

# **CLASSIFICANDO ESTAÇÕES METRO-FERROVIÁRIAS COMO PÓLO PROMOTOR DO DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÔMICO**

**— Jorge Augusto Martins Gonçalves —**

**— Licínio da Silva Portugal —**

2º lugar

# **A CIDADE NOS TRILHOS**





## RESUMO

O Presente trabalho apresenta dois procedimentos de avaliação das estações metro-ferroviárias como pólo promotor do desenvolvimento socioeconômico. Destaca aspectos que podem dar suporte a projetos que visem à criação de ambientes urbanos menos dependente dos modos de transportes motorizados e com inclusão social. Faz um estudo de caso com as estações da linha 2 do Metrô e de trem do ramal Saracuruna, na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, e, a partir dos resultados obtidos, propõe a sua aplicação nas metrópoles brasileiras. O conhecimento, com base na centralidade e no método Nó-Lugar, da vocação e do potencial de cada estação em fomentar determinada atividade, pode dar suporte para se alcançar à integração entre transporte e uso do solo, convergindo para a criação de um ambiente auto-sustentável.

## **SUMÁRIO**

### **1. INTRODUÇÃO**

1.1. Caracterização e contextualização do problema

### **2. MODELO NÓ-LUGAR E O CÁLCULO DAS CENTRALIDADES**

2.1. Considerações iniciais

2.2. Estrutura do modelo nó-lugar

2.3. Cálculo das centralidades

### **3. O CASO DA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO**

3.1. Considerações iniciais

3.2. Aspectos relevantes do desenvolvimento urbano e dos transportes na RMRJ

### **4. APLICAÇÃO DO MODELO NÓ-LUGAR NAS ESTAÇÕES DA LINHA 2 DO METRÔ**

4.1. Considerações iniciais

4.2. Análise dos resultados

### **5. CÁLCULO DAS CENTRALIDADES NO RAMAL SARACURUNA**

5.1. Considerações iniciais

5.2. Resultados

5.3. Análise dos resultados

### **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Caracterização e contextualização do problema

No planejamento das áreas metropolitanas, torna-se cada vez mais relevante coordenar a programação dos investimentos em infra-estrutura de transportes e uso do solo com uma concepção que promova a integração modal e o desenvolvimento socioeconômico. Tal articulação é fundamental, primeiramente porque a disponibilidade de serviços de transporte influencia o processo e os padrões de expansão das áreas urbanas e define ou reorienta o uso do solo. Em seguida porque, além de ser condicionante de opções locais, um sistema de transportes racionalmente organizado se constitui também em poderoso instrumento de redistribuição de renda e fator de elevação da qualidade de vida, pois são proporcionados ganhos em forma de tempo, segurança e conforto aos usuários. Além disso, estudos no âmbito do Urbanismo mostram, a respeito da morfologia das cidades, uma preocupação em fazer delas um local onde coexistam em harmonia os equipamentos econômicos e seus habitantes, de tal modo que a funcionalidade contribua para o bem estar da população (Gonçalves, 2006).

Planejar o futuro das cidades, incorporando os setores sociais, econômicos e políticos que as compõem, de forma que haja um compromisso entre cidadãos e governos na direção de um projeto que inclua todos, é um desafio imposto aos planejadores de transportes e urbanistas. Este planejamento abrange genericamente as políticas com os propósitos específicos da redução da procura de viagens motorizadas; da redução dos impactos socioeconômicos e espaciais do investimento em infra-estruturas e melhorias do sistema de transportes; e, em geral, da interação entre planejamento de transportes, uso do solo e sustentabilidade (Portal da União Européia, 2004).

Para enfrentar o desafio de fornecer soluções no sentido da minimização do tráfego e do congestionamento e tornar mais eficiente o transporte em áreas urbanas, é necessário confrontar os impactos provocados pelo sistema de transporte rodoviário e pelo sistema metro-ferroviário.

Bertolini e Spit (2007), buscando avaliar os impactos sociais e ambientais provocados pelos sistemas de transportes, fazem comparações com dados obtidos nas seguintes áreas: espaço ocupado do território, poluição química, energia, saúde e custos ambientais e sociais. Os números mostram que o custo das deseconomias desqualifica o automóvel como o modo de transporte prioritário nas regiões metropolitanas e que o modelo rodoviarista está se tornando inviável.

O desenvolvimento orientado ao transporte de alta capacidade (TOD) é uma alternativa a esse modelo. Segundo o Victória Transport Policy Institute (2006), ele pode ser sintetizado em três conceitos fundamentais: a) o desenvolvimento dos usos mistos do solo, com densidades igualmente variadas, devem ser estabelecidas as distâncias que possam ser percorridas a pé, a partir da estação metro-ferroviária. Assim, um conjunto misto de usos do solo deve ser planejado em densidades que permitam a realização das atividades cotidianas, como fazer compras, trabalhar e realizar atividades esportivas, sem utilizar o automóvel; b) as vias e os equipamentos urbanos devem ser planejados de modo a incentivar a caminhada; c) a gestão dos acessos e os estacionamentos para automóveis e bicicletas devem ser planejados de modo a equilibrar as necessidades de viagens motorizadas e as realizadas a pé e de bicicleta.

As estações metro-ferroviárias inseridas no espaço geográfico têm uma tendência natural

de exercer um papel importante na relação do sistema de transporte com o ambiente urbano, e podem contribuir na implantação de projetos concebidos a partir dos conceitos do TOD, haja vista que são focos de integração modal e canal de comunicação entre as duas regiões separadas pela via férrea. Por outro lado, a concentração de atividades socioeconômicas no seu entorno tende a criar um tipo de uso de solo com características compactas. Esses aspectos fazem com que as estações metro-ferroviárias se tornem candidatas a pólos de articulação do transporte com o desenvolvimento socioeconômico e elemento importante na estruturação e organização do espaço metropolitano, principalmente quando há um planejamento visando diminuir a dependência aos modos de transportes motorizados (Gonçalves, 2006).

De acordo com Bertolini e Spit (2007), as estações metro-ferroviárias e seu entorno são o foco de um ambicioso plano de revitalização em várias áreas urbanas da União Européia. Um complexo conjunto de fatores - tão diversos como a promoção da sustentabilidade entre transporte e o uso do solo, incentivo a economia local, inovações tecnológicas e institucionais, o ciclo de negócios e o impacto espacial da globalização – orientam essas iniciativas.

Além disso, estudos elaborados sobre o relacionamento entre transporte e desenvolvimento socioeconômico por autores como Shinbein e Adler (1995), Bertolini (1999), Cervero (2002), Sintesis (2003), Gimenes (2005) e Gonçalves (2006) destacam a importância da estação ferroviária e sinalizam que os problemas das regiões metropolitanas podem ser encaminhados a partir da criação de uma estrutura urbana avaliada através de modelos matemáticos e com base nos sistemas metro-ferroviários.

