

## **Análise do Uso do Solo Utilizando Sintaxe Espacial para a Determinação de Locais Críticos para a Implantação de Pólos Geradores de Viagens**

Antonio Paulo de Hollanda Cavalcante<sup>1</sup>, Francisco Suliano de Mesquita Paula<sup>2</sup>,  
Diego Bastos de França<sup>3</sup>.

1) Departamento de Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Ceará, 2) Prefeitura Municipal de Fortaleza - Autarquia Municipal de Trânsito, Serviços Públicos e de Cidadania, e 3) Mid-America Transportation Center - University of Nebraska - Lincoln

[apaulo@det.ufc.br](mailto:apaulo@det.ufc.br), [suliano@det.ufc.br](mailto:suliano@det.ufc.br), [diegobastos@yahoo.com.br](mailto:diegobastos@yahoo.com.br) .

Atualmente, na cidade de Fortaleza não há uma metodologia de análise e definição de áreas críticas onde se torna inviável a implantação de PGVs devido ao grande volume de tráfego e congestionamentos nestas áreas. A intenção deste trabalho é aliar novos aspectos de configuração da malha viária para que se inicie o estudo de parâmetros relacionados aos movimentos veiculares que ainda não foram analisados em Fortaleza. Utilizando a teoria da Sintaxe Espacial (SE), que considera que a configuração da malha viária tem uma grande influência nos deslocamentos dos condutores e na formação dos corredores de tráfego, adotou-se um modelo configuracional de simulação da SE onde um mapa axial (necessário para a análise sintática) de toda a malha viária de Fortaleza foi construído e utilizado para a geração das variáveis sintáticas. Através de softwares de análise de SE, foram processadas diversas simulações de movimentos no mapa (base CAD) e obtidos significantes valores dessas variáveis sintáticas correlacionando-os as variáveis de tráfego, os quais indicam vários tipos de parâmetros como: vias que possuem uma maior conectividade na malha e vias que possuem um maior nível de integração na malha. A união da análise configuracional a um modelo de transportes (“quatro etapas”) e ao uso do solo já existente, resultará num modelo matemático que auxiliará na determinação destas zonas críticas e na criação de novas regras para implantação e funcionamento de futuros PGV’s de médio e grande porte.



16º Congresso Brasileiro  
de Transporte e Trânsito  
Outubro/2007 Maceió - AL



## ANÁLISE DO USO DO SOLO UTILIZANDO SINTAXE ESPACIAL PARA A DETERMINAÇÃO DE LOCAIS CRÍTICOS PARA A IMPLANTAÇÃO DE PÓLOS GERADORES DE VIAGENS

### 1. INTRODUÇÃO

Vários estudos têm revelado a existência de relações consistentes entre a configuração espacial das cidades e o movimento de pessoas, padrões de uso do solo, distribuição de diferentes níveis de renda, e ocupação de locais em desertificação (HOLANDA, 2007). O presente trabalho tem como objetivo contribuir com estudo da interação entre: a configuração espacial das cidades, o movimento veicular sobre e nas proximidades da malha viária, e o uso do solo urbano. Especificamente, serão analisados os *aspectos configuracionais* da cidade de Fortaleza, Ceará e em seguida, a sua influência na tomada de decisão dos motoristas, determinando qual caminho seguir dentro da malha. Este tipo de decisão pode resultar em zonas com uma grande concentração de veículos, gerando grandes congestionamentos nas vias destas zonas. Para o pleno entendimento desta metodologia, iremos inicialmente revisar como o movimento de veículos é monitorado em Fortaleza, e determinar como a cidade está organizada em termos da morfologia de sua malha viária.

Planejadores de transporte urbano constantemente lidam com modelos de simulação de tráfego baseados em variáveis de entrada como emprego, modo de transporte utilizado pela população, fluxo de veículos, velocidade, tempo de viagem, condições do pavimento, número de faixas, distâncias a serem percorridas, etc. Todas essas variáveis estão relacionadas com os aspectos geométricos e operacionais da malha viária. Além disso, o foco principal é a qualidade do fluxo veicular o qual é determinado pelo cálculo do Nível de Serviço das vias. Em Fortaleza, este nível de serviço é obtido através de uma análise da classificação hierárquica da via em questão (i.e. arterial, expressa, coletora, local) e também da acessibilidade aos diversos tipos de serviços existentes.

