

# **METODOLOGIA PARA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIAIS À OTIMIZAÇÃO DE ITINERÁRIOS EM UM SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE DE PASSAGEIROS**

**Rafael Lucas Corrêa de Mélo**

**Carlos David Nassi**

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Programa de Engenharia de Transportes

## **RESUMO**

Os modelos de planejamento em transportes frequentemente se utilizam de complexas coletas e análises de dados, limitando, muitas vezes, sua aplicação em cidades pequenas e médias no Brasil. Pretende-se assim, contribuir com uma metodologia simplificada para se identificar áreas, em um sistema integrado de transporte de passageiros, com maior probabilidade de alterações de itinerários representarem redução de transbordo e de custos totais no sistema de circulação. O modelo utiliza um Sistema de Informações Geográficas, dados de embarque/desembarque e mapas de cadastro urbano, apresentando um diagnóstico mediante critérios pré-determinados. O modelo foi aplicado à cidade de Macaé–RJ, onde alterações realizadas nas áreas de alto e médio potencial à otimização de itinerários resultaram na redução de transbordo em 83% dos casos. A utilização de tecnologia SIG sobre dados básicos de planejamento em transporte e a simplicidade do modelo representaram significativo potencial de sua utilização por órgãos gestores municipais e empresas operadoras.

## **ABSTRACT**

The complexity of data supply and mathematical models for transport planning often represent limitation factors for its application in small and middle cities in Brazil. This work intend to contribute with the development of a simplified methodology to identify potential areas of itineraries optimization in an integrated passenger's transport system. The model is based on using a Geographic Information System, passengers boarding/out boarding data and urban data record maps. Its results point out to areas with higher probability for transfer reduction and total cost reduction in the movement system through changing itineraries. The model was applied in the Macaé city where changes in high and middle potential areas resulted in a transfer reduction of 83%. The use of GIS technology with basic data of transport planning and the simplicity of the model, leads it to be useful for public managers and bus companies.

## **1. INTRODUÇÃO**

O fenômeno das aglomerações urbanas pela qual vem passando a sociedade nas últimas décadas tem refletido impactos significativos sobre a mobilidade no tecido urbano e na qualidade de vida dos cidadãos. A saturação das cidades, combinada com a deterioração dos serviços de transporte coletivo e a disponibilização do automóvel no mercado a menores custos, tem conduzido grande parte das cidades a situações caóticas nos sistemas de transporte.

As medidas operacionais e táticas adotadas por diversos órgãos gestores, principalmente ao longo dos anos 60 e 70, como o aumento da capacidade de vias, demonstraram nos anos seguintes sua incapacidade na contenção dos impactos negativos dos transportes (Ortúzar e Willumsen, 1996). Este autores apontam, no estado da arte em estudos de planejamento de transporte, uma evolução que parte de análises do aumento da capacidade de escoamento mediante aporte de infra-estrutura, até análises que adotam o uso do solo como variável explicativa de base, seguida de significativo aporte de dados desagregados para aplicação em modelos matemáticos, além do uso de modelos de preferência declarada, conforme classifica Novaes (1986).

No entanto, o aporte de dados necessários em modelos matemáticos e sua complexidade para realização de coleta e análise representam, muitas vezes, fatores limitantes à sua aplicação por

entidades públicas e empresas operadoras. Di Pierro (1985) aponta que a complexidade desses modelos advém do fato de serem elaborados geralmente em países desenvolvidos capazes de prover adequadamente os insumos requeridos por tais modelos.

Desta forma, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um modelo de utilização simplificada para identificação de áreas potenciais à otimização de itinerários em um sistema integrado de transporte coletivo de passageiros. O modelo utiliza tecnologia SIG (Sistema de Informações Geográficas) como plataforma operacional e, de forma resumida, caracteriza áreas geográficas conforme critérios pré-determinados que apontam a potencialidade da área em reduzir a necessidade de transbordo.

O modelo foi aplicado ao caso do Sistema Integrado de Transporte da cidade de Macaé – RJ, o qual apresentou resultados satisfatórios no processo de diagnóstico e nas decisões tomadas pelas entidades competentes.

Assim como no estudo de caso, a evolução do tecido urbano constitui característica intrínseca de todas as cidades e exige o constante monitoramento e rearranjo dos sistemas de transporte, para os quais se pretende fornecer uma contribuição metodológica.

## **2. CONCEITOS BÁSICOS DO MÉTODO PROPOSTO**

O método proposto tem como objetivo principal a identificação de *áreas* de acordo com seu *potencial à otimização de itinerários*.