## **2. MODELO NÓ-LUGAR E O CÁLCULO DAS CENTRALIDADES**

### **2.1 Considerações Iniciais**

Uma rede de comunicação pode ser representada formalmente através de um grafo. A orientação ou não do grafo dependerá dos tipos de relações estabelecidas, haja vista que as medidas de centralidade numa rede de comunicação podem ser elaboradas tanto para casos em que as relações são simétricas, quanto para aqueles em que as relações são não-simétricas.

De acordo com Bertolini e Spit (2007), de modo a se entender especificamente o significado de rede, é necessário deixar claro algumas definições. Supondo que as estações metro-ferroviárias são nós de uma rede, é preciso que se diga o que significa exatamente nó e rede.

Segundo Gonçalves (2006), dentre as diversas definições de “rede” (network), destacam-se as seguintes: sistema de “nós” e ligações; uma estrutura sem fronteiras; uma comunidade não geográfica; um sistema de apoio ou um sistema físico que se pareça com uma árvore. Assim, uma rede de transporte é um sistema arterial da organização regional que possibilita a circulação dos fluxos, tanto de mercadorias, como de pessoas, como de informações.

O nó e o lugar são partes de um sistema onde existem contradições e complementariedades. Mais especificamente eles são os nós de uma determinada rede de transportes e no âmbito dessas redes se desenvolve uma hierarquia de localização, locais com potenciais diferentes para desenvolver certo tipo de atividade. No entanto, catalisar o potencial de empreendimentos nas áreas no entorno das estações está intimamente ligado a integração das suas características

de nó e de lugar (Bertolini e Spit, 2007).

Para Gimenes (2005), a estação metro-ferroviária é um nó, um ponto de acesso a trens e outros modos de transporte interligados. Assim, é um elemento funcional de caráter objetivo e representa: i) a interface entre a cidade e um modo de transporte de relevância e ii) a interface entre diversos modos de transporte num único ponto. Desta maneira, um nó é apreensível e qualificável pela quantidade de pessoas que transporta, a quantidade de modos de transporte que interliga e a qualidade da transferência entre esses modos em relação ao número de usuários.

Segundo o mesmo autor, lugar é um elemento de definição complexa, pois apresenta abordagens objetivas e subjetivas que aplicam-se com exclusividade a uma realidade específica. É um ambiente físico, que encontra no termo 'espaço' um bom sinônimo, e é também um entorno físico, que pode ser compreendido pelo termo 'atmosfera'. Adaptado ao objeto de estudo aqui tratado, lugar pode ser entendido como o 'pedaço da cidade' onde se localiza a estação. O lugar de uma estação na cidade tem limites incertos: a influência de uma estação pode transcender em muito o seu entorno imediato, da mesma forma que elementos vizinhos podem ter relação muito frágil com ela. Quatro abordagens básicas podem ser identificadas para a definição de lugar, sendo que nenhuma esgota, individualmente, a análise pretendida. São elas:

a). Raio de alcance a pé: a área de influência de uma estação é definida por uma área circular cujo raio é passível de ser vencido a pé em situações cotidianas. Alguns autores sugerem raios de 500m, enquanto outros preferem medida em tempo (como 'caminhada de 10 minutos'). As vantagens desse parâmetro são suas imparcialidade e fácil aplicação. Contra essa abordagem pesa a correspondência quase sempre inadequada à realidade funcional da vizinhança, com a qual geralmente não coincide, nem reflete o fator tempo x distância em todas as situações (considerando-se barreiras e acidentes geográficos).

b). Elementos funcional-históricos: a área de influência é determinada pela soma dos elementos e equipamentos funcionais de forte relação com a rede de transporte.

c). Topográfico: costuma ser uma demarcação retangular arbitrária que retrata a área de influência da estação na cidade. Delimita um recorte no mapa da cidade que abrange elementos urbanos significativos escolhidos com base em critérios pouco objetivos, mas pautados pelo 'bom senso' do delimitador e pela 'relevância' dos elementos escolhidos. Esta abordagem une parâmetros de usuário e parâmetros funcionais, mas a sua definição é delicada e não é passível de verificação.

d). Perímetro de desenvolvimento: área definida por um estudo ou planejamento existente. As vantagens dessa última abordagem são sua aplicabilidade a uma realidade palpável; maior coincidência, com limites administrativos e coincidência razoável com fronteiras funcionais. Entre as desvantagens, pode-se apontar que áreas sob a influência da estação, mas negligenciadas no plano, são desconsideradas; que a perspectiva do empreendedor é geralmente parcial, o que contamina o universo considerado; e, finalmente, caso o plano seja mal elaborado, viciado ou incompleto, não se compreende o recorte e não se pode aplicar o parâmetro.

## 2.2 Estrutura do modelo nó-lugar

O modelo analítico, denominado Nó-Lugar, elaborado por Bertolini (1999), tem como meta classificar estações ferroviárias, quanto à capacidade de contribuir na criação de um ambiente sustentável. O modelo explica as inter-relações entre o nó e lugar e foi desenvolvido através de um sistema de eixos xy. O eixo y corresponde à acessibilidade do nó e o seu potencial de interação, isto é: quantidade de pessoas que podem chegar até ele e praticar algum tipo de atividade humana. O eixo x corresponde à intensidade e diversidade de atividades, isto é: potencialidade de atrair atividades humanas e viagens.

Nesse contexto, quatro situações hipotéticas podem ser distinguidas. Ao longo da diagonal que divide ao meio o sistema de eixos xy, estão situados os nós com igual potencial de atrair pessoas e atividades. No seu topo está a área onde o fluxo de transporte e de atividades é máximo e na parte inferior onde ele é mínimo, por esse motivo ela é considerada área dependente de intervenções. Por outro lado, no topo, à esquerda, estão os nós sem sustentabilidade, áreas onde as ofertas de transporte são muito maiores que as atividades desenvolvidas. Na parte inferior, à direita, estão localizados os lugares sem sustentabilidade, isto é, áreas onde as atividades desenvolvidas são muito maiores que as ofertas de transportes.

A figura 2.1 mostra graficamente o Modelo Nó-Lugar e a tabela 2.1 os indicadores propostos.

