

Eficiência Energética e relações Rede - Território

Juan Pedro Moreno Delgado, DSc.

Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana – MEAU / UFBA
Centro de Estudos de Transporte e Meio Ambiente - CETRAMA

ABSTRACT The present paper introduces an analysis about operational aspect from Rio de Janeiro Bus Transit System (STC) envisage to represent the operational and energy system efficiency in spatial terms, recognizing through maps the probable critical areas. Principles of the Reseutique Territoriale and Environment Management by GIS were applied to conceive a Methodology that was carried out to establish as a whole management system for the Transportation and Land Use relation. As a result it were identified the quarters of the South Zone of the city as a critical area (low accessibility, high inefficiency in operational and energy terms) in regard to STC performance.

1. Introdução

O processamento de dados em formato raster ou imagem está constituído por dois operações básicas: a) álgebra de mapas, ou seja, a interpretação, combinação ou transformação dos atributos de feições geográficas provenientes de diferentes “layers” de informação por médio de operações numéricas, visando modelar fenômenos geográficos complexos (Maguire et al, 1991); e, b) análise e processamento de imagens, ou seja, técnicas de análise de imagens digitais.

Predominantemente nos estudos de sistemas de transporte apoiados por GIS-T as aplicações do processamento raster são limitadas a sua funcionalidade como modulo de exibição de fotografias e imagens. Apesar de ser amplamente difundida na análise espacial por geoprocessamento o processamento raster não é utilizado com todo o seu potencial nos estudos de análise das redes de transporte. Consideramos que esta técnica poderia estabelecer grandes contribuições para uma melhor compreensão e representação dos atributos e desempenho das redes e, por conseguinte dos seus impactos no meio ambiente, ou seja, uma nova percepção da rede nos estudos GIS.

Nas cidades, aumentar a mobilidade e acessibilidade enquanto se reduz a congestão continua sendo o principal foco do planejamento de transporte, porém, os aspectos de saúde ambiental e segurança são agora também importantes (Nyerges, T. L., 1995). A preocupação pela eficiência energética, em particular com os combustíveis fósseis não renováveis, sempre considera a produtividade individual, ou seja, as alternativas técnicas e operacionais formuladas pelas unidades empresariais. Raramente considera o desperdício provocado pelo natural desequilíbrio existente entre a oferta e a demanda, fator que está na essência da cidade capitalista (Foladori, 2002). Representar em termos espaciais este grau de eficiência ou ineficiência é uma área de interesse no presente artigo. Com esta finalidade desenvolvemos uma aplicação para a cidade do Rio de Janeiro, analisando os aspectos operacionais do Sistema de Transporte Coletivo por ônibus, visando identificar mediante mapas quais seriam as áreas críticas. Nestas áreas de intervenção, as políticas que procurem a racionalização do uso de derivados de petróleo e a redução dos impactos ambientais, terão uma clara dimensão espacial.

2. Metodologia

A articulação da “Reseutique Territoriale” e da Gestão Ambiental por Geoprocessamento constituem-se os antecedentes metodológicos da nossa proposta, na qual os aspectos conceituais de ambas as teorias estabelecem mecanismos ou vias para a gestão conjunta da relação Rede de Transporte e Território.

2.1 Antecedentes metodológicos

2.1.1 A *Reseautique Territoriale*, também chamada de *retistique*, oferece uma abordagem global das redes na sua relação com o território, sustentando que as redes possuem uma característica essencial e estrutural comum: a territorialidade. Apesar de toda particularidade setorial de cada rede (Dupuy, G. 1991). O Espaço aparece como o produto da dialética estabelecida entre o sistema territorial e suas redes de transporte. As propriedades essenciais do território são a autonomia, a coerência, a permanência e a organização, de maneira análoga, as redes em geral, possuem as propriedades reticulares de conexidade, conectividade, homogeneidade, isotropia e nodalidade.

Na relação estabelecida entre o sistema urbano e suas redes, o espaço determina as redes de transporte, mas estas produzem também o seu próprio espaço, baseando-se na combinação particular de suas propriedades reticulares. Nisso se fundamenta o poder instrumental e disciplinar destas formas espaciais para a circulação urbana e o seu caráter regulador do padrão de atividades e do espaço urbano (Moreno, J. P. 2000).

