

# COMPARATIVO DE DESEMPENHO DE SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO DE MÉDIA CAPACIDADE VIA AHP - ESTUDO BRT x VLT NO RIO DE JANEIRO

**Gabriel Tenenbaum de Oliveira**  
**Bruna Oliveira Rosa**

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Programa de Engenharia de Transportes/ COPPE

## RESUMO

Os sistemas de transporte vêm se configurando para a utilização do menor espaço viário. Os principais modos de transporte, que objetivam a redução do uso do espaço viário são os de alta e média capacidade. O uso de modos de média capacidade surge como alternativa ao alto investimento requerido na implantação de modos de alta capacidade, ao mesmo tempo em que estruturam a integração do sistema. O BRT (*Bus Rapid Transit*) e o VLT (Veículo Leve sob Trilhos), tecnologias já amplamente operadas no mundo, recebem crescente atenção no Brasil. Na cidade do Rio de Janeiro, políticas de promoção do transporte público vêm se concretizando sob a forma de uma rede de BRT's integrando diferentes zonas da cidade e de VLT's permeando a zona central. Este estudo descreve estas tecnologias e traça um comparativo pelo método AHP do desempenho de ambas tecnologias na operação da linha TransOeste integração troncal da Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro. O estudo conseguiu verificar que dentro dos critérios observados, o BRT em operação se sobressai em relação ao VLT.

**Palavras-chave:** BRT, VLT, AHP, Desempenho, Rio de Janeiro.

## ABSTRACT

Transports systems have been configured to use these hottest spaces on the cities. The main modes of transport, which aim to reduce the use of road spaces, are the high and medium capacity ones. These of medium performance modes appear as an alternative to the high investment required in the implementation of high capacity modes and, simultaneously, structures system integration. The BRT (*Bus Rapid Transit*) and LRT (*Light Rail Transit*) technologies, already widely operated in the world, are receiving increasing attention in Brazil. In the city of Rio de Janeiro, policies to promote public transportation come to fruition in the form of a network of BRT integrating different areas of the city and LRT's permeating the central zone. The intention of this study is to describe these technologies, and plot a comparison via AHP of the performance of both technologies in the operation of the TransOeste line in the West Zone of the city of Rio de Janeiro. The study was able to verify that, with the criteria used, the BRT protrudes in operation over the LRT.

**Keywords:** BRT, LRT, AHP, Performance, Rio de Janeiro

## 1. INTRODUÇÃO

O atual sistema de transporte urbano demonstra a necessidade da modernização dos seus elementos, sendo a saturação das vias um dos resultados de sua desestruturação. Uma das alternativas para redução dessa saturação seria transportar mais pessoas ocupando um menor espaço nas vias.

Para tanto a modernização e a transformação dos sistemas de transportes públicos são importantes e estão diretamente associadas ao uso e aprimoramento do conhecimento e da experiência acumulada pelo setor. Sistemas de média capacidade cumprem, nesse sentido, papel fundamental na formação de uma rede que garanta mobilidade e acessibilidade em uma maior extensão da cidade.

No contexto de histórico abandono das políticas municipais e estaduais de incentivo ao transporte público, agravado pelo crescente número de veículos em circulação, a cidade do Rio de Janeiro enfrenta, há muito, problemas graves de congestionamentos e pouca fluidez do tráfego.

A necessidade de melhorias na estruturação do sistema de transporte coletivo da cidade sobressai pelo fato de a cidade do Rio de Janeiro ser uma das sedes da Copa do Mundo em 2014 e o palco principal dos Jogos Olímpicos em 2016. Nesse sentido, a implantação de quatro corredores de BRT para conexões longitudinais e transversais à rede já existente e de uma rede de VLT para distribuição de deslocamentos na área central e na área portuária revitalizada pelo projeto Porto Maravilha são investimentos atualmente em andamento na cidade. Estes dois sistemas complementam uma brecha de performance do sistema carioca atual, em que há um sistema de ônibus de baixa capacidade e um sistema de metrô e de trens de alta capacidade, mas abrangência limitada. Além disso, em conjunto, eles garantem integração modal com as barcas e com os dois aeroportos civis da cidade, contribuindo para a construção de uma rede integrada de transporte público.

O processo de escolha entre a tecnologia do BRT e do VLT vem sendo objeto de debates envolvendo interesses técnicos, econômicos e políticos de diferentes agentes da sociedade. Este estudo objetiva comparar o desempenho das duas tecnologias – o BRT e o VLT – na operação da linha TransOeste da cidade do Rio de Janeiro. A análise porta sobre dados relativos à linha de BRT TransOeste em operação atualmente e sobre dados da rede de VLT do Centro da cidade tal como licitada. Estes últimos são projetados proporcionalmente para a operação na linha TransOeste para permitir a comparação de desempenho das tecnologias sobre uma mesma linha.