A adoção de *áreas* como objeto deste estudo está relacionada à área de influência de uma linha alimentadora ou circular (bairro ou localidade) e ao fato de que uma alteração de itinerário em um sistema integrado poderá impactar outras linhas, geralmente na área onde houver alteração.

O termo *potencial* é aqui empregado com base no conceito de *Potencial Ambiental* apresentado por Xavier-da-Silva (2001) que o classifica como “um levantamento de condições ambientais no qual são identificadas a extensão e possível expansão territorial de um processo ambiental”.

A extensão e a possibilidade de expansão do processo apontada por este autor são aplicadas neste estudo sobre atributos e processos do sistema de transporte analisado e do contexto urbano em que este está inserido.

O conceito de *Área Potencial* é adotado no objetivo do método proposto e corresponde à área geográfica que contém aspectos ou condições que representam maior ou menor possibilidade de se *otimizar itinerários*.

A *otimização de itinerários* é adotada enquanto atributo diretamente relacionado à redução do volume de transbordo por implantação de linhas diretas e à redução de custos totais no sistema de circulação. Cabe destacar, que a implantação de ligações diretas também pode representar impactos negativos, os quais são relativizados pelo modelo quando apresenta quantidade significativa de variáveis concorrendo à implantação de uma ligação direta, o que reflete maior probabilidade destes impactos serem justificados.

O desenvolvimento da metodologia foi inicialmente pautado pela hipótese de que *os locais de maiores volumes de transbordo envolvendo linhas de menor extensão, representam locais com maior possibilidade de uma ligação direta representar redução nos custos totais do sistema.*

Esta hipótese foi formulada com base em três considerações principais como se segue:

- a) Grandes volumes de passageiros transportados em curtas distâncias representam maiores dificuldades operacionais
- b) Quantidade significativa de usuários pode ser beneficiada com a eliminação do transbordo
- c) Grandes volumes de transbordo representam maiores custos administrativos

Na relação entre os locais com maiores volumes de transbordo envolvendo linhas de menor extensão se utiliza, inicialmente, o *Volume de Passageiros por Ponto de Parada* e o *IPE (Índice de Passageiros por Extensão da Linha)*. O primeiro corresponde ao somatório do total de embarque e desembarque de passageiros por ponto de parada em determinado período de tempo e o segundo, à maior relação entre o volume de passageiros transportados e a extensão da linha. O IPE foi utilizado em outros trabalhos com outras siglas ou de forma mais específica como no caso do *IPEC (Índice de Passageiro por Extensão de Corredor)* (AGERGS, 2007) e o *IAP (Índice de Aproveitamento Padrão de Passageiros)* (ANTP, 2007).

As outras variáveis explicativas analisadas referem-se ao *IPK (Índice de Passageiros por Quilômetro)*, à *Demanda Revelada*, ao *Perfil de Sobe-Desce* e à *Caracterização da Área em Análise*, que serão melhor abordadas no próximo item.

A ferramenta básica para aplicação do modelo é um *Sistema de Informações Geográficas (SIG)* que consiste, de forma geral, em um conjunto de tecnologias de entrada e saída de dados, tendo um *software* como principal base operacional de dados gráficos e alfanuméricos georeferenciados. Burrough (1986) divide um SIG em: interface com o usuário; entrada de dados e verificação; armazenagem e gerenciamento do banco de dados geográfico, funções para manipulação, análise e saída de dados com visualização e plotagem.

O modelo apresentado neste artigo foi desenvolvido para aplicação em sistemas de transporte de passageiros que possuam a integração física como concepção estrutural básica. Esta se refere à passagem e parada de veículos de duas ou mais linhas, de forma a permitir ao usuário a realização de transbordo (troca de veículo), praticamente sem a necessidade de caminhar (Ferraz e Torres, 2004).

De forma geral, estes sistemas possuem como diretrizes a otimização dos recursos utilizados no transporte, a promoção da acessibilidade, a racionalização do tráfego e a redução dos impactos ambientais.

Dentre os aspectos negativos dos sistemas integrados, podemos destacar o transbordo como principal elemento de impedância, em função do tempo gasto com a transferência, da possível espera, do desconforto com o deslocamento para o veículo seguinte, da possibilidade de se perder uma conexão, da possibilidade de ocorrência de acidentes no processo de transferência e do custo operacional da segmentação do sistema. Tais aspectos representam importantes

desafios para órgãos gestores, empresas operadoras e à comunidade científica, como por exemplo, no desenvolvimento de métodos para mitigação e minimização destes aspectos.