Por exemplo, a organização do sistema territorial urbano mobiliza todas as propriedades reticulares: Nela a conexidade é uma propriedade de base e nos permitirá observar a distribuição e concentração da rede de transporte no espaço; a conectividade possibilitará observar a densidade dos circuitos ofertados e as alternativas de ligação existentes; a homogeneidade mostrará a utilização da rede, ou seja, o significado temporal e espacial do seu funcionamento; a isotropia delimitará, no caso de pouca homogeneidade, as fronteiras diferenciadas pela correlação espaço-tempo; por último, a nodalidade, permitirá conhecer os pólos ou as posições de privilégio no espaço em função das ligações topológicas e cinéticas existentes.

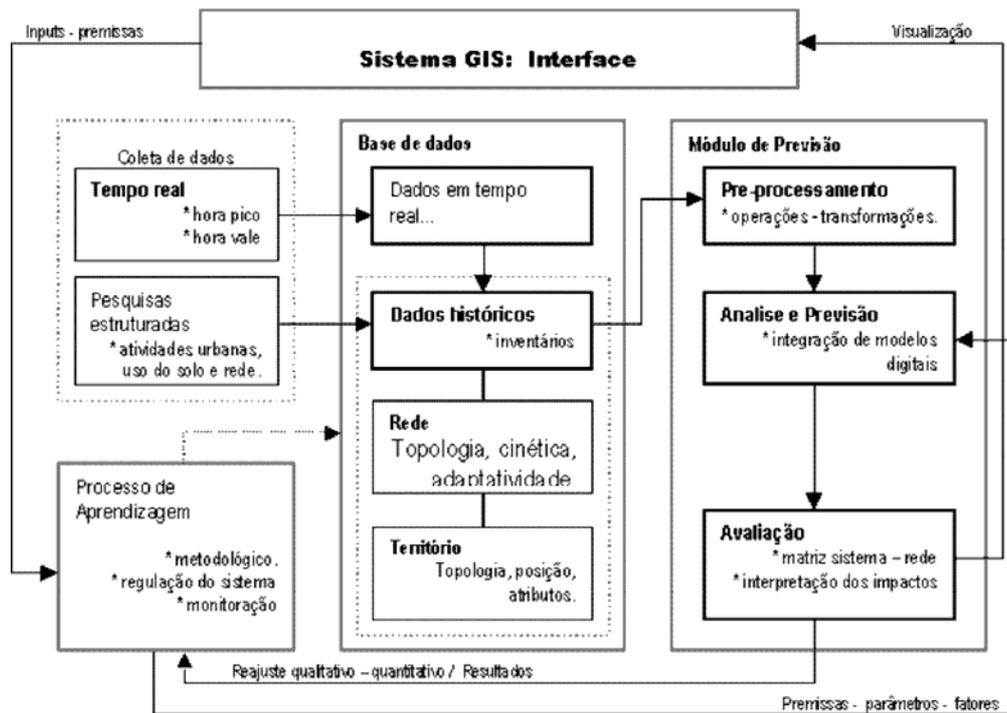
2.1.2 O geoprocessamento destina-se a tratar os problemas ambientais, levando em conta a localização, a extensão e as relações espaciais dos fenômenos analisados, visando contribuir para a sua presente explicação e para o acompanhamento da sua evolução futura. Os procedimentos de diagnóstico e prognóstico da Gestão Ambiental por Geoprocessamento, tais como, o levantamento, prospecções e prognose ambiental (Xavier, 1993), podem ser integrados no contexto de um estudo do território por geoprocessamento (Bonham-Carter 1994), organizado em 3 etapas: 1ª) Construção da base de dados georeferenciada, 2ª) Processamento dos dados, e 3ª) Integração de modelos.

Nesses estudos os resultados da 2ª e 3ª etapas forneceram 3 tipos de mapas síntese: 1º) A partir da base de dados georeferenciada, podemos efetuar operações / transformações para extrair feições relevantes dos mapas que representam os atributos da rede e do território, assim como, construir inferências, ou seja, associações causais entre variáveis, obtendo-se como resultado *mapas derivados*; 2º) A combinação de mapas, cruzando os atributos da rede e do território, utilizando diversas técnicas de agregação baseadas nas inferências anteriores ou no conhecimento teórico do fenômeno em estudo, possibilitará construir *mapas intermediários*, identificando áreas com potencial de ocorrência de um processo espacial determinado; e, 3º) Finalmente, novas combinações, considerando novas premissas nas redes ou no território, na atualidade ou no futuro, possibilitarão construir *mapas de prognose* ou de previsão.