A comparação é feita utilizando do método multicriterial AHP (*Analytic Hierarchy Process*). Foram analisados indicadores e medidas relativos à eficiência e eficácia dos sistemas, tomando como referência os seguintes aspectos: qualidade, custo, produção e utilização. Estes aspectos foram analisados segundo a perspectiva de dois julgadores: usuário e operadora.

Conclui-se que, dentro da perspectiva analisada, o BRT em operação demonstra uma vantagem de desempenho superior ao VLT em relação à operação na linha TransOeste. No entanto no momento em que a análise é feita com os dados para o BRT projetado, com uma frota maior de veículos (230), o VLT se mostra mais vantajoso. Esta distorção se deve ao fato do fator Produção do BRT reduzir com o aumento de veículos compondo a frota, o que encarece o projeto do BRT e torna-o menos competitivo do que o VLT, sendo vantajoso apenas se o *headway* reduzir de 6,5 para 4,3 minutos.

## **2. OS SISTEMAS DE TRANSPORTE DE MÉDIA CAPACIDADE: BRT e VLT**

### **2.1. O BRT: Sistema de Transporte Semirrápido por Ônibus**

#### *2.1.1. Características do Sistema*

O BRT – sigla em inglês para “*Bus Rapid Transit*” – é um termo geral utilizado para designar sistemas de transporte urbano com ônibus, em que melhorias significativas de infraestrutura, veículos e práticas operacionais resultam em uma qualidade de serviço mais atrativa (NTU, 2012).

Este sistema surgiu em 1974 com a implantação dos primeiros 20 km de vias exclusivas para “Ônibus Expressos” na cidade de Curitiba. De acordo com o NTU (2012) praticamente todos os componentes de BRT foram desenvolvidos na cidade de Curitiba durante os anos 70, 80 e começo dos anos 90. No entanto, o termo BRT só foi adotado nos anos 90 na América do Norte, criando uma referência e imagem mundial que substitui os termos mais antigos como “*expressbuses*”, “*busways*” ou até BHNS (“*Bus à Haut Niveau de Service*”) na França.

Essa tecnologia, hoje bastante difundida, vem sendo adotada por grandes cidades em todo o mundo, como Londres, Johannesburg, Istambul, Teerã, Nova Delhi, Beijing, Los Angeles, Cidade do México, Bogotá e São Paulo, entre outras (VUCHIC, 2007).

O sistema opera com linhas troncais de média capacidade aliadas a linhas alimentadoras, resultando em um sistema mais flexível, rápido e de baixo custo. Se comparado aos ônibus convencionais, algumas evoluções se destacam como operação em pista segregada fisicamente, prioridade em interseções e indução de desenvolvimento local se bem planejado. Em adição, o próprio veículo conta com design mais confortável, janelas maiores e piso rebaixado, além de maior capacidade por ser mono ou biarticulado.

### *2.1.2. A Rede de BRT no Rio de Janeiro*

No Rio de Janeiro a rede de BRT está sendo implantada com a concepção de eixos de transportes que se integrem à rede de corredores existente. O projeto se baseia na construção de faixas exclusivas para o ônibus de média capacidade a esquerda do fluxo de veículos, evitando. Os corredores fazem parte dos eixos de transportes propostos no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (Município do Rio de Janeiro, 2011). O projeto prevê a implantação de 4 (quatro) corredores de BRT: TransOeste, TransCarioca, TransBrasil e TransOlímpica,

Este estudo focará na análise do corredor TransOeste, por ser, até o momento, o único corredor em operação e apesar de estar ainda na segunda das três fases de implantação. O projeto inicial prevê 74 estações nos 56 km de extensão do corredor e um total de 230 ônibus articulados para atender à demanda; atualmente o corredor opera com 41 estações já construídas e com 91 ônibus articulados na frota.

O corredor TransOeste é a principal conexão da extensa região Oeste do Rio de Janeiro: a ligação atende desde os bairros de Santa Cruz e Campo Grande até o terminal Alvorada na Barra da Tijuca e haverá extensão futura até o início deste bairro. A cobrança da tarifa é feita nas estações, o que aumenta a rapidez de embarque no veículo. Já há prioridade semafórica automatizada nos cruzamentos para os veículos do BRT e há, ainda, um Centro de Controle e Monitoramento responsável pelo controle dos horários das viagens e pela supervisão da operação. Nos terminais há serviços de informação eletrônica, que auxiliam os usuários na identificação das linhas, horários e destinos. A arrecadação é controlada pela operadora do sistema e não há subsídio governamental na tarifa para o Corredor TransOeste.