O Nível de Serviço é uma das principais maneiras de se medir a saturação da via e o mesmo é constantemente monitorado por engenheiros de tráfego e planejadores. Basicamente, eles analisam a localização de grandes empreendimentos conhecidos como Pólo Geradores de Viagens<sup>1</sup> (PGV's). Esses empreendimentos são caracterizados pela legislação local como atividades urbanas capazes de gerar significantes impactos no trânsito e na saturação da malha viária na sua área de vizinhança.

Devido ao fato de ser um destino turístico, Fortaleza vem crescendo rapidamente com os investimentos provindos do setor. Ao mesmo tempo, a infraestrutura de drenagem, pavimentação e rede de esgotos da cidade está se expandindo para algumas áreas, principalmente leste e sudeste. Em tese, este crescimento de demanda de viagens e infraestrutura devem ser acompanhados por uma monitoração do fluxo de veículos, evitando uma possível saturação da malha nessas áreas. Também é fato que os motoristas de Fortaleza têm reclamado sobre os constantes atrasos causados por congestionamentos nos principais corredores da cidade<sup>2</sup>. A expectativa da população usuária é que a acessibilidade e mobilidade nas vias e em torno de alguns PGV's melhore, reduzindo os tempos de viagem. Observações de técnicos e até da própria população indicam que a implantação de novos PGV's e o aumento do fluxo de veículos nas suas mediações estão contribuindo de alguma maneira para a diminuição do Nível de Serviço das vias de Fortaleza, resultando em congestionamentos. Tal fato caracteriza *áreas críticas ao fluxo veicular* intenso nas redondezas dos PGV's.

### 2. LINHA TEÓRICA DE INVESTIGAÇÃO

Procurando entender e explicar tal fenômeno, foi levantada uma hipótese que se baseia na idéia de que a malha viária de qualquer cidade detém seu próprio *nível de saturação* em áreas *críticas ao movimento veicular* e que estas áreas devem ser, em grande parte, resultado da sua configuração espacial (oferta de viária). Atualmente, as

<sup>1</sup> Atualmente, a terminologia vem substituindo o termo *Pólos Geradores de Tráfego (PGT's)*. Aqui será adotado o termo PGV's visto se tratar da análise da configuração da malha na escolha das *viagens* que geram *tráfego*.

<sup>2</sup> Boletins informativos da AMC (AMC, 2007) de 2004 a 2006, com notas jornalísticas de especialistas e leitores, catalogados pelos autores.

mais tradicionais teorias de modelagem de sistemas de transporte não consideram de maneira satisfatória a morfologia da cidade. O uso de modelos configuracionais e tradicionais foram revisados por BARROS *et al.* (2005) e BARROS (2006) quando foi mostrado que esses modelos possuem objetivos diferentes. De acordo com TONI (2000) *op cit* BARROS (2006), existem três principais categorias de modelos utilizados: o (a) *modelo empírico convencional*, (b) *modelos comportamentais*, e, (c) *modelos atitudinais*.

Os modelos tradicionais de transportes, conhecidos como *Modelo Empírico*, *Modelo Clássico de Transportes*, *UTMS (Urban Transportation Model System)*, *Modelo Sequencial* ou mais conhecido como *Modelo de Quatro Etapas*. Os três primeiros estágios, geração de viagens, distribuição de viagens e escolha modal, resumem a primeira parte da modelagem da demanda, que se finaliza com uma estimativa do número de viagens entre as áreas de tráfego. Tais viagens são determinadas de acordo com dados socioeconômicos, tipos de viagens realizadas e modais de transporte utilizado. Em seguida, o estágio da alocação de tráfego UTMS fornece uma previsão dos movimentos (por modal) através de um SIG-T<sup>3</sup>.