2.2 Estrutura do processo

O procedimento utilizado neste trabalho para mapear a eficiência energética do STC por ônibus, faz parte de uma metodologia de abrangência maior denominada: estrutura do processo de Gestão e Monitoração da Relação Transporte – Uso do Solo (Moreno,

2002). A gestão e regulação conjunta dos atributos da Rede de Transporte e do seu Uso do Solo associado, mediante técnicas de geoprocessamento pode oferecer subsídios para os estudos e formulação de políticas de Transporte – Uso do Solo de médio e longo prazo. O processo está composto por 5 módulos: a) interface, b) coleta de dados, c) base de dados, d) módulo de previsão, e e) processo de aprendizagem (ver figura 1).



Gestão e Monitoração da relação TUS: Estrutura do Processo.

Mudanças na topologia e cinética das redes (políticas de transporte) e mudanças nos atributos do território (políticas relativas ao uso do solo) poderão ser modeladas mediante cenários alternativos ou mapas de prognose. Os resultados finais do módulo de previsão, assim como, a eventual necessidade de estabelecer reajustes nos fatores (mapas) e premissas (quantitativos e qualitativos), poderão conduzir um *processo de aprendizagem*, nesse contexto, por aproximações sucessivas, podemos afinar os modelos digitais, constituindo-se este um processo de aprendizagem metodológico, mediante o qual, podemos efetuar a regulação do sistema em estudo.

3. Estudo de Caso

Na cidade do Rio de Janeiro ocorreu uma histórica e desigual acumulação de funções, atividades econômicas e infra-estruturas, originando o encarecimento das áreas centrais e das zonas nobres da cidade. Por conseguinte, a população de menor renda foi deslocada para as zonas periféricas e viu encarecer os serviços de transporte coletivo. Existem 1.500.000 domicílios na cidade dos quais 14% estão localizados em favelas ou áreas semelhantes. No período de 1970 a 1990, a população diminuiu 3,5% no Centro, Tijuca e na Zona Sul da cidade, porém, na periferia imediata (zona norte) aumentou 31% e, na periferia intermediária, 74% (zona Oeste). Por conseguinte, podemos afirmar que a cidade cresceu sem proporções na periferia, incrementando o comprimento e a duração das viagens urbanas, o que estabelece grandes desequilíbrios espaciais quando consideramos que, no centro e na zona sul da cidade se concentra 60% do mercado de trabalho, enquanto a periferia só representa 40% desse mercado.

O processo de criação da base de dados, a ser utilizada nessa aplicação, passou por 3 etapas: 1º construção da rede matemática que melhor possa representar o percurso das linhas troncais e principais do sistema de transporte coletivo por ônibus no município (corredores de transporte); 2º levantamento das informações existentes associadas à rede de transporte e ao território; e 3º edição dos dados e, quando necessário, pré-processamento e edição.

Todos os dados dos corredores correspondem a linhas de transporte troncais e principais e foram levantados, considerando o sentido periferia–centro no pico da manhã, a fim de representar os deslocamentos quotidianos em massa, correspondentes à primeira etapa dos movimentos pendulares residência–trabalho, residência–estudo ou residência–outros. Os dados básicos de transporte correspondem a 1997. Como resultado de tal operação, temos 383 ligações (linhas) e 327 nós (pontos). As informações operacionais disponíveis são relativas ao pico da manhã, num intervalo de 3 horas.

3.1 O pré-processamento

A maioria dos dados levantados relativos às ligações e nós puderam ser editados diretamente, porém alguns fatores tiveram que passar por um pré-processamento até a configuração definitiva da nossa base de dados. Visando o cálculo da eficiência operacional e energética, matéria do presente artigo, dados tais como, a isoacessibilidade ou velocidade de circulação e o carregamento no STC (número de passageiros no veículo) por cada nó, foram obtidos indiretamente, por médio de conversões ou transformações, a fim de extrair feições relevantes para a análise.

3.1.1 Operações matemáticas

Para a elaboração da tabela do *layer* ligações do GIS, a freqüência de ônibus ao longo dos corredores, assim como, o carregamento ou volume de passageiros, foram dados conhecidos e obtidos de estudos efetuados pela prefeitura. Utilizando esses dados a informação disponível por ligações (feição linha) será transferida aos diferentes nós da rede (feição ponto), por intermédio de operações matemáticas.

Partindo das informações de distância em km e tempo de viagem em horas, para cada ligação, efetuou-se o cálculo do índice de isoacessibilidade ou velocidade de circulação na rede. Para tal fim, criou-se um programa com o uso do software Matlab 5, para o desenvolvimento das matrizes. Os valores do vetor solução foram posteriormente trasladados aos 327 nós da rede.