O BRT já representa um avanço em relação à configuração urbanística da Zona Oeste, voltada exclusivamente para o uso do automóvel particular. Desse modo, a escolha deste modo com via fisicamente segregada não constitui, a princípio, um fator negativo do ponto de vista da segregação espacial do território.

## **2.2. O VLT: Sistema de Transporte Semirrápido sobre Trilhos**

### *2.2.1. Características do Sistema*

O sistema de veículo leve sobre trilhos descende dos sistemas de bondes operantes em diversas cidades ao redor do mundo desde o início do século XX. Estes sistemas tradicionais dividiam o espaço viário com o tráfego comum, o que, além de deteriorar a qualidade do deslocamento, representava também riscos para a integridade da infraestrutura férrea.

Desde a década de 60, o sistema passa por contínuas modernizações que o distanciam dos tradicionais bondes no que diz respeito a inovações no veículo, à prioridade de passagem, ao design das estações, à operação e ao papel desempenhado nas cidades (VUCHIC, 2007). Algumas das mudanças que garantiram a passagem para os sistemas modernos incluem a separação de faixas exclusivas ao trânsito dos bondes; uma integração modal efetiva com ônibus e metrô; o desenvolvimento de estruturas físicas de alta qualidade que garantem conforto de passeio e níveis baixos de ruído operacional; e a cobrança automática de tarifa através do validador eletrônico.

O VLT é o maior representante do transporte público de média performance nos países em que já havia vias implementadas, como Alemanha, Holanda, França e algumas cidades dos EUA (VUCHIC, 2005). Além disso, desde o reconhecimento da importância deste modal para a constituição de um sistema integrado, diversas linhas foram construídas em cidades de países desenvolvidos, como Inglaterra e Espanha e em desenvolvimento, como Turquia, Filipinas e México (VUCHIC, 2007).

Com o aumento do número de lugares ofertados e da velocidade operacional associado à redução da mão-de-obra empregada, a produtividade deste meio de transporte em termos de oferta de assentos-km por tripulação cresceu em torno de 20 vezes (VUCHIC, 2005) reduzindo drasticamente os custos operacionais.

A tecnologia tem uma vasta gama de aplicação, dada a diversidade de configurações possíveis em termos de infraestrutura, composição dos veículos e fatores operacionais. Assim, o VLT está adaptado tanto para distribuir passageiros em áreas centrais com grande concentração de pedestres através de velocidades inferiores e prioridade de passagem reduzida, quanto para conectar zonas periféricas, através de vias exclusivas, operando em altas velocidades.

#### *2.2.2.A Rede de VLT do Centro do Rio de Janeiro*

O VLT servirá como vetor principal de acesso à zona central. O piso rebaixado do veículo, além de garantir facilidade de embarque e acessibilidade para todos passageiros, adequa o veículo a zonas de alta densidade de pedestres, como os distritos comerciais e zonas centrais.

O projeto de revitalização da zona portuária do Rio de Janeiro segue uma tendência mundial de recuperação de áreas urbanas degradadas por negligência histórica do poder público. Em termos de transporte, prevê a criação de uma rede de VLT que permeará os diversos bairros que formam Centro da cidade e que se conectará com as estações de outros modais, a saber: metrô, trens, barcas, BRT, ônibus municipais e intermunicipais e aviões do aeroporto SDU.

Com a construção da rede, o tráfego de ônibus na zona será remanejado, dando-se prioridade aos pedestres e consolidando-se uma demanda expressiva pelo novo modal. Este terá função de distribuição e promoverá a acessibilidade das zonas comerciais e a habitabilidade da nova área residencial a ser criada na região portuária.

### **2.3.Comparativo entre os Sistemas VLT e BRT**

Ao oferecerem uma capacidade média de transporte de passageiros, as duas tecnologias apresentadas, o VLT e o BRT desempenham papel semelhante na estruturação de uma rede de transportes integrada. Para garantir o serviço, ambas se baseiam em estruturas viárias segregadas do tráfego comum, veículos de maior capacidade que os transportes convencionais

e operação otimizada. Ainda assim, algumas diferenças entre os dois sistemas podem ser discriminadas.

No que diz respeito a diferenças estruturais, garantir a prioridade de deslocamentos para o VLT é mais fácil, dado o uso de linhas férreas no lugar de faixas viárias, e não requer segregação física em relação à calçada de pedestre ou a outras vias automotivas. O corredor exclusivo de ônibus criado para o BRT divide a cidade em duas e o impacto desse sistema no desenvolvimento local não toma a mesma proporção que a do caso do VLT.