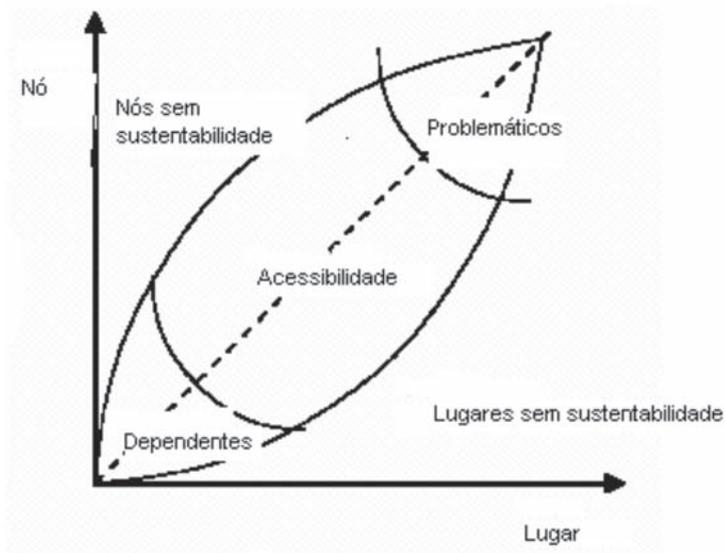


Figura 2.1 - Modelo Nó-Lugar  
Fonte: Bertolini (1999)

Tabela 2.1. Indicadores "nó-lugar"

Descrição	Cálculo do indicador
<b>Índice Nó</b>	
Direções servidas por trem.	$Y_1$ – número de estações que são terminais ferroviários
Frequência do serviço ferroviário	$Y_2$ – número de trens partindo da estação (dia específico)
Número de estações acessíveis em 20 minutos (ou 45 minutos).	$Y_3$ – número de estações acessíveis em 20 minutos de qualquer outra estação.
Número de estações de integrações	$Y_4$ – número de estações acessíveis por ônibus ou bonde.
Frequência diária de outros transportes públicos	$Y_5$ – número de ônibus e bondes partindo de uma estação.
Distância de acesso a uma via expressa	$Y_6$ – distância até a saída da próxima via expressa
Capacidade de estacionamento de carros	$Y_7$ – número de carros que podem estacionar próximo à estação.
Acesso por bicicleta.	$Y_8$ – número de ciclovias com pelo menos 2 km de extensão.
Capacidade de estacionamento de bicicletas	$Y_8$ – número de bicicletas que podem estacionar próximo a estação.
<b>Índice Lugar</b>	
População	$X_1$ – número de residentes no raio de 700 m.
Número de empregados por setor econômico	$X_2$ – número de pessoas empregadas no setor secundário no raio de 700 m da estação. $X_3$ – número de pessoas empregadas no setor terciário no raio de 700 m da estação.
Grau de combinação funcional	$X_4 = 1 - \frac{\left( \left( \frac{a-b}{d} \right) - \left( \frac{a-c}{d} \right) \right)}{2}$ onde: $a = \max \{x_1, x_2, x_3\}$ , $b = \min \{x_1, x_2, x_3\}$ , $c = \frac{1}{2}(x_1 + x_2 + x_3)$ e $d = (x_1 + x_2 + x_3)$

O modelo foi utilizado por Reusser et al (2008) para classificar estações ferroviárias na Suíça. Segundo esses autores, alguns dos 15 indicadores propostos por Bertolini (1999) não foram utilizados, pois não existiam na base de dados disponível ou foram descartados por questões metodológicas. Posteriormente, todos os indicadores foram normalizados de 0 a 1. O índice nó foi definido como a soma de todos os indicadores de "nó"; o mesmo foi feito para o índice de lugar. Antes de construir o gráfico nó-lugar (figura 2.2), os dois índices foram colocados em escalas comparáveis, isto é: as distâncias no diagrama estão em unidades de desvio padrão. Para atender aos objetivos de inspecionar o balanceamento entre as funções nó e lugar e identificar quanto uma estação está próxima da diagonal (uma estação estar próxima da diagonal, mas com índice nó baixo e índice lugar alto). Uma análise de regressão linear foi utilizada para determinar a relação entre as duas variáveis.

No desenvolvimento de uma classificação operacional das estações ferroviárias Suíças foi usada a análise de grupos ("cluster analysis"), na qual se agrupam amostras (estações ferroviárias) tal que a variância nos indicadores ( $y_i$  e  $x_i$ ) é mínima dentro de cada uma delas e máxima entre elas.

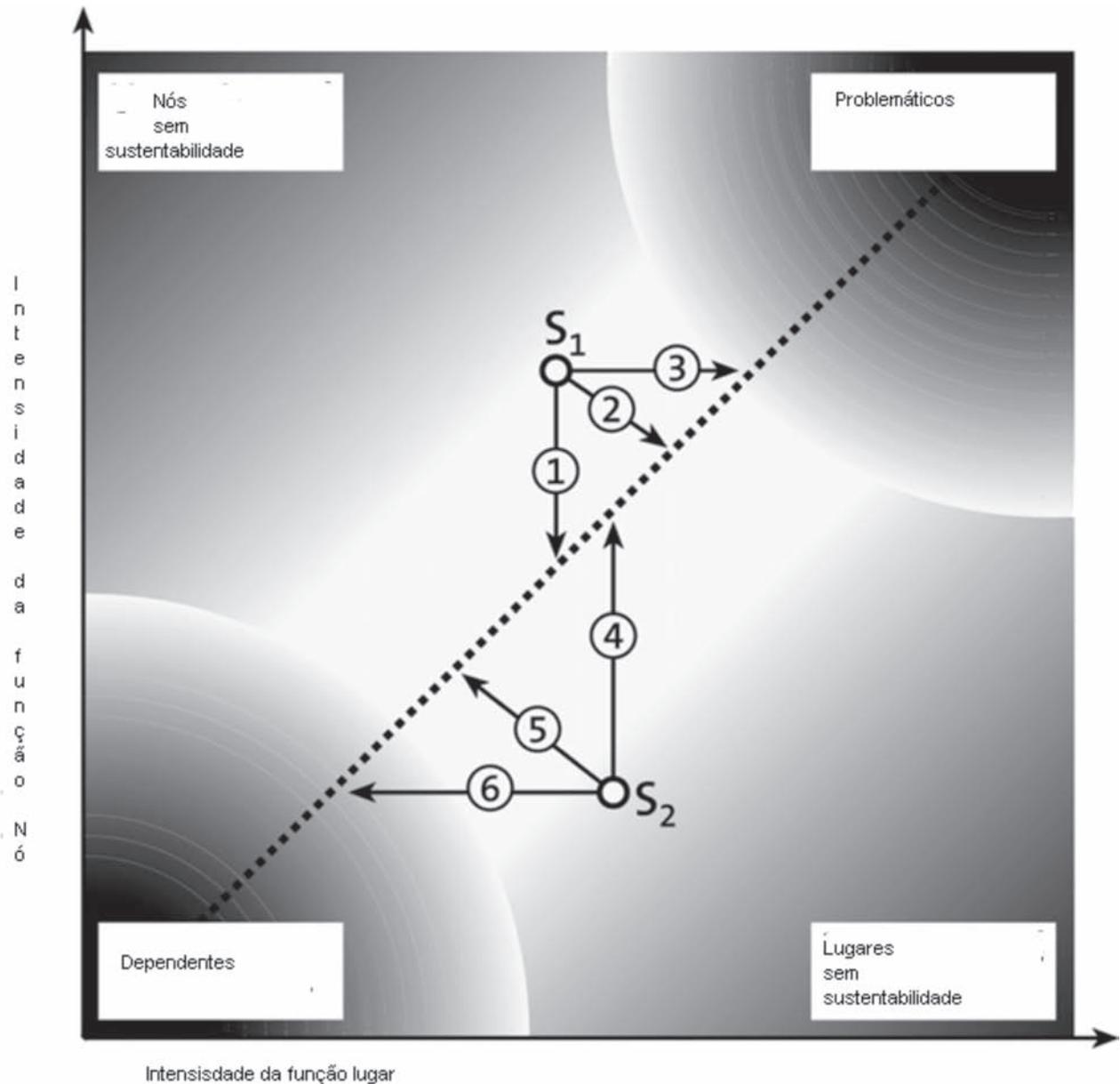


Figura 2.2. Gráfico Nó-Lugar  
Fonte: Reusser et al (2007)