A velocidade de circulação ou isoacessibilidade equivale ao quociente entre a coluna somatória obtida de uma matriz que considera a distância entre nós adjacentes, em km e a coluna somatória obtida da mesma matriz, mas com os respectivos tempos em horas, ou seja, é a divisão dos somatórios de duas matrizes que se resume no seguinte:

$$V_i = \frac{\sum_j d_{ij}}{\sum_j t_{ij}}$$

v_i = velocidade de circulação em i

d_{ij} = distância em km. de i até j

t_{ij} = tempo em horas de i até j

Os dados do carregamento no sistema de transporte coletivo por ônibus, por hora, no pico da manhã, nas ligações (CarrMH), também deverão ser transferidos aos nós da rede (CarSTM). Com tal fim, criou-se um programa específico para obter a coluna somatória

da matriz com os dados de carregamento na rede. Os valores do vetor solução foram transladados aos 327 nós da rede:

$$\text{CarSTM}_i = \sum_j (\text{CarrMH}_{ij})$$

CarStM_i = carregamentos equivalentes em i

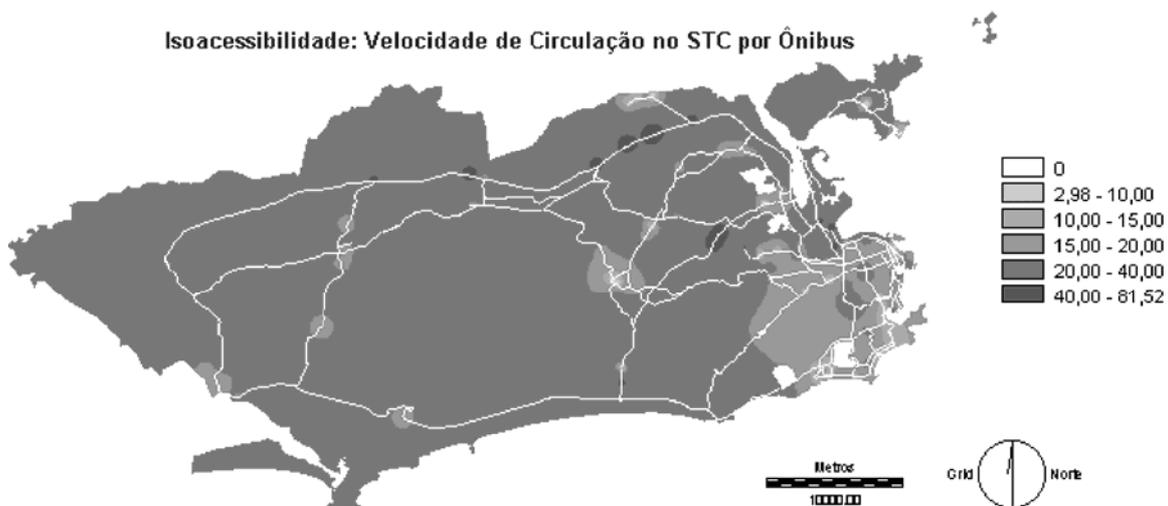
CarrMH_{ij} = carregamento no STC, por hora, no pico da manhã de i até j

Partimos do fato que os carregamentos irão se agregando gradativamente em direção às áreas centrais da cidade, acompanhando um fenômeno cumulativo, o movimento de coleta e distribuição do transporte, observando-se unicamente, o sentido periferia–centro. Assim completamos a base de dados relativa aos nós da nossa área de estudo, ou seja, a tabela do “layer” nós do GIS.