Porém, a infraestrutura que acolhe um sistema de BRT de alta qualidade tem custo por km construído aproximadamente igual a dois terços aquele do VLT (HODGSON, POTTER, WARREN, & GILLINGWATER, 2013) e necessita menos tempo para execução, o que pode ser considerado um fator positivo em situações de carência de linhas troncais.

Para ambos os sistemas, pode haver valorização do uso do solo do entorno. Embora haja casos de corredores de ônibus em São Paulo que dividiram fisicamente o território e impactaram negativamente no nível de ruído e poluição, deteriorando economicamente a região (VUCHIC, 2005); é essencialmente a qualidade de serviço oferecida e economias de tempo oferecidas pela introdução do sistema que irão promover mudanças ou valorização do uso do solo do entorno (CERVERO & KANG, 2011).

Em relação ao veículo, o VLT conta com veículos mais espaçosos e confortáveis que os ônibus do BRT, o que contribui para seu grande poder de atração de usuários. Além disso, graças à tração elétrica, o VLT não gera poluição ao longo da linha, tem melhor desempenho veicular e menor impacto acústico do que o BRT (VUCHIC, 2007). Estes fatores explicam como o VLT pode ter maior influência na valorização do uso do solo e no desenvolvimento de atividades.

Esforços para tornar o veículo do BRT mais confortável do ponto de vista do usuário encarecem o projeto e aproximam o investimento do sistema sobre pneus àquele sobre trilhos (HODGSON *et al.*, 2013).

A operação é bem distinta nos dois sistemas. A implementação da primeira linha de VLT em uma cidade ou região requer a introdução de tecnologias, a construção de infraestruturas e a aquisição de material rodante não usuais (VUCHIC, 2007). O VLT opera com *headways* maiores, mas se baseia em composições de duas a quatro unidades, transportando uma maior quantidade de passageiro, enquanto o BRT é operado com *headways* curtos, e ônibus de capacidade intermediária.

Experiências como a da cidade de Sacramento, na Califórnia, mostram que a introdução de um sistema de VLT aumenta não somente a quantidade de passageiros transportados nas linhas de ônibus substituídas como também o total de viagens realizadas via Transporte Público na cidade. O chamado fator trilho parece impactar simultaneamente a tendência dos usuários de utilizar o sistema e a imagem e o papel desempenhado por ele na integração da cidade (VUCHIC, 2007). É possível, no entanto, que o sistema de BRT seja concebido para atender alguns fatores-chaves como confiabilidade, velocidade, capacidade, durabilidade, conforto e identidade (HODGSON *et al.*, 2013).

O BRT TransOeste implementado na Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro usufruiu de ampla adaptação da rede viária existente. Não contribuiu para a separação dos bairros onde passa, pois os mesmos se desenvolveram ao longo dos eixos viários aproveitados. Sua função é de conexão de áreas distantes da cidade, tendo caráter também social ao atender uma população historicamente com acesso limitado a linhas de transporte público de melhor performance.

A rede de VLT do Centro do Rio de Janeiro, por sua vez, deverá se adaptar à configuração urbana extremamente densa da região. Se não incorporadas de uma política pública de respeito ao trânsito dos veículos, a circulação, mesmo sobre trilhos, pode vir a ser comprometida. No entanto a prática mundial comprova que este modo de transporte público exerce bem a função de distribuição e induz a valorização do uso do solo nas áreas de influência, o que garantirá sua sustentabilidade econômica.

A seguir, são dispostos na Tabela 1 os dados de operação do sistema atual de BRT da linha TransOeste em sua máxima capacidade diária e os dados do sistema de VLT do Centro do Rio de Janeiro tal como licitado. Os dados foram obtidos de pesquisa aos portais de transparência da prefeitura e das empresas contratadas para operação e de estimativas apresentadas em relatórios técnicos publicados.

Na tentativa de comparar a tecnologia que apresente melhor performance em um determinado contexto é de vital importância que a análise reporte sobre uma mesma linha do sistema. Dessa forma, na mesma Tabela 1, são dispostos os dados operacionais de um sistema de VLT se este fosse implantado na linha TransOeste. Consideram-se alguns dados sistêmicos similares aos do BRT, como número de passageiros transportados, extensão da linha, horas de operação; enquanto outros operacionais, inerentes à tecnologia, restam iguais aos do VLT previsto para o Centro da cidade. Por fim, o número de composições compondo a frota total do sistema de VLT TransOeste é proporcional à extensão da linha.