### 2.3 Cálculo das centralidades

Gonçalves (2006) utilizou o conceito de centralidade, com base na teoria dos grafos, como técnica de avaliação das estações ferroviárias. Considerou que em uma rede de comunicação, a centralidade é um atributo dos elementos representados pelos vértices e sua medida está associada à importância, ao prestígio e à influência de atuação de cada elemento.

Freeman (1979), para esclarecer conceitualmente o modelo de centralidade aplicado a uma rede de comunicação social, distingue as centralidades de informação (“degree”), de proximidade (“closeness”) e de intermediação (“betweenness”). Bonacich (2001) propôs uma medida de centralidade na qual as unidades de centralidade são adicionadas entre elementos conectados, isto é, à centralidade de um elemento são adicionadas as centralidades daqueles que com ele estão conectados e Harary (1959) calcula o status ou soma das distâncias entre  $v$

e todos os outros vértices, usando a expressão:

$$s(v_i) = \sum_{j=1}^p d_{ij} \quad (1)$$

onde:

$d_{ij}$  é a distância (física, tempo, número de caminhos) entre o vértice  $i$  e o vértice  $j$ .

A centralidade de informação tem como base a idéia que o número de relações diretas que um elemento estabelece com os outros (dado pelo grau do vértice correspondente) é um aspecto importante de sua posição estrutural (Ruhnau, 2000) e está associado ao número de interações ou conexões de um elemento em uma rede. Na matriz de adjacência do grafo associado à rede, a centralidade de informação pode ser obtida adicionando-se os valores relacionados nas linhas ou nas colunas.

$$C_D(v_i) = d(v_i), v_i \in V \quad (2)$$

A centralidade de proximidade está associada à rapidez de acesso de um elemento em relação aos outros na rede. O elemento com maior centralidade de proximidade é aquele que se comunica com maior rapidez com todos os outros. No grafo associado à rede, a centralidade de proximidade corresponde ao inverso da soma das distâncias do vértice em questão aos demais (ou seja, dos valores relacionados nas linhas/colunas da matriz de distâncias):

$$C_C(v_i) = \frac{1}{\sum_{j=1}^n \text{dist}(v_i, v_j)}, v_i, v_j \in V \quad (3)$$

A centralidade de intermediação tem como base a idéia que a dependência relativa a um elemento é um aspecto importante de sua posição estrutural (Ruhnau, 2000) e está associada ao número de vezes que um elemento participa quando é estabelecida uma interação pelos menores caminhos na rede. O elemento com maior centralidade de intermediação é aquele que participa mais ativamente num processo de interação, no qual se percorre os caminhos mais curtos.

$$C_B(v_i) = \sum_{i=1}^n \sum_{j:k>i}^n \left[ \frac{g_{kj}(v_i)}{g_{kj}} \right] \quad (4)$$

A centralidade de autovetor (“eigenvector”) tem como base a idéia que um elemento é mais central se estabelece relações com elementos que também estão em uma posição central. Seja  $R = [r_{ij}]$  uma matriz de relacionamento, não necessariamente simétrica e com diagonal principal nula. Então:

$$\lambda c(v_i) = \sum_j r_{ij} c(v_j) \quad (5)$$

A Tabela 2.2 apresenta um sumário das características destes indicadores de centralidade, considerando a direção do relacionamento (adaptada de Zemljic, 2005):

Tabela 2.2. Sumário das características dos indicadores de centralidade

Indicador	Direção Relacional	Aspectos Detectados	Aspectos Quantificados pelo Indicador
Centralidade de informação	Entrando Saindo	O elemento de maior visibilidade	Inclui todos os elementos adjacentes. Somente escolhas diretas. Índice local (estação)
Centralidade de proximidade	Entrando Saindo	Elemento próximo de todos os outros.	Liberdade e controle em relação aos outros. Menores caminhos. Considera escolhas indiretas. Índice global (ramal).
Centralidade de Intermediação	Relação direta	Elemento pelo qual passa um grande número de caminhos mínimos.	Somente redes binárias. Considera escolhas indiretas. Índice global (ramal).
Centralidade Auto - vetor	Simétrica Não-simétrica .	Um elemento é mais visível se está conectado com elementos que possuem visibilidade.	Considera aspectos multidimensionais. Índice global (ramal)

### 3. O CASO DA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO.

#### 3.1 Considerações iniciais

O objetivo do estudo de caso é identificar se as condições objetivas indicam a priorização ao modo de transporte do tipo metro-ferroviário e, caso isso se confirme, apresentar procedimentos quantitativos e comparar os resultados das aplicações na área de influência das estações. Com base nessas comparações, dar suporte a medidas que visem à integração modal e faça com que o desenvolvimento socioeconômico se sustente no sistema de transporte metro-ferroviário, a partir de suas estações. Na perspectiva desse estudo, as intervenções sugeridas devem convergir para adoções de medidas que contribuam para a criação de um ambiente auto-sustentável.

#### 3.2 Aspectos relevantes do desenvolvimento urbano e dos transportes na RMRJ

A região metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) é formada por 20 municípios, com uma população de cerca de 11 milhões de habitantes e se situa numa área de 5.693,40 km<sup>2</sup>. Seu sistema de transportes público é formado por trens, metrô, barcas, ônibus, micro-ônibus, táxis e transporte informal, ligando-se entre si com outros sistemas regionais (rodoviário, aéreo, marítimo de cabotagem e dutoviário). Realizam-se diariamente na RMRJ cerca de 20 milhões de viagens, sendo somente 659.000 usando metrô e trens, apesar destes já terem transportados 1.2 milhões de passageiros em 1984 (Gonçalves, 2006).

O sistema de trens urbanos da RMRJ atende 15 dos 20 municípios da região, compreendendo cerca de 280 km de linhas. Em 1998, o Estado do Rio de Janeiro transferiu o sistema de trens urbanos para a iniciativa privada. Atualmente quem opera o sistema é a SuperVia.