### **3. O MÉTODO PROPOSTO**

O método utiliza um Sistema de Informações Geográficas e 6 variáveis de análise para a identificação de áreas potenciais à otimização de itinerários, conforme abaixo:

1. *Volume de Passageiros por Ponto de Parada*
2. *IPE (Índice de Passageiros por Extensão da Linha)*
3. *IPK (Índice de Passageiros por Quilômetro)*
4. *Demanda Revelada por Linha*
5. *Perfil de Embarque/Desembarque por Linha*
6. *Caracterização da Área em Análise (geração/atração de viagens)*

1. O *Volume de Passageiros por Ponto de Parada* representa a soma dos valores totais de embarque e de desembarque de passageiros por ponto de parada no pico da manhã (volume total de passageiros).

2. O *IPE* refere-se ao valor obtido com a divisão da quantidade de passageiros transportados por sentido no pico da manhã sobre a extensão da linha por sentido.

3. O *IPK* refere-se ao valor resultante da divisão da quantidade de passageiros transportados sobre a quilometragem total percorrida na linha. A quilometragem total percorrida na linha corresponde à extensão da linha multiplicada pela quantidade de viagens realizadas.

4. A *Demanda Revelada* refere-se à demanda de passageiros observada por linha e por sentido no pico da manhã.

5. O *Perfil de Embarque/Desembarque por Linha* refere-se ao mapeamento dos volumes de embarque e desembarque nos pontos de parada de cada linha por sentido. Este mapa é obtido através da plotagem de gráfico em barras verticais sobre os pontos de parada de cada linha.

6. A *Caracterização da Área em Análise* é realizada com base na superposição dos mapas de uso do solo, de pontos notáveis e de distribuição do total de embarque e desembarque por ponto de parada, de forma a se classificar a área como área de geração e/ou de atração de viagens. Esta classificação é realizada com base na inspeção da predominância dos tipos de uso do solo, da ocorrência de pólos geradores de viagens e da predominância de embarques ou desembarques por ponto de parada na área em análise.

Nos casos em que a área em análise apresentar concentração de usos do solo do tipo comercial e/ou industrial e/ou serviços, pontos notáveis como empresas ou instituições de possível atração expressiva de usuários e maior concentração de desembarques em relação a embarques, a área será classificada como *área característica de atração de viagens*.

Nos casos em que a área em análise apresentar concentração de uso do solo do tipo residencial, pontos notáveis com expressão pouco expressiva de atração de usuários e predominância de volume de embarque sobre desembarque, a área é classificada como *área característica de geração de viagens* (figura 1).

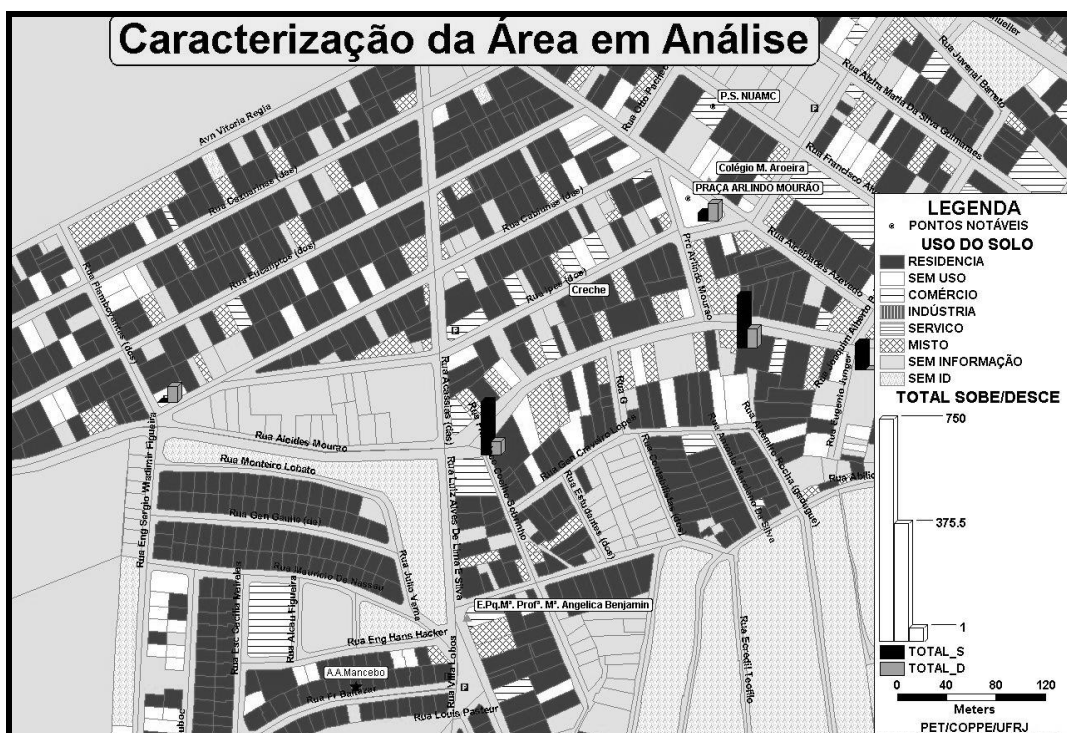


Figura 1 – Exemplo de caracterização de área através da sobreposição dos mapas de uso do solo, volumes totais de embarque e desembarque por ponto de parada e pontos notáveis

Caso a linha em análise atenda a mais de um bairro em que um possa ser caracterizado como de geração e o outro como de atração de viagens, adota-se que a área em análise apresenta *conflito de uso*.