**Tabela 1:** Indicadores dos Sistemas BRT TransOeste, VLT Centro e VLT TransOeste

INDICADOR	UNIDADE	BRT TransOeste	VLT Centro	VLT TransOeste
Pass. Transportados	pass/dia	200.000	150.000	200.000
Frota	qtd.	91	32	60
Extensão da Linha	Km	56	30	56
Nº Lugares Ofertados	qtd./veíc.	145	450	450
Horas de Operação	H	24	18	24
Headway	Min	6,5	10	10
Velocidade Média	km/h	25	15	15
Energia Consumida <sup>1</sup>	MJ/pass/km	1,05	0,56	0,56
Custo Operacional	R\$/pass	0,69	1,02	1,02
Receita Operacional	R\$/pass	2,2	1,98	1,98
Taxa de Aceleração	qualit.	Maior	menor	menor
Nível de Ruído	qualit.	Maior	menor	menor
Nível de Segurança	qualit.	Menor	maior	maior

Fonte: CDURP (2013a), (2013b) e (2013c) e NTU (2012)

A seguir é feita uma análise estruturada que permite comparar o desempenho das duas tecnologias estudadas, o BRT e o VLT, no caso da linha TransOeste a partir dos indicadores apresentados.

### 3.MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA

As metodologias de análise multicriterial apresentam-se como uma ferramenta de grande validade na avaliação de diferentes projetos de transportes, uma vez que as situações estudadas apresentam múltiplas facetas, sendo possíveis abordagens distintas em sua resolução. Entre as diversas metodologias existentes de análise multicriterial, destaca-se o Método de Análise Hierárquica (MAH) ou *Analytic Hierarchy Process* (AHP) (PARANHOS E YARASCA, 2009).

O método AHP inicia-se com a decomposição dos elementos de um problema em hierarquia. No primeiro nível o objetivo geral de decisão; no segundo, os sub-objetivos; no terceiro, outros fatores ou atributos; no enésimo nível, as alternativas de decisão.

Os julgamentos obedecem à teoria da matriz recíproca, uma comparação par a par entre as alternativas é realizada para cada critério. As preferências estipuladas são organizadas na forma de matrizes quadradas, chamadas de matrizes de decisão. Os elementos dessa matriz definem a quantidade de vezes que uma alternativa é mais ou menos importante que as demais.

Após atribuídos os julgamentos, é necessário calcular o Autovetor e o Vetor da matriz, conforme demonstrado na tabela 2.

**Tabela 2:** Cálculo do Autovetor e do Vetor da Matriz

Matriz (C <sub>ij</sub> )	Autovetor	Vetor (W)
$\begin{matrix} 1 & a_{12} & a_{13} \\ 1/a_{12} & 1 & a_{23} \\ 1/a_{13} & 1/a_{23} & 1 \end{matrix}$	$V_i = \prod_{j=1}^n a_{ij}^{1/n}$	$W_i = V_i / \sum V_i$
		$W_i = V_i / \sum V_i$
		$W_i = V_i / \sum V_i$
		$\sum W_i = 1$

Fonte: Saaty (1991)

A última etapa é realizar uma avaliação da coerência. A avaliação da coerência dos julgamentos, segundo Saaty (1991), deve ser feita da seguinte forma:

- a. Determinar o valor próprio mais alto do julgamento, através da matriz multiplicação do julgamento.

$$\text{Autovalor } \lambda_{max} = \sum C_{ij} x W_i$$

- b. Calcular o Índice de Consistência (IC):

$$IC = (\lambda - n) / (n - 1)$$

- c. Calcular Razão de consistência randômica (RC) de acordo com a tabela 3:

**Tabela 3:** Razão de Consistência randômica

Ordem da Matriz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CR	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: Saaty (1991)

$$RC = IC / CR$$

De acordo com Saaty, para o julgamento ser considerado coerente, adota-se o critério  $RC < 10\%$

A matriz de decisão é encontrada segundo os cálculos da Tabela 4:

**Tabela 4:** Cálculos da Matriz de Decisão

Critérios				Vetor de decisão
Alternativas	$W_i C_1$	$W_i C_2$	$W_i C_3$	
	$W_i A_1 C_1$	$W_i A_1 C_2$	$W_i A_1 C_3$	$W = \sum (W_i A_1 C_n \times W_i C_n)$
	$W_i A_2 C_1$	$W_i A_2 C_2$	$W_i A_2 C_3$	$W = \sum (W_i A_2 C_n \times W_i C_n)$