Quanto ao Metrô do Rio de Janeiro, conforme o Rio Trilhos (2006), ele foi inaugurado em março de 1979, começando a ser ampliado no ano seguinte com a inauguração das estações de Uruguaiana e Estácio. Novas inaugurações continuaram a acontecer, como a de Cantagalo no segundo semestre de 2006, chegando-se a configuração atual.

A figura 3.1 mostra o mapa das linhas.



Figura 3.1 - Mapa das Linhas  
Fonte: Rio Trilhos (2006)

Os impactos ambientais provocados pelo sistema de transporte, apesar de sentidos pela população de maneira empírica, só recentemente passaram a integrar a pauta de questões relevantes discutidas por organismos nacionais e internacionais. No caso dos congestionamentos severos de trânsito na Região Metropolitana do Rio de Janeiro - relatório final do estudo do IPEA - as deseconomias anuais na Cidade do Rio de Janeiro relativas à perda de tempo custam R\$ 43.167.098,40 (autos= R\$ 12.562.283,90 e ônibus = R\$ 30.604.814,60); ao consumo de combustíveis R\$ 21.164.612,60 (autos = R\$ 20.591.751,00 e ônibus = 572.861,60) e a poluição R\$ 5.528.917,00 (autos= 5.228.224,50 e ônibus = 300.692,50).

Segundo estudo do Ipea e Denatram (2006), o custo anual dos acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras alcançou a cifra de R\$ 22 bilhões - aproximadamente 1,2% do PIB brasileiro - e no Estado do Rio de Janeiro R\$ 947.607.590,00. Considerando que 73% da população do estado está concentrada na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, estima-se para essa região um custo médio equivalente a R\$ 691.753.540,70.

Assim, de acordo com a revisão bibliográfica, uma divisão modal com prioridade ao sistema metro-ferroviário pode reduzir os custos dos congestionamentos, evitar os gastos com acidentes, poupar vidas humanas e contribuir para melhorar a qualidade de vida. Além disso, se verifica que o trem de passageiros metropolitano tem potencialidades de criar uma estrutura urbana com mobilidade não motorizada, incentivar o desenvolvimento socioeconômico no entorno de suas estações e possibilitar a inclusão social.

A integração modal, a aproximação entre estações ferroviárias, residências e locais

de trabalho, a recuperação de equipamentos urbanos, os incentivos à implementação de atividades empresariais no entorno das estações e a contenção dos atuais processos irracionais de ocupação relacionados a favelização e a periferização melhorariam a qualidade de vida, a mobilidade e dariam suporte à sustentabilidade.

A existência de demanda por viagens, áreas adjacentes às estações com uma infra-estrutura de serviços e de transportes, expectativa de redução dos custos com os congestionamentos e melhor qualidade de vida, são elementos que viabilizam uma proposta de integração do trem com o desenvolvimento socioeconômico, na área de influência dos corredores ferroviários da RMRJ.

## **4. APLICAÇÃO DO MODELO NÓ-LUGAR NAS ESTAÇÕES DA LINHA 2 DO METRÔ.**

### **4.1 Considerações iniciais**

Bertolini (1999) sugeriu 9 indicadores nó e 3 indicadores lugar, como mostra a tabela 2.1. Os dados do Metrô-Rio (2008) e do Instituto Pereira Passos (2008) apresentam indicadores, em sua base de dados, diferentes. No primeiro há uma preocupação com a demanda e no segundo com o desenvolvimento socioeconômico no bairro. Assim não foi possível utilizar os mesmos indicadores e foi necessário se fazer as seguintes simplificações:

- Y1 número de estações terminais alcançáveis por trem passou a ser considerada como integração da estação com trem;
- Y2 número de trens partindo da estação passou a ser considerada entradas diárias;
- Y3 foi mantida;
- Y4 número de estações terminais alcançáveis diretamente por ônibus e bonde passou a ser considerada como integração com ônibus;
- Y5 dados não disponíveis;
- Y6 dados não disponíveis;
- Y7 dados não disponíveis;
- Y8 dados não disponíveis;
- Y9 dados não disponíveis;
- X1 número residências no raio de 700 m da estação passou a ser considerada densidade demográfica do bairro da estação;
- X2 número de trabalhadores do setor secundário no raio de 700 m da estação passou a ser considerada porcentagem de instalações industriais;
- X3: número de número de trabalhadores do setor secundário no raio de 700 m da estação passou a ser considerada porcentagem de lojas comerciais e de serviço;
- X4 foi mantida.

A figura 4.1 mostra o gráfico de barra dos resultados

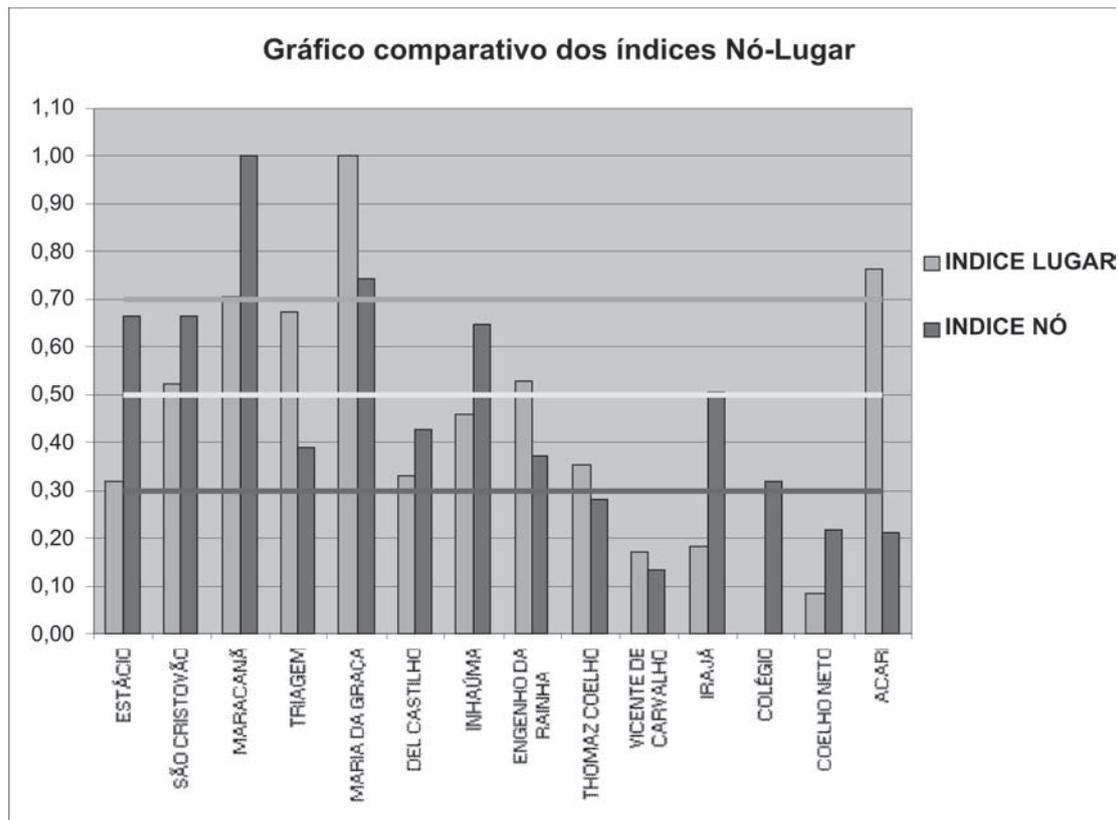


Figura 4.1 Gráfico comparativo dos índices Nó-Lugar

Foram utilizados os seguintes critérios para classificar as estações nas cinco regiões;