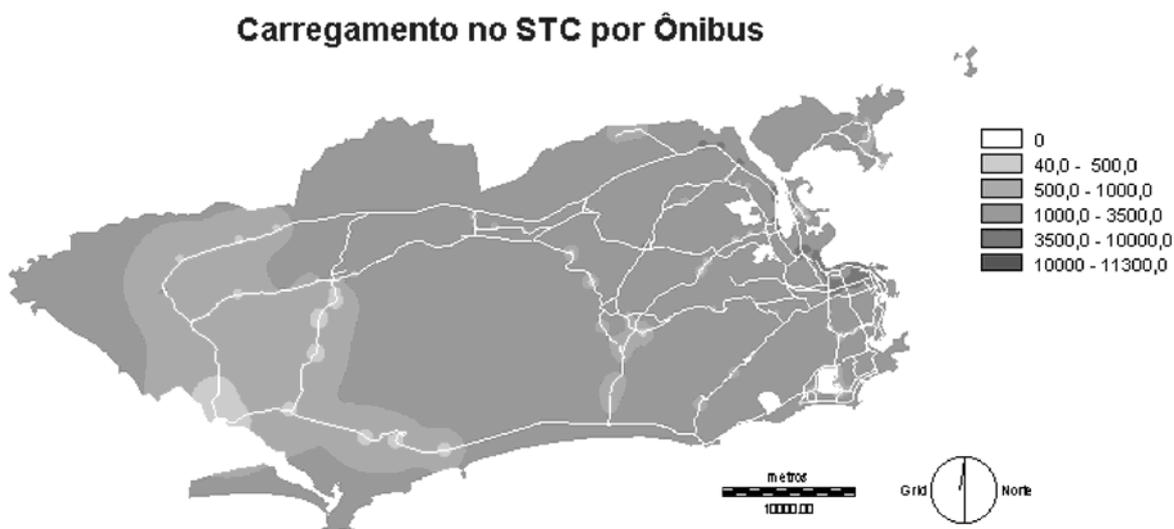
3.1.2 Transformações por geoprocessamento

Como produto dessa etapa, obteremos os primeiros mapas básicos úteis para análise. Implementamos duas transformações: a) com os dados vetoriais que representam as feições geográficas ponto (nós da rede) e considerando os valores desses nós, efetuamos uma interpolação, para cada fator, com a finalidade de representar as suas áreas de influência, num plano de informação raster; e b) por intermédio da ferramenta GIS, álgebra de mapas, efetuamos a integração dos fatores ou mapas obtidos nos passos anteriores.

Com esse fim, utilizamos o aplicativo INTERPOL do Idrisi 32, o qual interpola toda uma superfície, a partir das coordenadas e atributos numéricos fornecidos por um conjunto de pontos, os quais funcionam como pontos de controle no processo e essa superfície é delimitada pelas coordenadas de um mapa raster de referência. O procedimento de interpolação utilizado foi o *distance-weighted average*. Assim obtiveram-se entre outros os seguintes mapas raster: isoacessibilidade ou velocidade de circulação na rede ([mapa 1](#)), carregamento no sistema de transporte coletivo por ônibus – isocarregamento ([mapa 2](#)), frequência horária no pico da manhã (freqm) ([mapa 3](#)). Os mapas representam a distribuição territorial dos impactos do desempenho da rede de transporte, sob diferentes aspectos em análise.



Mapa 1



Mapa 2



Mapa 3

À direita, na vertical, encontra-se uma escala que possibilita associar gama de cinza a todos os valores na classificação criada pelo GIS. Outros mapas foram divididos em 5 classes seguindo uma escala ordinal, ou seja, construímos uma hierarquia de descritores que unifique os dados: 1 = muito baixa ou muito ruim, 2 = baixa ou ruim, 3 = regular, 4 = alta ou boa e 5 = muito alta ou muito boa. Estes intervalos de classificação foram baseados no conhecimento (literatura) ou na opinião de especialistas.

3.2 Integração

Nesta etapa de análise e previsão efetuamos a integração de modelos digitais (onde cada mapa representa um fator específico). Uma variável de importância para a análise das relações espaciais no sistema urbano é o consumo de energia necessário ao funcionamento da rede de relações desse sistema (rede de transporte). Para tanto, procuramos mapear, na cidade, o grau de *consumo de combustível* diesel do Sistema de Transporte Coletivo por ônibus - STC, no pico da manhã, o qual tem relevantes impactos

ambientais e econômicos. Podendo evidenciar, também, áreas críticas para a circulação e tráfego na cidade.