Fonte: Saaty (1991)

Elab.: ROSA, B.O (2011)

#### 4. ANÁLISE COMPARATIVA DO DESEMPENHO DOS SISTEMAS VIA AHP

No contexto apresentado, o objeto de decisão foi o investimento em um sistema de média capacidade para a ligação longitudinal da zona Oeste, denominada TransOeste, na cidade do Rio de Janeiro, ao qual foram atribuídas duas alternativas tecnológicas, o BRT e o VLT. Foram estabelecidos os seguintes critérios de análise: qualidade do serviço, produtividade operacional, custo operacional e utilização. Por fim, foram identificados dois julgadores para a decisão: o julgador 1 – usuário e o julgador 2 – operador.

Na primeira etapa que consiste na determinação da importância relativa dos critérios. Foram formuladas duas matrizes distintas, na intenção de demonstrar um resultado que abordasse os dois pontos de vistas – do usuário e do operador – na resolução do objetivo.

Essa determinação foi realizada partindo da premissa de que os usuários prezam por um transporte público com segurança, conforto e rapidez e com custo compatível a sua renda; e que o operador visa o retorno do investimento.

Os critérios foram sequenciados, segundo grau de importância, do ponto de vista de cada julgador, como demonstrado na Tabela 5.

**Tabela 5:** Sequenciamento do grau de importância para cada julgador

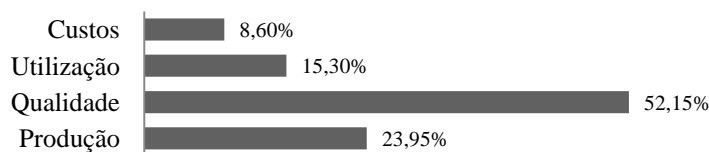
Grau de importância	Usuário	Operador
1º	Qualidade	Custo
2º	Utilização	Produção
3º	Produção	Utilização
4º	Custo	Qualidade

Fonte: Dados da pesquisa

Após configuração das matrizes segundo a relação acima, chegou-se aos dois gráficos abaixo com os pesos dos critérios para cada Julgador:

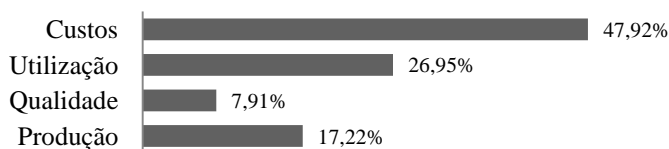
#### Gráfico 1: Resultados da importância dos critérios para Julgador 1: Usuário





Fonte: Dados da pesquisa

**Gráfico 2:** Resultados da importância dos critérios para Julgador 2: Operador



Fonte: Dados da pesquisa

Para averiguar-se a coerência destes julgamentos foi calculada a Razão de Consistência (RC), cujo valor é discriminado na Tabela 6. Uma RC de menor 10% foi encontrada para os dois julgamentos, o que confirma a coerência dos resultados.

**Tabela 6:** Cálculo Razão de Consistência

Julgamento 1: Usuário	Julgamento 2: Operador
$\lambda$ -máx= 3,927869	$\lambda$ -máx= 4,014157
IC= $(\lambda - n^*) / (n - 1)$ *n= 4 critérios	IC= $(\lambda - n^*) / (n - 1)$ *n= 4 critérios
IC = $(4,046861 - 4) / (4 - 1)$	IC = $(4,0141 - 4) / (4 - 1)$
IC = -0,02404	IC = 0,004718
RC = IC/ CR	RC = IC/ CR
RC = $0,023909448 / 0,9 =$	RC = $0,015620357 / 0,9 =$
<b>RC= 2,66%</b>	<b>RC= 1,74%</b>

Fonte: Dados da pesquisa

A Tabela 7 representa de forma sintética, dentro dos critérios, quais foram as medidas utilizadas para realização da análise.

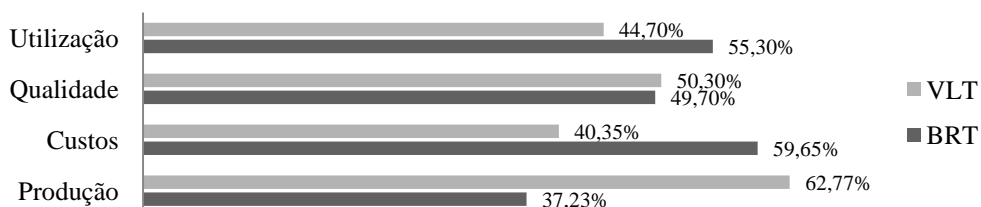
**Tabela 7:** Medidas atribuídas a cada critério