- As estações dependentes necessitam de intervenções para aumentar a oferta de transporte e de empregos e seus índices nó e lugar aproximadamente entre 0 e 0,30.
- As estações equilibradas têm a oferta de transportes e empregos balanceadas, possuem índices nó e lugar próximos e com aproximadamente valores entre 0,30 e 0,50.
- As estações sem sustentabilidade como nó tem relações humanas deterioradas devido ao excesso de transporte disponível para realizar atividades (trens vazios), possuem índice nó superior ao índice lugar e aproximadamente maior que 0,70.
- Estações sem sustentabilidade como lugar, a oferta de transporte não é suficiente para realizar todas as atividades, possuem índice lugar superior ao índice nó e aproximadamente maiores que 0,70.
- Estações problemáticas têm as ofertas de transportes e atividades competindo, isto é, o aumento de um necessita do aumento do outro, possuem índice nó e lugar próximos e aproximadamente maiores que 0,70.

Classificação obtida:

- Estações dependentes: Vicente de Carvalho, Thomaz Coelho, Colégio e Coelho Neto.
- Estações equilibradas: São Cristóvão, Del Castilho, Inhaúma e Engenho da Rainha.

- Estações sem sustentabilidade como nó: Estácio e Irajá.
- Estações sem sustentabilidade como lugar: Acari e Triagem.
- Estações problemáticas: Maria da Graça e Maracanã.

#### **4.2 Análise dos resultados.**

Os resultados serão analisados de acordo com a classificação, isto é: dependentes, equilibradas e sem sustentabilidade.

As estações dependentes têm índices de Nó e de Lugar baixos necessitam de intervenções. As estações de Vicente de Carvalho, Thomaz Coelho e Colégio pertencem a bairros na mesma região administrativa de Irajá. Tais estações poderiam se juntar à de Irajá num plano de melhorias.

As estações equilibradas devem ser monitoradas para se tornarem auto-sustentáveis. No caso de São Cristóvão, Del Castilho e Engenho da Rainha isso de certa forma reflete a realidade. O bairro de São Cristóvão faz parte da história da Cidade do Rio de Janeiro, pois foi residência da família imperial, e tem em seu entorno importantes equipamentos urbanos. Ele está inclusive inserido no Plano de Reabilitação Integrada – PRI, que propõe uma ampla requalificação da área. No entorno dos bairros de Del Castilho e Engenho da Rainha está havendo expansão imobiliária e investimentos no setor terciário. Além disso, esses dois bairros têm acesso a Linha Amarela. No caso da estação Inhaúma, o resultado é melhor do que o esperado, pois está situada em um bairro com graves problemas sociais. Uma explicação pode ser pelo número expressivo de instalações industriais e significativas de entradas diárias. Apesar de não estar classificada como estação dependente, intervenções governamentais poderiam minimizar o seu esvaziamento socioeconômico e evitar que ela passe a ser classificada como problemática.

Estações sem sustentabilidade como Nó – Estácio e Irajá - devem sofrer intervenções no setor de transporte e uso do solo. A integração modal deve ser ampliada com objetivos de melhorar o uso de equipamentos ou servir de incentivo para novos investimentos. Além disso, o uso do transporte não motorizado deve ser mais utilizado no acesso aos equipamentos existente no entorno. A estação Estácio classificada como tal, está situada próxima ao Centro da Cidade, possui em seu entorno importantes equipamentos urbanos, como o Centro Administrativo da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, faz o transbordo da linha 1 para a linha 2 e pode servir da ligação da Zona Norte com a Sul da cidade através de dois túneis: Santa Bárbara e Rebouças. Esses aspectos sinalizam que tem condições de melhorar sua classificação se forem implementadas intervenções visando um balanceamento como Nó e Lugar da RMRJ. Um projeto mais elaborado considerando, também, as centralidades, pode tornar o local auto-sustentável.

A estação de Irajá apresenta posição não condizente com sua importância, pois está situada em um bairro que possui ligações por ônibus e transporte alternativo com municípios e bairros da RMRJ. A razão é que o modelo só considera esta realidade quando inserida em plano de integração modal. Assim se, por exemplo, fosse estabelecida uma ligação com os trens da SuperVia, através da estação Penha, e estabelecida a integração modal, com certeza, teríamos uma classificação de acordo com sua importância como nó e lugar do sistema de transporte lugar da RMRJ.

As estações sem sustentabilidade como Lugar - Acari e Triagem - devem buscar melhorar a integração entre transporte e uso do solo e como consequência balancear os dois índices. As duas estações estão situadas em bairros com graves problemas sociais e apresentam uma classificação melhor do que o esperado. A explicação é que em seus bairros há um número expressivo de instalações industriais e significativas entradas diárias. Esse aspecto, detectado pelo modelo, sinaliza a necessidade de intervenções no setor de transportes visando adequar o Nó com a importância do Lugar. Apesar de não estarem classificadas como dependentes, intervenções governamentais poderiam reduzir o esvaziamento socioeconômico no entorno e evitar que elas passem a ser classificadas como problemáticas.

As estações problemáticas têm os dois índices com valores altos e sem balanceamento. Além do balanceamento buscado no modelo, devem ser objeto de estudo para implementação de políticas como o TOD. A estação de Maria de Graça tem em seu entorno instalações industriais e já foi local de integração modal. Maracanã, além dos equipamentos urbanos importantes como o Estádio Mario Filho, tem integração com trens - indicador importante para o modelo - que fez com que ela superasse São Cristóvão, apesar das duas apresentarem índices de nó e lugar semelhantes.

## 5. CÁLCULO DAS CENTRALIDADES NO RAMAL SARACURUNA.

### 5.1 Considerações iniciais.

O estudo das centralidades no corredor ferroviário diz respeito a duas questões: acessibilidade e atratividade. No que se refere à acessibilidade, busca-se evitar a duplicação dos serviços, sugerindo uma distribuição equilibrada no âmbito dos equipamentos urbanos, e empreender melhoria nos transportes, indicando a modalidade mais adequada para a integração modal, reduzindo, desta forma, o tempo de percurso entre os equipamentos urbanos. No que se refere à atratividade, além de intervenções que minimizem as distâncias e tempos à estação, sugere-se também implementar atividades que atraiam viagens para o local.