Em termos metodológicos, existem algumas limitações sobre o uso da modelagem tradicional (UTMS) em termos qualitativos e quantitativos ao fluxo veicular. O uso da UTMS em alguns tipos de vias é considerado bastante preciso. Em contrapartida, quando engenheiros e técnicos lidam com a malha viária na sua totalidade, tentando traçar relações causais e espaciais, há a necessidade de se inserir características peculiares sobre áreas em que existem PGV's.

Na cidade de Fortaleza, recentes pesquisas (2001) de Origem Destino, e pesquisas *on-line*<sup>4</sup> sobre o fluxo de veículos resultaram na alocação de tráfego mostrada na figura 10. As linhas na cor laranja representam fluxos intensos que foram modelados em SIG-T. Como pode ser observada a área crítica de fluxo de tráfego é a mesma no crescimento urbano e na configuração sintática de Fortaleza (figura 5). Este fenômeno direciona a pesquisa a apontar uma possível espalhamento da cidade, diminuindo a concentração de atividades em torno do “antigo centro” e gerando “novos centros” de movimentação<sup>5</sup>, a depender do número de conversões a serem escolhidas pelos condutores veiculares (na tabela 1, os raios de integração: R3, R4, etc...até Rn).

O fato de que os serviços ofertados pelos novos centros estão mudando significativamente os padrões de viagem e movimentos adotados pelos motoristas. Este fenômeno não mais surpreende os técnicos e engenheiros de tráfego, que prevêem o surgimento de novas áreas de congestionamento. Os questionamentos a serem postulados e que pretendem ser respondidos são os seguintes: Os PGV's estão envolvidos com o aumento/redução do fluxo de veículos nestas áreas? Como os seus impactos podem ser medidos? A saturação da malha viária é influência por sua configuração (morfologia)?

Para um primeiro entendimento, o leitor deve considerar a malha viária como sendo uma arquitetura espacial independente<sup>6</sup>, que os motoristas utilizam para se locomover dentro da cidade e que os planejadores urbanos e de tráfego estudam, neste caso, o mesmo objeto, a via. Através desta perspectiva, deve-se entender que as vias permitem os movimentos veiculares e que os mesmos são influenciados pelo uso do solo e pela localização física dos empreendimentos, pela oferta de espaço para os veículos, pelos números de faixas e retornos.

Assim, pretende-se estreitar as relações entre duas áreas: o planejamento de transportes e do uso do solo tendo a malha viária como objeto afeito às duas áreas. Como corte metodológico, o estudo restringe-se simultaneamente ao planejamento do sistema viário, ao aspecto de sua *classificação* e, no estudo do planejamento urbano, ao aspecto de *localização de atividades*. Como *elo de investigação* dos dois tipos de planejamento, enfoca-se duas

<sup>3</sup> Sistema de Informações Geográficas para transportes.

<sup>4</sup> Sistema Integrado de Controle de Tráfego por Área, onde são detectados os movimentos em seções e interseções viárias de cerca de 400 semáforos em Fortaleza (<http://www.amc.fortaleza.ce.gov.br>).

<sup>5</sup> Na teoria da Sintaxe Espacial (SE), estes *centros de movimentação* são conhecidos como *centros* morfológicos.

<sup>6</sup> Na SE, a malha é objeto de estudo, tomada isoladamente no seu processamento, sem edificações ou atributos.



linhas teóricas, a *atratividade*, já detalhada por ALMEIDA (1997), e PESSOA (1997) e a *sintaxe espacial*, desenvolvida inicialmente por HILLIER & HANSON (2001) e posteriormente por HOLANDA (2002, 2006).

Na figura 1, apresenta-se a linha investigativa a ser testada, tendo como subproduto uma *área crítica* ao movimento veicular na malha, que correlaciona *variáveis de tráfego* advindas da *alocação* de tráfego com base de dados on-line do sistema CTA-FOR (saturação) às *variáveis sintáticas* advindas da técnica de *axialidade*, obtidas a partir da obtenção de uma base axial representativa de todos os eixos de movimento veicular em Fortaleza a indicar *potenciais movimentos* (co-presença).