CATEGORIA	ASPECTO	ATRIBUTO	MEDIDA	BRT TransOeste	VLТ TransOeste
EFICIÊNCIA	PRODUÇÃO	UTILIZAÇÃO DOS VEÍCULOS	Extensão da linha/frota total	0,24	0,93
		EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	pass/MJ	0,95	1,79
	CUSTOS	RENDIMENTO	pass/custo operacional	1,45	0,98
EFICÁCIA	QUALIDADE	CONFORTO	Nº pass./viagem/nº lugares ofertados	6,23	3,09
			Taxa de aceleração (qualit.)	maior	menor
			Nível de ruído (qualit.)	maior	menor
		RAPIDEZ	Velocidade média (km/h)	25,00	15,00
		CONVENIENCIA	Headway (min)	6,50	10,00
			Nº viagens/dia (qtd.)	221,54	144,00
	SEGURANÇA	Percepção de segurança (qualit.)	menor	Maior	
	UTILIZAÇÃO	SERVIÇO PRESTADO	Pass/viagens (qtd.)	902,78	1388,89
			Pass/dia/frota	2197,80	3333,33
			Pass/dia/(lugar ofertado/veíc.)	1379,31	444,44
Receita operac./custo operac.			3,19	1,94	
Custo operac./pass			0,69	1,02	
		Receita operac./pass	2,20	1,98	

Fonte: Elaboração própria

Após mensuradas as medidas, foi possível chegar ao comparativo das alternativas em relação aos critérios apresentados. O valor de cada critério foi ponderado segundo o peso relativo atribuído por cada julgador, o resultado desta ponderação é representado no Gráfico 3.

**Gráfico 3: Comparativo dos Critérios**

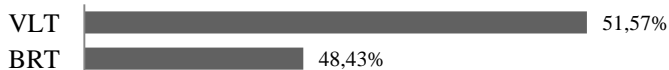


Fonte: Dados da pesquisa

O Gráfico 3 demonstra que o critério em que o VLT tem mais representatividade é o de Produção. Este resultado demonstra que em relação à utilização dos veículos e à eficiência energética o VLT tem melhor desempenho. Outro componente que se destaca no comparativo é o Custo, o BRT representa uma tecnologia com custos menos elevados quando comparado ao VLT. O critério Qualidade entre as duas tecnologias se manteve bem equilibrado, apesar do VLT representar uma percepção de qualidade superior ao BRT, essa diferença é mínima na comparação.

Após esta etapa foi possível chegar à matriz de decisão de cada julgador (Gráfico 4 e 5).

**Gráfico 4: Resultado avaliação do Julgador 1: Usuário**



Fonte: Dados da pesquisa

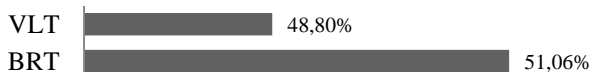
**Gráfico 5: Resultado avaliação do Julgador 2: Operador**



Fonte: Dados da pesquisa

O resultado global destes julgamentos é dado no Gráfico 6.

**Gráfico 6: Resultado avaliação Global**



Fonte: Dados da pesquisa

Como observado acima, o sistema que apresenta um desempenho mais adequado para a linha estudada, levando-se em consideração os critérios ressaltados, é o BRT. Apesar de, do ponto de vista do usuário, o VLT ser mais vantajoso, quando é realizado o julgamento global o BRT prevalece.

Foi simulado outro cenário para o julgamento das alternativas, neste novo cenário o BRT TransOeste opera com a capacidade planejada de 200 mil passageiros/dia e com a frota de 230 ônibus articulados, como previsto no projeto de implantação do corredor. Quando este novo cenário é considerado, o VLT passa a ser mais vantajoso que o BRT. Esta mudança se deve ao critério Produção: quando uma frota maior é alocada no caso do BRT, o critério Produção se torna muito inferior ao do VLT, uma vez que estão sendo operados mais veículos por quilometro de linha, o que reflete também em um aumento no custo de operação. Para o BRT permanecer viável com a inclusão da nova frota, o *headway* deverá reduzir de 6,5 minutos para 4,3 minutos; dessa forma o BRT poderá realizar mais viagens durante o dia e poderá levar menos passageiros por veículo, resultando em mais conforto durante a viagem.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo mostrou as diferenças dos sistemas de transporte de passageiros de média capacidade, o BRT e o VLT. Ambas as tecnologias constituem uma alternativa complementar de estruturação da rede de transporte público. Estas apresentam vantagens, pois, quando comparadas às de alta capacidade, podem ser implementadas em prazo e custos inferiores, e, quando comparadas às de baixa capacidade, garantem atendimento a demanda superior e menor uso do espaço viário.

