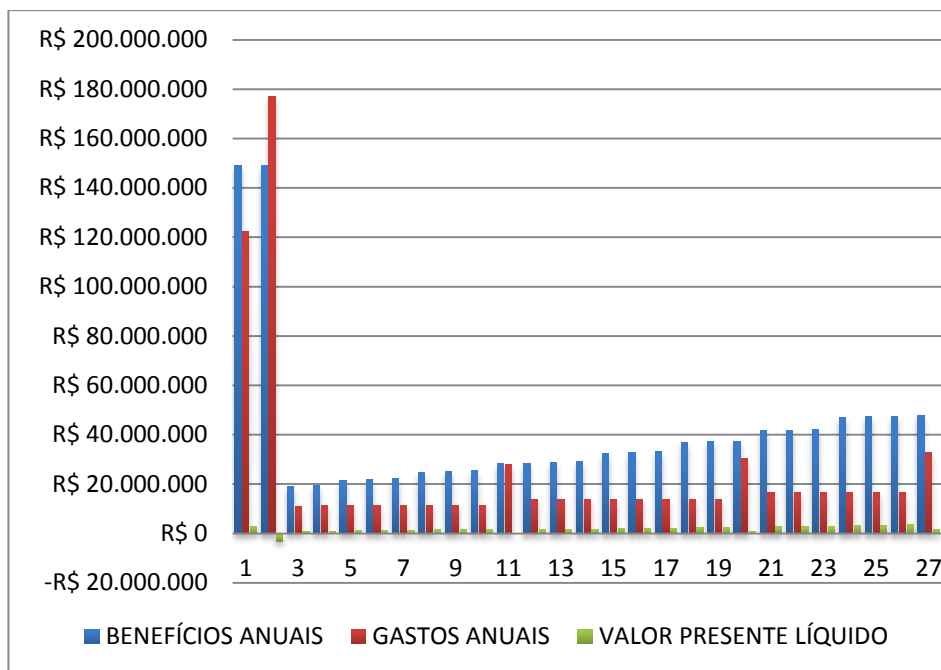


Figura 19: Evolução financeira do empreendimento ao longo dos anos de operação.

3.9 Análise de cenários quanto à viabilidade financeira

A seguir, serão apresentados os resultados dos fluxos de caixa de cada cenário, considerando as alternativas de investimento e subsídio governamental.

No cenário I, não foi considerado um investimento governamental para construção da infraestrutura dos terminais e na aquisição dos veículos necessários para o transporte de toda a demanda prevista durante 30 anos de operação. No cenário II considerou um investimento governamental de 25%. No cenário III considerou-se um investimento governamental de 50% e no cenário IV considerou-se um investimento governamental de 100%.

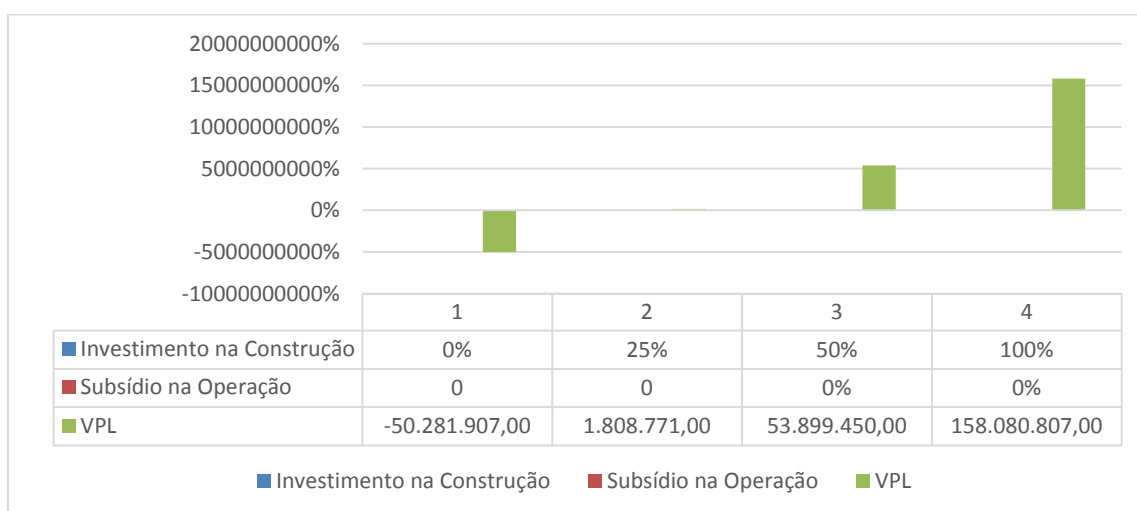


Figura 20: Variação do VPL por cenários

O sistema de VLT que ligará a Ilha do Fundão a região portuária do Rio de Janeiro, mais especificamente, a sua integração com o VLT do Porto Maravilha e a Rodoviária NovoRio, a partir do cenário II, se mostrou viável tendo em vista que a partir desse percentual verificou-se um VPL positivo.