As relações entre os conceitos de centralidade e as soluções propostas estão registradas a seguir:

- **Centralidade de informação:** indicará as estações mais propícias para melhorar a imagem do sistema ferroviário, implementar desenvolvimento socioeconômico e servir de pólo de integração modal.

- **Centralidade de proximidade:** tem como objetivo indicar as estações mais apropriadas para melhorar a qualidade de serviço.

- **Centralidade de intermediação:** está relacionada com a melhoria da qualidade de serviço e a integração modal.

- **Centralidade autovetor:** indicará as melhores estações para aumentar a capacidade do sistema.

- **Centralidade de informação:** uma estação localizada no vértice com maior grau é a mais apropriada para ser um pólo de integração modal.

## 5.2 Resultados

Para efetuar o cálculo das centralidades no Ramal Saracuruna foi usada a matriz Origem-Destino fornecida pela SuperVia (2004). Nas conexões entre as estações do ramal, a matriz de adjacência foi construída através do seguinte procedimento: a partir da matriz Origem-Destino ferroviária cada estação foi ligada a no máximo 4 estações, sendo estas as de maiores fluxos. A matriz de adjacência da área de influência do ramal foi construída conectando bairros através da matriz origem-destino do PDTU (Sectran, 2006).

Tabela 5.1 Centralidades na área de influência

Centralidade	Informação (Cinf)	Proximidade (Cp)	Intermediação (Cint)	Autovetor (Cav)
<b>Localidade</b>				
Bonsucesso	3%	5%	4%	2%
Braz de Pina	5%	4%	<b>11%</b>	4%
Centro	11%	6%	14%	12%
Cidade Universitária	2%	5%	3%	1%
Cordovil	4%	5%	6%	3%
Del Castilho	3%	5%	4%	2%
Engenho da Rainha	4%	5%	4%	2%
Inhaúma	1%	4%	0%	0%
Irajá (T. Coelho)	<b>9%</b>	<b>6%</b>	<b>10%</b>	<b>30%</b>
Jacarezinho (Hig)	3%	4%	2%	2%
Jardim América	1%	4%	1%	1%
Manguinhos	2%	5%	3%	1%
Maré	<b>9%</b>	<b>6%</b>	5%	<b>16%</b>
Maria da Graça	2%	4%	1%	1%
Morro do Alemão	5%	5%	5%	2%
Olaria	2%	4%	2%	1%
Parada de Lucas	2%	5%	3%	1%
Penha	7%	5%	4%	4%
Penha Circular	<b>11%</b>	5%	<b>12%</b>	<b>12%</b>
Ramos	6%	5%	4%	3%
Vigário Geral	3%	4%	3%	1%

Tabela 5.2 - Centralidades no ramal

Centralidade	Informação (Cinf)	Proximidade (Cp)	Intermediação (Cint)	Autovetor (Cav)
<b>Localidade</b>				
Centro	<b>16%</b>	<b>15%</b>	<b>21%</b>	6%
Bonsucesso	7%	7%	15%	8%
Braz de Pira	4%	0%	0%	<b>9%</b>
Duque de Caxias	<b>16%</b>	<b>13%</b>	<b>33%</b>	7%
Cordovil	4%	0%	0%	9%
Gramacho	<b>16%</b>	<b>15%</b>	<b>32%</b>	6%
Manguinhos	5%	8%	0%	8%
Olaria	7%	5%	0%	<b>9%</b>
Parada de Lucas	5%	8%	0%	8%
Penha	5%	8%	0%	8%
Penha Circular	4%	8%	0%	8%
Ramos	5%	8%	0%	7%
Vigário Geral	7%	6%	0%	6%

### 5.3 Análise dos resultados

Os resultados relacionados na tabela 5.1 – ligações através da matriz O-D – mostram que as localidades situadas nas extremidades do ramal mantiveram sua centralidade e algumas localidades situadas no interior do ramal, por exemplo Ramos, perderam centralidade. Isto pode ser atribuído às alterações na forma de ocupação do solo, decorrentes da concorrência dos sistemas motorizados. O Bairro de Irajá – onde existe uma estação de metrô – ganhou centralidade, pois está bem situado em termos de valores de centralidade de informação, de proximidade, de intermediação e autovetor. Num projeto de desenvolvimento socioeconômico, com suporte no sistema metropolitano de trens de passageiros, é um local estratégico, pois além de ser o local adequado para alocar pólos comerciais e industriais, deve ser usado como pólo de integração modal e territorial. Por outro lado, sua centralidade autovetor indica que, através de intervenções, pode-se diluir a sua importância pelos bairros adjacentes, evitando o gigantismo e contribuindo para o desenvolvimento mais equilibrado e sustentável.

Em relação aos resultados no interior do ramal (viagens de trens entre as estações), relacionados na tabela 5.2 se pode verificar o quanto foi prejudicial à competição entre o sistema de trens e os modos de transportes motorizados, pois vários bairros perderam centralidade o que, com certeza, contribuiu para a degradação socioeconômica da região. As centralidades nos pontos terminais mostram que as estações interiores estão subutilizadas. No entanto, como o sistema de trens está em processo de revitalização, os futuros investimentos da empresa ferroviária podem ser orientados pelos resultados obtidos. Assim, reforçando-se as centralidades de informação, proximidade, intermediação e autovetor, no entorno das estações, e de acordo com suas vocações (a figura 3.1 mostra o uso do solo na região), é possível gerar um ambiente favorável ao aumento da demanda, e conseqüentemente obter uma distribuição mais equilibrada dos fluxos de viagens no ramal.

Os resultados apontam as estações terminais do Ramal Saracuruna – Centro e Duque de Caxias (próxima a Vigário Geral) como aquelas onde as intervenções repercutiriam com mais rapidez em todo o ramal, haja vista as centralidades. Por outro lado, a Estação Estácio da Linha 2 do Metrô deve ter as ofertas de transportes e atividades balanceadas e integrada com os trens do Ramal Saracuruna, haja vista que o Modelo Nó-Lugar considera importante a integração entre trens.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados pelos dois procedimentos mostram que eles podem dar suporte a projetos que visem à criação de um ambiente onde haja desenvolvimento socioeconômico auto-sustentável. Se por um lado o conhecimento das centralidades aponta os locais mais apropriados para determinadas atividades, por outro, o Método Nó-Lugar possibilita classificá-los quanto ao balanceamento entre atividades e transportes.

As centralidades da estação de Irajá a indicavam como pólo de atividades e foco da integração modal. No entanto, o Método Nó-lugar classificava essa estação como sem sustentabilidade como nó do sistema de transporte. Apesar de diferentes, os resultados são coerentes. As centralidades foram obtidas a partir dos deslocamentos das pessoas, mas sem avaliar a qualidade desses deslocamentos. O Método Nó-lugar, no entanto, obteve a classificação sob o ponto de vista de um sistema de transporte com integração modal e balanceado com as atividades no entorno.