Através da metodologia multicriterial AHP foi possível realizar uma análise comparativa preliminar de desempenho dos dois sistemas supramencionados no contexto da linha TransOeste de conexão longitudinal da Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro. Os dados analisados foram divididos em categorias de eficiência, em que foram considerados aspectos de produção e de custos; e de eficácia, considerando aspectos da qualidade e da utilização do serviço.

Para a mensuração dos indicadores foram utilizados dados de relatórios técnicos e disponibilizados pelos portais da prefeitura da cidade do Rio de Janeiro e das empresas contratadas para operar o sistema.

Com base nos dados aferidos e nos pesos alocados em cada um dos aspectos, a análise demonstrou que o desempenho do sistema de BRT atual demonstra desempenho superior ao da tecnologia VLT na linha TransOeste.

Vale ressaltar que este estudo não contemplou todos os atributos existentes em um sistema de transporte. Foram designados apenas alguns dos vários indicadores que representam cada atributo. Demonstrando, portanto, apenas um resultado preliminar de uma pesquisa que deve ser continuada, no objetivo de agregar mais detalhamento aos indicadores, resultando em dados mais consistentes em relação à comparação do desempenho destas duas tecnologias.

O estudo constrói uma metodologia que pode ser de grande utilidade na análise da linha TransOeste, mas não consegue responder qual dentre as seguintes seria a melhor solução no caso estudado: executar o projeto proposto para o BRT, reformular o projeto para a operação de um VLT ou reduzir o *headway* do BRT.

Portanto, propõe-se em um estudo futuro realizar uma pesquisa com mais indicadores e medidas e, por meio de entrevistas aos julgadores – autoridades do governo, operadores e

usuários –encontrar um resultado mais próximo da realidade dos projetos e chegar a uma solução definitiva da tecnologia e do sistema mais adequado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CDURP. (2013a). *Apresentação VLT*. Acesso em 17 de Maio de 2013, disponível em Projetos Especiais do Porto Maravilha:

[http://portomaravilha.com.br/conteudo/projesp/VLT/apresentacao\\_vlt.pdf](http://portomaravilha.com.br/conteudo/projesp/VLT/apresentacao_vlt.pdf)

CDURP. (2013b). *Estudo Preliminar e Provisório de Demanda para o Sistema de VLT da Região Portuária e Centro do Rio de Janeiro*. Acesso em 20 de Maio de 2013, disponível em Estudos Técnicos do Porto Maravilha:

[http://portomaravilha.com.br/conteudo/vlt/estudo\\_de\\_demanda\\_preliminar\\_vlt\\_ccr.pdf](http://portomaravilha.com.br/conteudo/vlt/estudo_de_demanda_preliminar_vlt_ccr.pdf)

CDURP. (2013c). *Estudo Preliminar e Provisório de Implementação do VLT na Região Portuária e Centro do Rio de Janeiro*. Acesso em 20 de Maio de 2013, disponível em Estudos Técnicos do Porto Maravilha:

[http://portomaravilha.com.br/conteudo/vlt/estudo\\_tecnico\\_preliminar\\_vlt\\_ccr.pdf](http://portomaravilha.com.br/conteudo/vlt/estudo_tecnico_preliminar_vlt_ccr.pdf)

CERVERO, R., & KANG, C. D. (2011). Bus rapid transit impacts on land uses and land values in Seoul, Korea. *Transport Policy*, 18, 102-116.

HODGSON, P., POTTER, S., WARREN, J., & GILLINGWATER, D. (2013). Can bus really be the new tram? *Research in Transportation Economics*, 39, 158-166.

Município do Rio de Janeiro 2011 Lei Complementar nº 111/2011. Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável do Rio de Janeiro Rio de Janeiro

NTU. (2012). *Estudos de BRT no Brasil*. Brasília.

Porto Maravilha 2013

ROSA, B. O. (2012). Tomada de decisão em investimento na infraestrutura de transporte pelo. *Seminário de Economia, UFMG*.

SAATY, T. L. (1991). *Método de Análise Hierárquica*. São Paulo: McGraw-Hill.

*Técnicas multicriteriais aplicadas ao planejamento de transportes* 2009 Brasília Universidade de Brasília. Programa de Pós-Graduação em Transportes

*Urban Transit: Operations, Planning and Economics* 2005 New Jersey USA John Wiley & Sons

*Urban Transit: Systems and Technology* 2007 New Jersey EUA John Wiley & Sons