A partir da disponibilização das 6 variáveis de análise apresentadas anteriormente, segue-se para a aplicação do método proposto que é composto de duas etapas, conforme abaixo:

- I. *Análise Preliminar*
- II. *Análise de Verificação*

I. A *Análise Preliminar* consiste na identificação dos bairros ou localidades que contém *linhas alimentadoras ou circulares de maior IPE* (Índice de Passageiro por Extensão da Linha) em contato com *pontos de parada de maior volume de embarque e desembarque de passageiros* (figura 2).



Figura 2 – Exemplo de *Análise Preliminar* do método proposto, com a identificação de locais onde há ocorrência de linhas de maior IPE (linha em cor escura zebra) em contato com pontos de parada de maior volume (pontos com círculo branco).

As linhas alimentadoras e circulares são classificadas como de *maior, médio e menor IPE*, com base na classificação estatística de quantis, determinando-se 5 classes que contém igual quantidade de observações (classificação estatística de quantis).

As duas primeiras classes foram consideradas como de *menor IPE*, as duas seguintes como de *médio IPE* e a quinta classe como de *maior IPE*. A quinta classe é utilizada como parâmetro inicial na identificação das áreas de alto, médio e baixo potencial à otimização de itinerários, em função de sua importância inicial para o objetivo proposto e por se referir aos maiores valores da amostragem.

Os pontos de parada por volume de passageiros são classificados em seis classes com igual quantidade de observações da amostragem.

Este procedimento constitui a *Análise Preliminar* da metodologia e está baseada na hipótese de que linhas que atualmente transportam elevada quantidade de passageiros em curtas distâncias, sugeridas pelas linhas de maior IPE, seguidas de representativo transbordo, sugerido pelos maiores volumes de embarque e desembarque por ponto de parada, representem elevado potencial para implantação de ligações diretas.

Identificado os locais (bairros ou localidades) desta ocorrência, segue-se para a etapa *II. Análise de Verificação*, que consiste nas seguintes verificações:

1. *Se a linha apresenta IPK elevado*
2. *Se está classificada como de maior demanda de passageiros.*
3. *Se o perfil de sobe-desce das linhas em conexão sugere significativo transbordo com a linha em análise.*
4. *Se a área atendida pela linha apresenta conflito de geração e atração de viagens.*

De acordo com a satisfação das situações acima mencionadas, a área de atendimento da linha alimentadora ou circular, bairro(s) ou localidade(s), é classificada como de *alto, médio ou baixo potencial* à otimização de itinerários. Antes de apresentarmos os critérios para classificação destas áreas, serão apresentados os critérios para identificação dos itens da *Análise de Verificação*, como se segue.

1. As linhas circulares e alimentadoras são classificadas como de *IPK elevado, médio ou baixo*. O *IPK elevado* é considerado no caso de ser superior a 5,0, valor adotado com base no trabalho de Vasconcelos (1997) que aponta este como alto valor médio das cidades nacionais. Os valores identificados entre 2,0 e 5,0 foram considerados de *IPK médio*, com base na média nacional das grandes cidades apontadas pelo último levantamento da NTU (2008). Os valores abaixo de 2,0 foram considerados como de *baixa IPK*, em função de estarem abaixo da média nacional.

2. Estas linhas também são classificadas como de *maior, média e menor demanda*. A classificação sobre a demanda de passageiros é realizada com utilização do método *natural brakes*, podendo ser aplicado por inspeção visual sobre o gráfico em barras verticais da distribuição da demanda (*figura 3*) ou obtido de forma automática, dependendo da ferramenta disponível no *software* utilizado.



Figura 3 – Exemplo de gráfico em barras verticais da distribuição de demanda por linha e sentido no pico da manhã e indicação de “quebras naturais” (setas sobre o gráfico).

3. A verificação *se o perfil de sobe-desce das linhas em conexão sugere significativo transbordo com a linha em análise* é realizada através da plotagem em mapa da identificação da linha em análise e da plotagem do perfil de embarque e desembarque das linhas troncais e circulares que possuem conexão com a linha em análise.