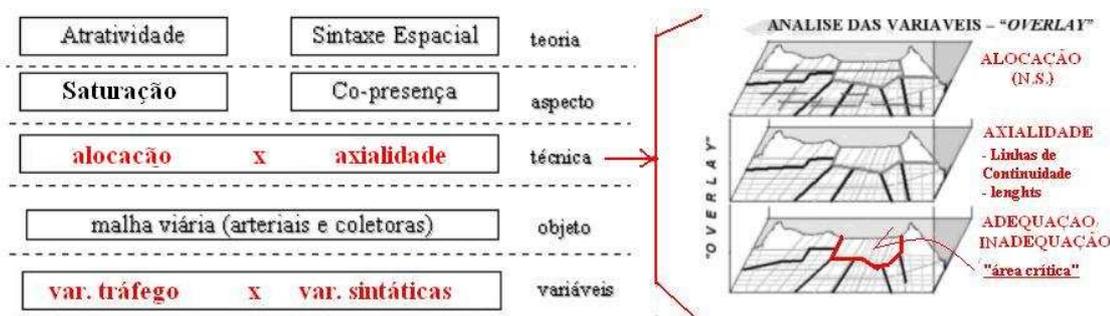


Figura 1. Esquema metodológico de investigação para definição da área crítica na malha.  
Fonte: CAVALCANTE (2006), adaptado de CAVALCANTE (2005).

### 3. METODOLOGIA DE ELABORAÇÃO DA BASE S.E. SIG-T

#### 3.1 Desenho do Mapa Axial

A elaboração do mapa axial foi feita utilizando-se a base CAD da malha viária oficial de Fortaleza. Como a base está dividida em quadrículas, o desenho das linhas axiais foi elaborado analisando-se quadrícula por quadrícula. Além disso, a metodologia para o desenho das linhas axiais (Figura 2), com algumas adaptações<sup>7</sup>, seguiu as orientações da dissertação de mestrado de Lucas Figueiredo (MEDEIROS, 2004). O número total de linhas axiais foi de 14.408 e o período para a conclusão do mapa foi de um mês. Vale ressaltar ainda que o mapa está na escala de 1 para 1, sendo representado em tamanho real e a base CAD é datada de 1996, sendo feitas as atualizações viárias mais relevantes (ex: rotatória das avenidas Aguanambi com BR 116). As maiores dificuldades encontradas foram devido à falta de conhecimento dos sentidos das vias e dos possíveis movimentos dos veículos, pois estes são retratados pela interseção de linhas. Para solucionar este problema a configuração dos cruzamentos (interseções) foi analisada com o auxílio dos engenheiros da AMC.

#### 3.2 Geração das variáveis

Uma vez finalizado o desenho do mapa axial, partiu-se para a fase de simulação e geração de *variáveis sintáticas* através dos softwares de análise de sintaxe espacial *Mindwalk*<sup>8</sup> e *Depthmap*<sup>9</sup>. O primeiro passo foi converter o mapa axial para a extensão .dxf, utilizada para exportar desenhos CAD. O primeiro programa utilizado foi o *Mindwalk* seguindo o método de MEDEIROS (2004), o qual obteve resultados satisfatórios analisando mapas axiais de várias cidades brasileiras. As variáveis analisadas foram *raio de integração*, *conectividade* e *length*.

<sup>7</sup> Ao serem desenhadas, as linhas axiais seguiram os eixos das vias e interceptavam as linhas subsequentes. Todas as linhas foram representadas por retas, mesmo que representassem uma curva na malha viária (figura 2a). Não foi considerado o sentido ou se a via era de "mão dupla", sendo estas representadas apenas por uma linha ou conjunto de linhas axiais. Apenas em casos em que a via estava dividida por canteiro central foram desenhadas linhas duplas (figura 2b). Em caso de viadutos, onde as vias não se interceptam na realidade, mas aparentam se cruzar no mapa da malha viária (o mesmo é mostrado em planta baixa), seguiu-se as orientações do manual do software *Mindwalk 1.0*, que sugere que círculos sejam desenhados com centro na interseção das vias que não se deseja continuidade (figura 2c).