3.10 Considerações finais para o item 3

O sistema de VLT que ligará a Ilha do Fundão a região portuária do Rio de Janeiro, mais especificamente, a sua integração com o VLT do Porto Maravilha e a Rodoviária NovoRio, se mostra viável operacionalmente e promissor no atendimento a demandas futuras, caso o governo faça um investimento a partir de 25% do valor total de implantação.

Sua inserção viária é facilitada pelas avenidas planejadas inicialmente com 3 faixas de rolamento, o que favorece a segregação parcial do fluxo para o VLT, tendo este uma operação onde se utilizará da sinalização viária existente, com poucas adaptações, visto que será um regime de condução de marcha a frente.

Seu traçado favorece as principais regiões de geração e destino de fluxos para a Ilha do Fundão, localizados na região da Tijuca e adjacências, Niterói e São Gonçalo, via integração com as Barcas, e os fluxos oriundos da Zona Sul.

Os parâmetros operacionais indicam um tempo de ciclo de pouco mais de 30 min, bastante razoável para os padrões operados atualmente no mundo e planejados para o VLT do Porto Maravilha, além de um headway no período de pico de 11,4 min.

A avaliação financeira, levando-se em consideração os custos de implantação manutenção e operação, demonstrou viabilidade, onde sua taxa de retorno do investimento ficou em torno de 7%.

O projeto do VLT de ligação da Ilha do Fundão demonstra um avanço e uma modernização nos sistemas de transporte que atendem a essa população, além de demonstrar que é viável operacional e financeiramente.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este Relatório Parcial 2 apresentou os resultados do Projeto de Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica (EVTE) de linha circular de veículo leve sobre trilho (VLT) na Ilha do Fundão com conexão com a região do Porto Maravilha e da Ligação Aquaviária entre a Ilha do Fundão, Praça XV e Praia Vermelhada

Todos os dados aqui apresentados, ainda serão analisados com mais profundidade e posteriormente serão disponibilizados para a Secretaria do Escritório de Projetos do Fundo Verde.

5. REFERÊNCIAS

Alstom Transport. (2014). What will your CITADIS be? Retrieved August 20, 2014, from www.alstom.com

BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2014. Disponível em: <http://www.bcb.gov.br/?COPOMJUROS>. Acesso em: 13 Outubro 2014.

BARBOSA, M. H. M.-D. **Diretrizes para Projetos Terminais Hidroviários Urbanos de Passageiros**. Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro. 1982.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). Custo Unitário Básico. **Indicador dos custos do setor da construção civil**, 2014. Disponível em: <http://www.cub.org.br/>. Acesso em: 13 outubro 2014.

CCR BARCAS. Sobre a Empresa: CCR Barcas. **Site da CCR Barcas**, 2014. Disponível em: <http://www.grupoccr.com.br/barcas/embarcacoes>. Acesso em: 13 Outubro 2014.

FILHO, H. T.; MORAES, H. B. D. Aplicação de um Modelo de Estimativa de Custos em Projeto de Embarcações Urbanas de Passageiros. **23º Congresso Nacional de Transporte Aquaviário, Construção Naval e Offshore**, Rio de Janeiro, 25 a 29 Outubro 2010.

LEMO, C. P. **Embarcações de Alta Velocidade no Brasil**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 244. 2000.

Porto Maravilha. (2014). VLT carioca (pp. 1–2).

RECEITA FEDERAL. Sobre a: Receita Federal. **Site da Receita Federal**, 2014. Disponível em: <http://www.receita.fazenda.gov.br/legislacao/ins/ant2001/1998/in16298.htm>. Acesso em: 13 Outubro 2014.

RIOCARD, 2014. Disponível em: <https://www.cartaoriocard.com.br/scrcpr/>. Acesso em: 13 Outubro 2014.

Vancouver Working Group. (2006). Best Practices for Light Rail Design.

Vuchic, V. R. (2007). Urban Transit Systems and Technology. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.