Caso a distribuição de embarque e desembarque apresente um pico no ponto de conexão entre as duas linhas, estas são consideradas como de transbordo significativo (*figura 4*).

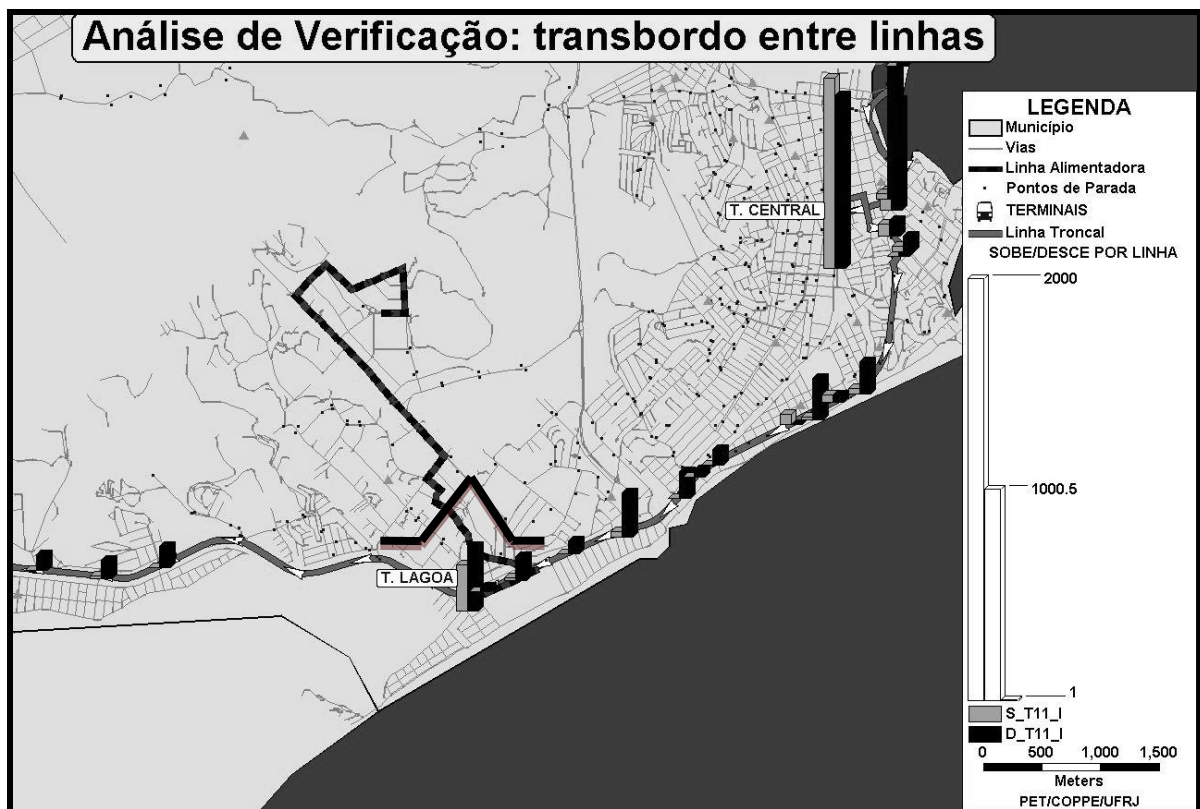


Figura 4 – Exemplo de averiguação de possibilidade de transbordo significativo entre linha alimentadora em análise (cor escura zebrada) e linha troncal (cor clara contínua), onde se pode observar a ocorrência de pico de embarque e desembarque da linha troncal no ponto de conexão com a linha em análise.

4. A verificação se a área apresenta conflito de geração e atração de viagens é realizada com a caracterização da área em análise, como apresentado anteriormente, verificado se os bairros atendidos pela linha apresentam características opostas de geração e atração de viagens.

Este critério é adotado em função de que se a área em análise apresenta as duas características, esta apresenta fator de dúvida se a linha é utilizada predominantemente com ocorrência de transbordo ou se atende principalmente à geração e atração de viagens das áreas atendidas.

Estas verificações são consideradas no modelo para identificação das áreas de alto, médio e baixo potencial, como será exposto a seguir.

### 3.1. Critérios finais de classificação de áreas segundo o potencial

Caso a verificação dos itens acima aponte IPK elevado, linha em análise classificada como de maior demanda, perfil de sobe-desce das linhas em conexão sugerindo significativo transbordo e se a área não apresenta conflito de geração e atração de viagens, a área em análise é classificada como de *alto potencial à otimização de itinerários*.