<sup>8</sup> *Mindwalk 1.0* é um software desenvolvido por Lucas Figueiredo de Medeiros. Site: <http://www.mindwalk.com.br>.

<sup>9</sup> *Depthmap* é um software desenvolvido por Alasdair Turner (TURNER, 2005).

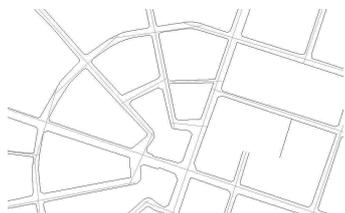


Figura 2a. Segmentos curvos.

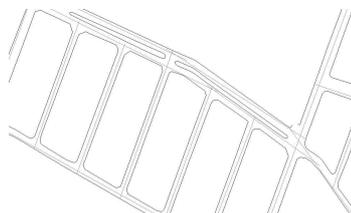


Figura 2b. Canteiro central.

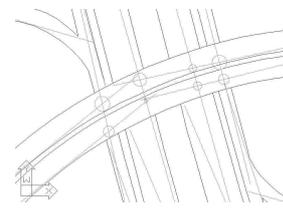
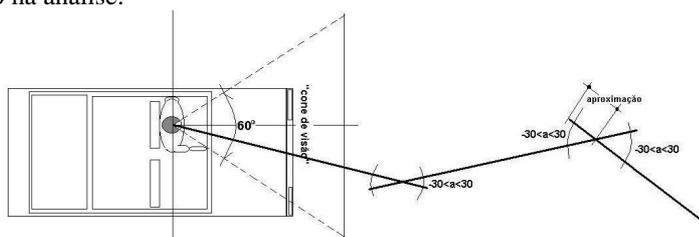


Figura 2c. Viadutos.

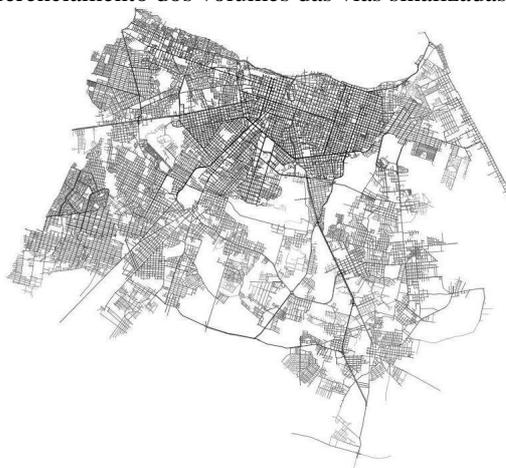
**Figura 2.** Mapa de *axialidade* originado (em cinza claro as linhas axiais) Fonte: MEDEIROS (2004) e PDDUA (2004) adaptado de CAVALCANTE (2006).

Analisaram-se raios de integração local de valor 3 até 20, além do raio de *integração global* e o *raio médio* (chamado de *raio-raio*). Concluída essa primeira análise, partiu-se para a geração das *linhas de continuidade* de MEDEIROS (2004). No próprio programa há a opção de se unir linhas distintas dependendo do ângulo formado e dos valores da “margem de aproximação” (parâmetro exigido pelo programa). Utilizando como base o cone de visão humana, adotaram-se ângulos de 5 (mínimo), 15, 35 e 60 graus (máxima), a exemplo da figura 3. Para cada ângulo utilizou-se uma “margem de aproximação” de 5 e 10 metros. Por fim, geraram-se os valores do *length* (comprimento das linhas axiais), que correspondem ao tamanho normalizado de cada linha. Este processo reduz consideravelmente o número inicial de linhas, pois o que ocorre é a união de linhas que possuem um ângulo superior ao considerado na análise.