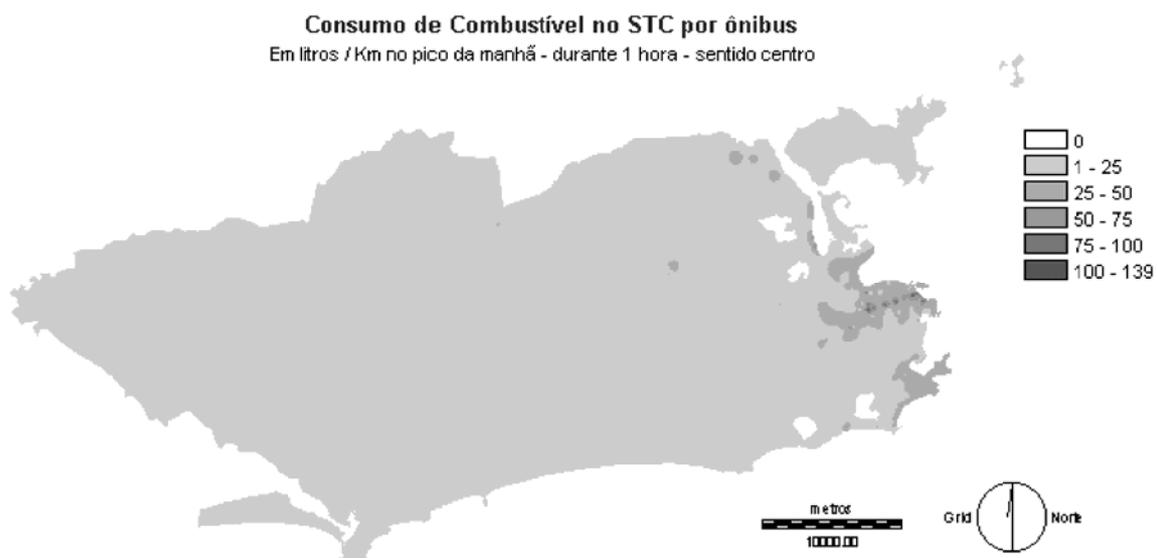
Para processar esse mapa, precisamos de uma abordagem baseada no conhecimento, e procuramos na bibliografia uma função que expresse o consumo de combustível para ônibus no tráfego urbano, para a realidade do Rio de Janeiro. A pesquisa de Balassiano (1980), apresenta-se oportuna para tal fim. Nesta, o autor elabora um modelo matemático que relaciona o consumo de combustível de um ônibus urbano com variáveis tais como: a velocidade média do veículo (VM) e o carregamento (CARR) ou número de passageiros no veículo (aplicando um valor de carregamento médio de 30 passageiros). Nessa pesquisa, o autor levantou dados de um corredor de transporte na cidade do Rio. O modelo é o seguinte:

$$\text{CONSL} = 0,44428 - 0,00708 \text{ VM} + 0,00008 \text{ VM}^2 + 1,37911 / \text{VM} + 0,00107 \text{ CARR}$$

Nesta relação matemática, substituímos as variáveis pelos correspondentes mapas já elaborados na etapa anterior, utilizando a ferramenta álgebra de mapas. Adicionalmente, transferimos esta análise a todos os ônibus que percorrem os corredores analisados, pois temos um mapa com as freqüências, obtendo assim um cálculo global e espacializado para a cidade. Com tal fim, utilizamos os mapas de isoacessibilidade ou velocidade de circulação, carregamento no STC e freqüência de ônibus no STC:

$$\text{concmb} = ((0,44428 - (0,00708 (\text{isoace1})) + (0,00008 (\text{isoace1})^2) + (1,37911 / (\text{isoace}))) * (\text{freqm1})) + (0,00107 (\text{carstma1}))$$

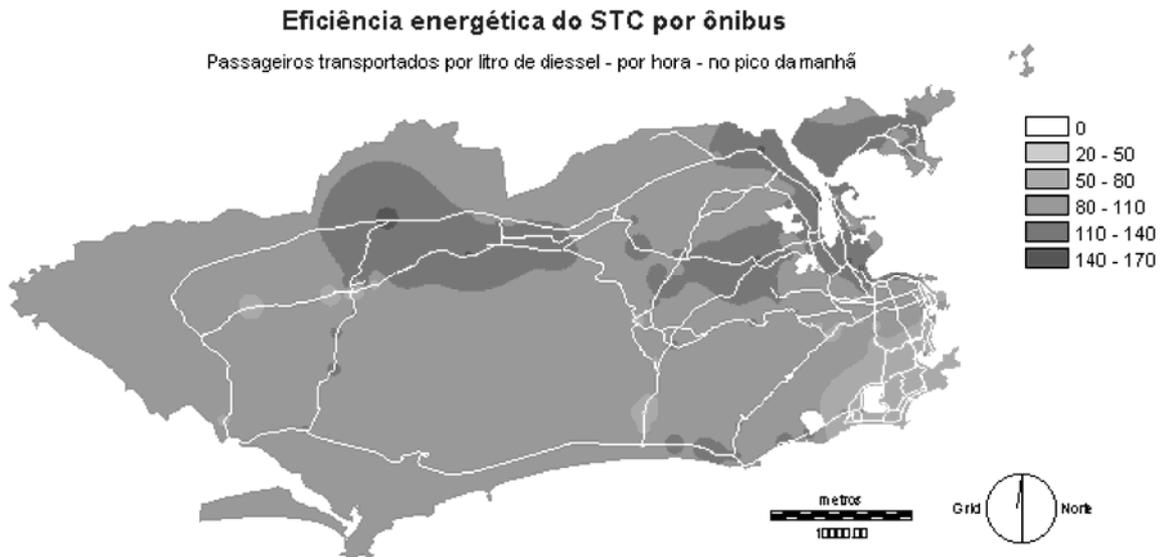
Com base nessa equação, criamos o mapa concmb: consumo de combustível no Sistema de Transporte Coletivo por ônibus, em litros/km, durante uma hora, no pico da manhã (ver mapa 4). Finalmente, conhecendo os dados de consumo de combustível e do carregamento de passageiros no território, podemos também mapear a *eficiência energética* do STC por ônibus, a qual pode ser medida em passageiros-km / consumo de combustível (Pereira L. C., 1983).