Esta classificação é adotada tendo em vista que os critérios utilizados no modelo, apresentam, neste caso, os valores mais expressivos do sistema de transporte em análise, representando forte indicativo de que uma quantidade expressiva de passageiros tenha que percorrer distâncias relativamente curtas em uma das linhas e necessariamente realizar transbordo.



Desta forma, são apresentadas as áreas prioritárias para levantamentos de apoio à tomada de decisão, que possam indicar a melhor alteração de itinerários da área analisada.

Nos casos das áreas analisadas, em que um dos itens da etapa de verificação não esteja de acordo com a classificação de *alto potencial*, a área em análise é classificada como de *médio potencial à otimização de itinerários*.

Este critério é adotado, tendo em vista que o modelo não utiliza nenhum indicador direto de transbordo, estando sua consistência representada pela ocorrência simultânea e em mesma área geográfica dos atributos considerados no processo de análise. Sendo assim, caso alguma das variáveis não apresente os maiores valores do sistema, adota-se um nível inferior de potencial (*médio potencial*), em função da redução de representatividade das variáveis para o objetivo proposto.

No caso da linha em evidência estar classificada como de *baixa demanda* de passageiros, a área em análise é classificada como de *baixo potencial à otimização de itinerários*.

Este critério é adotado com base em que linhas circulares ou alimentadoras de baixa demanda dificilmente poderão justificar a alteração de itinerário de sua área de influência, caso atue como única opção de transporte local.

As outras áreas atendidas por linhas circulares e alimentadoras que não foram contempladas como de *maior IPE* também são classificadas como de *baixo potencial à otimização de itinerários*, tendo em vista que a relação entre a quantidade de passageiros transportados e a extensão da linha dificilmente poderá justificar a alteração de itinerário sem comprometer outros indicadores operacionais.

A fim de sintetizar o método proposto, foram elaborados dois diagramas (funcional e expandido), conforme *figuras 5 e 6*.

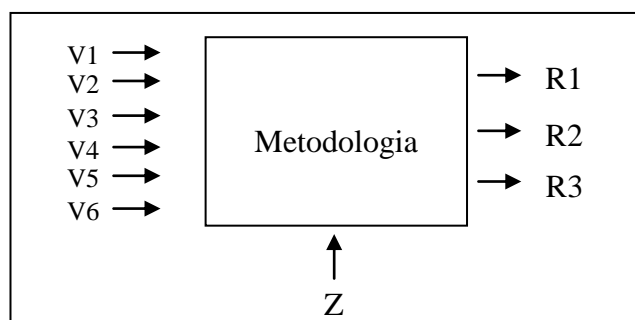


Figura 5 – Diagrama funcional do processo metodológico proposto

Onde:

- V1 - Volume de Passageiros por Ponto de Parada
- V2 - IPE (Índice de Passageiros por Extensão da Linha)
- V3 - IPK (Índice de Passageiros por Quilômetro)
- V4 - Demanda Revelada por Linha
- V5 - Perfil de Embarque/Desembarque por Linha

V6 - Caracterização da Área em Análise (geração/atração de viagens)  
 Z – Modelo de análise em plataforma SIG  
 R1 – Área de Alto Potencial  
 R2 – Área de Médio Potencial  
 R3 – Área de Baixo Potencial

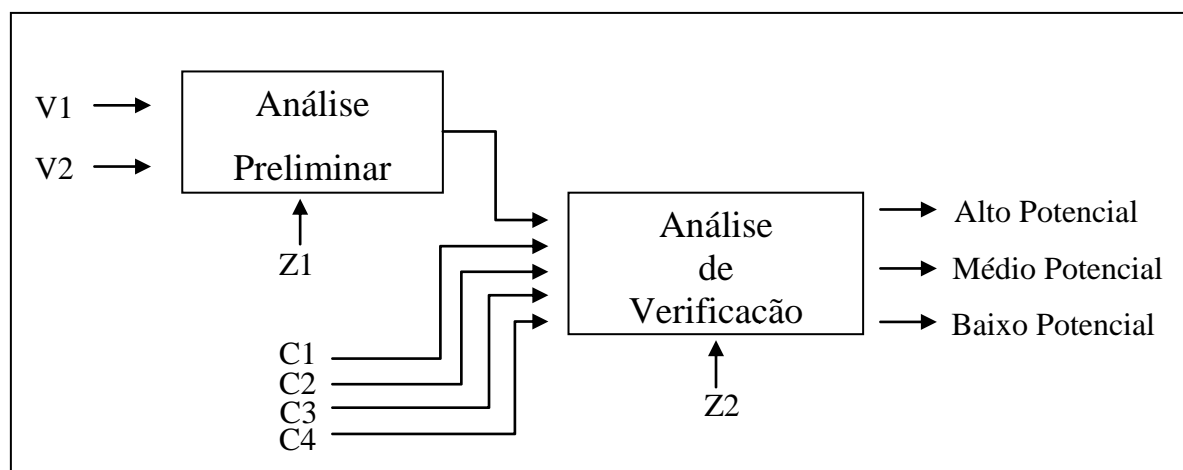


Figura 6 – Diagrama expandido do processo metodológico proposto

Onde:

V1 – Mapa de Volume de Passageiros por Ponto de Parada  
 V2 – Mapa de IPE (Índice de Passageiros por Extensão da Linha)  
 Z1 – Aplicação de ferramenta de localização de atributos em conexão  
 C1 – Mapa de Linhas com IPK no banco de dados  
 C2 – Mapa de Linhas com Demanda Revelada no banco de dados  
 C3 – Mapa de Perfil de Embarque/Desembarque por Linha  
 C4 – Mapas de Uso do Solo, Pontos Notáveis e Embarque e Desembarque por Ponto de Parada  
 Z2 – Modelo de análise em plataforma SIG

#### 4. APLICAÇÃO DO MODELO AO CASO DA CIDADE DE MACAÉ-RJ

O modelo apresentado foi aplicado ao Sistema Integrado de Transporte da cidade de Macaé – RJ, implantado no ano de 2006 com integração física e tarifária, através de 7 terminais de integração e 38 linhas. A demanda total de usuários do transporte coletivo em Macaé foi identificada através de levantamento de campo realizado em 2006 e atualizada em 2008, apresentando uma demanda de 91.314 passageiros por sentido/dia útil e taxa aproximada de 37% de realização de transbordo, resultando em um transporte operacional de 125.438 passageiros.

A aplicação do método na área urbana de Macaé resultou em 8 linhas que atenderam aos critérios da *Análise Preliminar*, que após a aplicação da *Análise de Verificação* resultou em 3 áreas de alto potencial, 3 áreas de médio potencial e 17 áreas de baixo potencial à otimização de itinerários.

Os casos foram analisados pelo Órgão Gestor e Empresas Operadoras, que mediante análises conjuntas com outros dados e informações, resultaram na tomada de decisões com a fusão de 5 linhas entre troncais e alimentadoras, a suspensão de uma linha alimentadora, a implantação

de uma nova linha, a transformação de um dos terminais do sistema em ponto de ônibus comum e o fechamento de um terminal.

De acordo com o Órgão Gestor e Empresas Operadoras, as alterações realizadas nas áreas identificadas como de alto e médio potencial apresentaram resultados positivos para o sistema de transporte de passageiros e de circulação, com a redução de transbordos, diminuição do tempo de percurso total, redução de custos operacionais e administrativos, bem como a eliminação, em alguns casos, da necessidade de interseção realizada por veículo ônibus em via de grande fluxo (Rod. Amaral Peixoto).

Apesar das tomadas de decisões e suas avaliações não representarem objetivo deste trabalho, estas foram consideradas para validação do modelo, o qual apresentou margem de erro de 17%, em função de representar o percentual de áreas de alto e médio potencial onde as alterações realizadas não resultaram em diminuição do transbordo, objetivo principal do modelo.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A metodologia proposta apresentou resultados satisfatórios para os objetivos propostos, tendo em vista a simplicidade alcançada e a identificação de áreas que realmente apresentavam possibilidades de otimização de itinerários, contempladas nas áreas de alto e médio potencial do estudo de caso e onde, na maioria dos casos, foram realizadas alterações com redução do transbordo e redução de custos totais para o sistema de circulação.

Esta também permitiu uma análise integrada de diversas variáveis relacionadas ao sistema de transporte sem que houvesse a complexidade e rigidez das modelagens estritamente matemáticas que, muitas vezes, dificultam sua aplicação prática junto à realidade de Órgãos Executivos de Transporte de municípios brasileiros e empresas operadoras.

O processo analítico do método é realizado em sua primeira etapa, de forma automatizada, através de ferramenta de identificação de relacionamentos topológicos e localização de atributos. Na segunda etapa, o processo é realizado sobre a verificação de cada caso preliminarmente identificado, o que pode tornar o processo demasiadamente lento se aplicado às grandes cidades.

No entanto, esta característica do modelo permite uma averiguação das peculiaridades de cada caso, facilitada pela utilização de um Sistema de Informações Geográficas, através por exemplo, da possibilidade de visualização em diferentes escalas, de diferentes combinações dos atributos do banco de dados sobre o mapa, etc. A utilização desta ferramenta também pode ser indicada para levantamentos posteriores de análise sobre a geometria de vias, rotas alternativas, identificação de pólos geradores de tráfego relevantes a levantamentos mais específicos, entre outros, possibilitando uma boa visualização do problema, como destacaram Kawamoto e Barra (2000) sobre o estado da arte em métodos de roteirização de ônibus.