Assim, em regiões onde exista um sistema metro-ferroviário e se pretende promover desenvolvimento socioeconômico auto-sustentável se pode identificar os locais para alocar atividades usando as centralidades e avaliar o balanceamento entre atividades e disponibilidade de transporte usando o Método Nó-Lugar.

Os dois procedimentos requerem refinamentos adicionais, provenientes da base empírica e das características de projetos futuros. Além disso, durante o processo de implementação das estratégias sugeridas deve-se estar atento aos aspectos qualitativos e fazer uma análise complementar.

Em relação às recomendações, de acordo com a bibliografia, no caso da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) e de outras metrópoles brasileiras, o processo de revitalização urbana pode seguir exemplos bem sucedidos na União Européia, Ásia e EUA, de uso de sistemas metro-ferroviários, e dos conceitos do desenvolvimento orientado ao transporte de alta capacidade (“transit oriented development”), pois é um enorme desperdício a subutilização da infra-estrutura ferroviária, enquanto ao seu lado, corredores rodoviários operam congestionados, com elevados índices de acidente e as conseqüentes deseconomias. Além disso, os ganhos sociais justificam os investimentos, o que defendido por diferentes planos, inclusive o de Doxiades (Gonçalves, 2006), para a RMRJ, que infelizmente só é lembrado pelo poder público para respaldar a construção de vias expressas. Por fim, deve-se ressaltar que tais programas de requalificação das estações metro-ferroviárias e de seus ramais devem fazer parte de um plano de desenvolvimento e de transportes para toda a metrópole, integrando os setores socioeconômicos, estimulando a participação dos atores intervenientes e promovendo a cidadania.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, M. DE A., A Evolução Urbana do Rio de Janeiro, 3 ed., Rio de Janeiro, IPLANRIO, 1997.
- BERTOLINI, L. Spatial development patterns and public transport: the application of analytical model in the Netherlands, *Planning Practice & Research*, vol 14, No. 2, pp 199-210, 1999.
- BERTOLINI, L, SPIT, T. *Cities on Rails*, Spon Press, Taylor & Francis Group, London and New York, 2007.
- BONACICHI, P. Factoring and Weighing approaches in Status Scores and Clique Identification, *Journal of Mathematical Sociology* 2, pp 113-120, 1972.
- BONACICH, P. Power and Centrality: A Family of Measures, *The American Journal of Sociology*, V. 92, No. 5, pp. 1170-1182, 1987.
- BONACICH, P. Eigenvector-like measures of centrality for asymmetric relations, *Social Networks*, 23: pp 191-201, 2001.
- CERVERO, R. Integração de transportes urbano e planejamento urbano, Curso de gestão urbana e de cidades, Belo Horizonte, Brasil, 2002.
- CERVERO, R. Accesible cities and regions: a framework for sustainable transport and urbanism in the 21 st century, in: *Urban Transport*, Berkeley, 2005.
- FIGUEIREDO, W.C. Modelos integrados de planejamento e uso do solo e transportes, *CETRAMA*, n.1, v.1, pp. 5-9, UFBA, Bahia, 2005.
- FREEMANN, L. C. Centrality in Social Networks. Conceptual Clarification.", *Social Networks*, 1: pp 215-239, 1979.
- GIMENES, L. U. Estação intermodal como gerador de centralidades metropolitanas: o nó metroferroviário da Luz, *Concurso de Monografias CBTU*, Rio de Janeiro, 2005.
- GONÇALVES, J. A. M. Contribuição à análise quantitativa das potencialidades de trem de passageiros em integrar a estrutura urbana, Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2006.
- GONÇALVES, J.A.M., PORTUGAL, L. S., NASSI, C.,D., *Trem Orientado a Integração dos Transportes e ao Desenvolvimento. Impactos Estimados para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro*, CLATPU, Rio de Janeiro, 2007.
- HARARY, F. Status and contrastatus. *Sociometric* 22, pp. 23-43, 1959.
- REUSSER, E., D., LOUKOPOULOS, P., STAUFFACHER, M., SCHOLZ, W., R. Classifyng Railway Stations for Sustainable Transitions – Balancing Node and Places Functions, *Journal od Transport Geography*, No. 16, pp 191-202, 2008.
- INSTITUTO PEREIRA PASSOS, Disponível em: [www.rio.rj.gov.br/ipp](http://www.rio.rj.gov.br/ipp), Acesso em 05/08/2008.

- IPEA E DENATRAM, Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras, Portal de serviços, Disponível no site: <[www.denatran.gov.br/](http://www.denatran.gov.br/)>, acesso em 07/08/2007.
- IPEA, Redução das Deseconomias Urbanas Com a Melhoria do Transporte Público, Relatório Final, Agência Nacional Transporte Público, 1998.
- LEAL, J.E., BALASSIANO, R. Operação Privada de Trens de Subúrbio: Avaliação de Possíveis Cenários para O Rio de Janeiro. Anais do Congresso da Associação Nacional de Transportes Públicos – ANTP, 1999.
- METRÔ RIO, Disponível em <<http://www.metrorio.com.br>>, Acesso em 05/07/2008
- PORTAL DA UNIÃO EUROPÉIA, Transporte e Uso do Solo, Disponível em: < <http://www.europa.eu>>, 07/06/2004.
- RIO TRILHOS, Companhia de Transportes sobre Trilhos do Rio de Janeiro, Disponível em: <<http://www.riotrilhos.rj.gov.br>>. Acesso, 09/05/2006.
- RUHNAU, B. Eigenvector-centrality – a Node-centrality?, Social Networks 22, pp 357-365, Dortmund, Germany, 2000
- SECTRAN, Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, Governo do Rio de Janeiro, RJ, 2006.
- SHINBEIN, PH, J. E. ADLER, J.L., , Land Use And Rail Transit, Transportation Quartely, Vo. 49, No 3., pp 83 – 91. 1995.
- SINTESIS, Plan Especial para la Ordenación Urbanística del Entorno de la Estación de Ferrocarriles de Puerto Cabello, Informe, IERU, Universidad Simon Bolívar, Venezuela, 2003.
- SUPERVIA, SuperVia: Uma Boa Viagem, Relatório, SuperVia Concessionaria de Transportes Ferroviários S.A., RJ, 2004.
- SUPERVIA, Seminário, Disponível no Site: [www.bndes.gov.br/conhecimento/seminário](http://www.bndes.gov.br/conhecimento/seminário), Acesso em 7/08/2007.
- VICTORIA TRANSPORT POLICY INSTITUTE, Transportation demand management, disponível: <<http://www.vtpi.org/tdm45.htm>>, acesso 01/06/2008.
- ZEMLJIC, B., HLEBEC, V., Reliability of measures of centrality and prominence, Social Networks 27, pp. 73-88, 2005.