Mapa 4

Assim, poderemos identificar em que setores da área urbana o STC, transporta o maior número de passageiros, por litro de combustível consumido, por hora, no pico da manhã, ou seja, de maneira eficiente para os interesses da cidade e dos operadores. Por outro

lado, também evidenciaremos áreas problemáticas ou ineficientes nesse aspecto, constituindo-se em fonte permanente de desperdício e impactos ambientais (ver mapa 5). Portanto, efetuamos um quociente entre os mapas de carregamento no STC por ônibus e consumo de combustível no STC por ônibus, gerando o mapa efener.



Mapa 5

4. Avaliação dos resultados

A análise do mapa de isoacessibilidade ou velocidade de circulação no STC por ônibus, permite evidenciar como a área central, Zona Sul, Tijuca e adjacências concentram impedâncias para uma boa circulação dos ônibus. O maior volume de passageiros no STC por ônibus, sentido centro, está espacialmente concentrado ao longo da Av. Brasil e a partir do acesso da Ilha do Governador descreve um corredor espacialmente contínuo até o centro. As maiores frequências no STC por ônibus, no pico da manhã, são identificadas ao longo das Av. Francisco Bicalho, Presidente Vargas e Alfredo Agache e os seus cruzamentos no centro da cidade. Com valores que oscilam entre 100 e 260 ônibus / hora (ônibus que atendem linhas municipais).

Evidencia-se que o consumo de combustível acompanha a concentração dos fluxos do STC por ônibus, assim como, os maiores carregamentos e menores velocidades, das áreas centrais. O maior consumo, acima da média, se concentra principalmente ao longo da Av. Presidente Vargas e os seus cruzamentos, assim como, em alguns setores da zona sul. Avaliando a eficiência energética do STC por ônibus identificamos poucas áreas com indicadores bons (de 140 a 170). Em contraposição, na parte leste da área central, quase a totalidade da Zona Sul e Tijuca, assim como, em parte da Barra, evidenciam-se áreas nas quais existem valores baixos ou muito baixos de eficiência energética (de 20 a 80 passageiros por litro de diesel). Deduzimos a origem de tal fenômeno no acúmulo de pontos críticos para o tráfego veicular e na taxa de motorização individual ser muito alta nessas áreas, fatores que contribuem para as baixas velocidades operacionais do STC e para o elevado consumo de combustível.

Podemos verificar na cidade, a ocorrência de espaços com diferente *coerência* funcional, na dimensão cinética dos deslocamentos. As transferências não são *homogêneas*: a) todos os padrões de movimento são fortemente direcionados à área central e Zona Sul do município, apesar da distância, ou seja, são convergentes, visando o extremo leste do

município, b) O Centro e a Zona Sul, apesar de ser espaços centrais, apresentam baixa velocidade de circulação e, c) o desequilíbrio existente entre a oferta de ônibus e a demanda origina o desperdício dos recursos energéticos, especialmente nestes espaços centrais e apesar deles concentrarem elevadas densidades, atratores e renda. Tudo isto estabelece uma situação contraditória no significado temporal e espacial do funcionamento da Rede.