O modelo permite uma variação do número de classes estatísticas a ser utilizado, o que poderá refletir em maior ou menor inclusão/exclusão de observações, condição que não fora investigada detidamente neste trabalho para o estabelecimento ideal do número de classes. Desta forma, o modelo se manteve baseado nas recomendações da literatura cartográfica que apontam valores entre 4 e 6 classes (Dent, 1999).

Os dados de entrada utilizados no modelo derivam de demanda de passageiros, frequência de viagens, extensão de linhas, pesquisa de sobe/desce e atributos de uso do solo, que correspondem a dados básicos de planejamento e gestão de sistemas de transporte. A utilização destes dados elementares, com uso de ferramentas do *software*, contempladas na maioria dos Sistemas de Informações Geográficas disponíveis no mercado, representam componentes que contribuem à aplicabilidade do modelo.

Além de determinar áreas de maior potencial à otimização de itinerários, o resultado expresso pelo modelo também permite a redução no custo de outros levantamentos, em função de identificar áreas prioritárias para possíveis pesquisas de interesse, como as domiciliares de origem/destino, de capacidade de vias, condições de tráfego, etc.

Enfim, apesar de atingir o objetivo do trabalho, algumas questões podem ser melhor trabalhadas para o aprimoramento desta metodologia, como por exemplo: a identificação dos possíveis limites de escala geográfica de sua aplicação; o horizonte temporal de sua reaplicação; a possibilidade de utilização de outras variáveis importantes; o aprimoramento do método de geração de classes e técnicas estatísticas (agregações, médias, regressões, etc.); a identificação de uma relação aceitável entre *extensão de linha x demanda x volume de transbordo* em um sistema integrado; a geração de um indicador de potencialidade à alteração de itinerários e sua classificação qualitativa; a inclusão de variáveis de suporte à tomada de decisão e a geração de uma *macro* para aplicação automática dos processos executados em ambiente SIG.

#### **Agradecimentos**

Os autores agradecem ao CAPES, GEOMACAÉ (PMM), Secretaria de Mobilidade Urbana (PMM), COPPE/UFRJ e a colaboração de Joelma Barbosa, Sérgio Henrique, Adriana Mancebo e Ana Matos.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- AGERGS (2007) *Nota Técnica DT 12/2007 - Índice de Aproveitamento Econômico Aglomeração Urbana do Sul*. Diretoria de Tarifas e Estudos Econômicos e Financeiros, Agência Estadual de Regulação dos Serviços Públicos do Rio Grande do Sul, RS.
- Calagian, L.O.; B. Alvim, K. Mori e E. Mizumoto (2007) Elementos para a Montagem de Quadro de Indicadores de Desempenho de Transportes em São Paulo. *Anais do 16º Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito*, ANTP, Maceió.
- NTU (2008) *Desempenho e Qualidade nos Sistemas de Ônibus Urbanos*. Associação Nacional de Empresas de Transporte Público, “<http://www.ntu.org.br/novosite/arquivos/Pesquisa%20desempenho.pdf>”.
- Burrough, P.A. (1986). *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press, Oxford.
- Dent, D. (1999) *Cartography Thematic Map Design* (2ª Ed.), WCB McGraw-Hill, New York.
- Di Pierro, L. F. (1985) Determinação de Matrizes de Viagens de Passageiros de Ônibus a partir de uma Pesquisa Embarque/Desembarque. *Revista dos Transportes Públicos*, v. 27, p. 49-68.
- Ferraz, A. C. e I. G. Torres (2004) *Transporte Público Urbano* (2ª Ed), Rima Edições, São Carlos.
- Kawamoto, E. e A. Barra (2000) Roteirização de Ônibus Urbano: Escolha de um Método Adequado às Cidades Brasileiras. *Anais do XI Congresso Panamericano de Engenharia de Trânsito e Transporte*, ANPET, Gramado, p.729-742.
- Novaes, A. G. (1986) *Sistemas de Transporte* (2ª Ed), Edgard Blücher, São Paulo.
- Ortúzar, J. e L. G. Willumsen (1996) *Modeling Transport* (2ª ed), John Wiley & Sons, Great Britain.
- Vasconcelos, E. A. (2000) *Transporte Urbano nos Países em Desenvolvimento – Reflexões e Propostas* (4ª ed.), Annablume, Curitiba.
- Xavier-da-Silva, J. (2001) *Geoprocessamento para Análise Ambiental*, UFRJ, Rio de Janeiro.