A *autonomia* do sistema urbano, assim como, a *permanência* das suas relações de base será fortemente condicionada pela coesão interior, necessária para interligar as atividades urbanas, ou seja, pela densidade e qualidade das ligações ofertadas pelo transporte coletivo. Pode-se perceber, claramente, a relação centro–periferia, quando observamos a concentração espacial dos corredores do STC por ônibus, predominantemente na área central e zona sul quando comparados com a zona oeste e norte da cidade. Futuras mudanças na desigual organização e qualidade do serviço das redes será fortemente condicionada pela desigual distribuição das centralidades, da renda e da motorização individual, no qual se observa uma clara polarização. Tais fatores estabelecem condicionantes para investimentos futuros, funcionando como restrições de base para a regulação da rede de transporte e estabelecendo mútuas determinações com o território produzido. Nesse aspecto, a tendência estrutural evidenciada, seria uma fraca capacidade de evolução e adaptação do sistema territorial face ao meio ambiente socioeconômico e à crescente necessidade de mobilidade das áreas periféricas. Em outras palavras, de não existir uma regulação global, em termos da extensão e concentração dos padrões de viagem, assim como, na racionalização dos modos de transporte (preferência ao transporte público, transporte sustentável, etc.) a permanência desse conjunto de relações continuará.

5. Conclusões

Avaliando os mapas que representam o desempenho do STC por ônibus na cidade, podemos identificar uma clara polarização dos bairros da Zona Oeste e Norte, em relação à Zona Sul. Quando analisamos o mapa de eficiência energética, podemos observar que a Zona Sul e Barra são as áreas onde o STC por ônibus é menos eficiente, transportando menos passageiros por litro de diesel, revelando a existência de uma sobre oferta veicular, no pico da manhã, situação que gera um conjunto de externalidades, impactos ambientais e desvalorização do solo. No contexto dessas relações assimétricas a acessibilidade, também estabelece relações de *anisotropia*. A Barra da Tijuca apresenta um bom índice de velocidade de circulação pelo STC por ônibus, porém a eficiência energética do sistema nessa área é baixa, ao o contrario da Zona Oeste e Norte. A Zona Sul revela-se como uma área crítica para a cidade em relação ao desempenho do STC por ônibus, pois apresenta predominantemente um baixo índice de acessibilidade, além da ineficiência energética do sistema nesses bairros ser alta.

Numerosos fenômenos ambientais e relacionados com o uso do solo não podem ser representados com precisão seguindo a rígida delimitação das zonas de tráfego, ficou demonstrado que com o auxílio da análise raster pode-se representar a dimensão territorial das redes de transporte, indo além de nós e ligações. A aplicação desta metodologia produzirá subsídios para a análise e formulação de políticas conjuntas de Transporte e Uso do Solo, ou seja, o afinamento das hipóteses territoriais, procurando também uma maior coerência no interior de tais políticas: a regulação do sistema territorial é também um processo de aprendizagem contínuo. Esperamos que esta abordagem junto a novos paradigmas de gestão, tais como, o transporte sustentável e a gestão da mobilidade contribuam para a avaliação dos procedimentos e técnicas convencionais do planejamento das redes de transporte.

Bibliografia

- Balassiano, R., 1980, "Uma Função de Consumo de Combustível para Ônibus em Trafego Urbano" tese de MSc., COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.
- Bonham-Carter, G. F., 1994, *Geographic Information Systems for Geoscientist - Modelling with GIS*, Pergamon, Canada.
- Dupuy, G., 1991, *L'Urbanisme des Reseaux*, Armand Colin Editeur, Paris.
- Foladori, G., 2003, "Causas Profundas de la Insustentabilidad Urbana", *Banco de Textos sobre Desenvolvimento Sustentável*, Universidade Livre do Meio Ambiente, http://www.unilivre.org.br/centro/f_textos.htm
- Maguire, D. J. et al, 1991, *Geographical Information Systems: Principles and Applications*, Vol. I, Longman Scientific & Technical, Essex, England.
- Moreno, J. P., 2002, *Gestão e Monitoração da Relação entre Transporte e Uso do Solo Urbanos – Aplicação para a cidade do Rio de Janeiro*, tese de doutorado, COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.
- Moreno, J. P., 2000, "O Urbanismo das Redes e os Processos Espaciais na Avaliação das Redes de transporte - Estudo de caso em Lima Metropolitana", *URBANA*, V.5, 27, 2º Semestre, IU-UCV, IFA-UZ, Caracas, Venezuela.
- Nyerges, T. L., 1995, "Geographical Information System Support for Urban / Regional Transportation Analysis" en Hanson, S. (ed.) *The Geography of Urban Transportation*, The Guilford Press, New York.
- Pereira, L. C. de S.N., 1983, *Avaliação do Desempenho de Sistemas de Transportes por Ônibus*, tesis de maestría, COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.
- Xavier da Silva, J. & Carvalho, L. M., 1993, "Sistemas de Informação Geográfica: Uma Proposta Metodológica", *IV Conferência Latino-americana sobre Sistemas de Informação Geográfica*, São Paulo, Brasil.