**Figura 3.** Desenho esquemático do “cone de visão” humana com sua Variação angular de mudança de direção do condutor dentro deste cone, variando entre 5, 15, 35 e 60 graus. Fonte: CAVALCANTE (2007).

Passo seguinte foi a exportação dos dados para o Excel a fim de se determinar a melhor *correlação* entre os valores de *integração* e *lengths*. Esse passo foi feito para o primeiro mapa (*sem linhas de continuidade*) como também para os outros mapas *com linhas de continuidade* (ao todo nove mapas). Os melhores valores (figura 5) foram encontrados para o mapa de 35 graus com “margem de aproximação” 5 (figuras 5 e 6) e esse mapa (LC 35,5) foi o adotado para o georeferenciamento dos volumes das vias sinalizadas da malha de Fortaleza.



**Figura 5.** Mapa Axial (LC 35,5) com linhas de continuidade, adotando 35° de variação angular e 5m de aproximação



Análise do melhor mapa axial em função da correlação length X integração

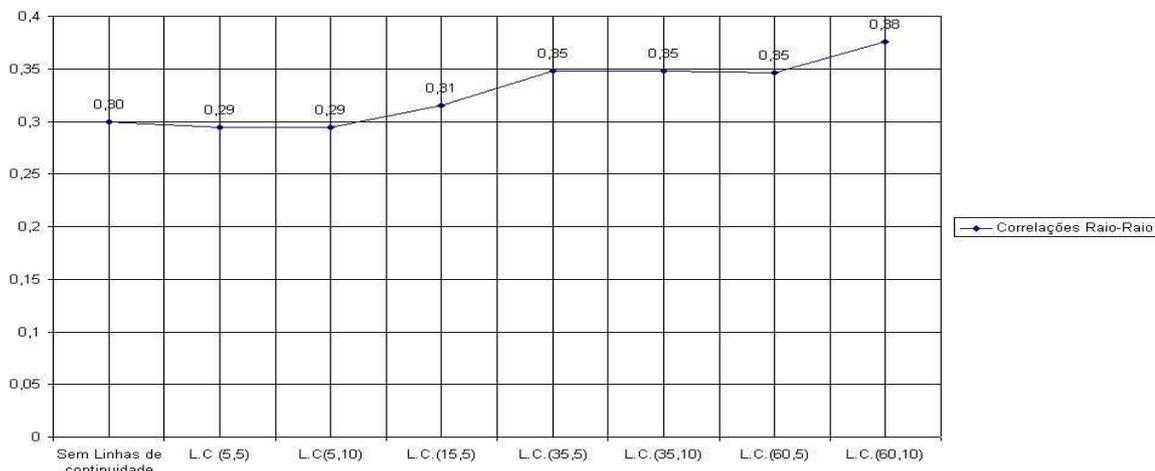


Figura 6. Gráfico de correlações entre o comprimento das linhas axiais (*length*) e a variável *integração*.

### 3.3 Georeferenciamento das variáveis e alocação dos volumes

Após a escolha do mapa com a melhor correlação, partiu-se para a fase do georeferenciamento. Utilizou-se uma base SIG que continha as contagens volumétricas reais (em valores absolutos) dos 400 cruzamentos controlados pelo sistema CTA-FOR, com dados referentes ao ano de 2003.

Utilizando o programa *Mindwalk*, gerou-se o arquivo *.dxf* do mapa citado na seção 1.2. O mesmo foi feito para a base SIG-T e colocaram-se os dois mapas sobrepostos e na mesma escala, gerou-se um único mapa em ambiente CAD. Passo seguinte exportou-se este mapa para o *software* de georeferenciamento *Transcad* para que se pudesse ter melhor visualização e sobreposição dos mapas. Neste momento fez-se necessário associar os dados de *volume* aos de *integração* em um mesmo arquivo *.dbf*. Para tal, utilizou-se simultaneamente os programas *TransCad* e *Depthmap*. Este último foi escolhido em detrimento do *Mindwalk* por que possibilita uma identificação mais fácil dos IDs das linhas axiais. Isso foi feito da seguinte forma (figura 7):

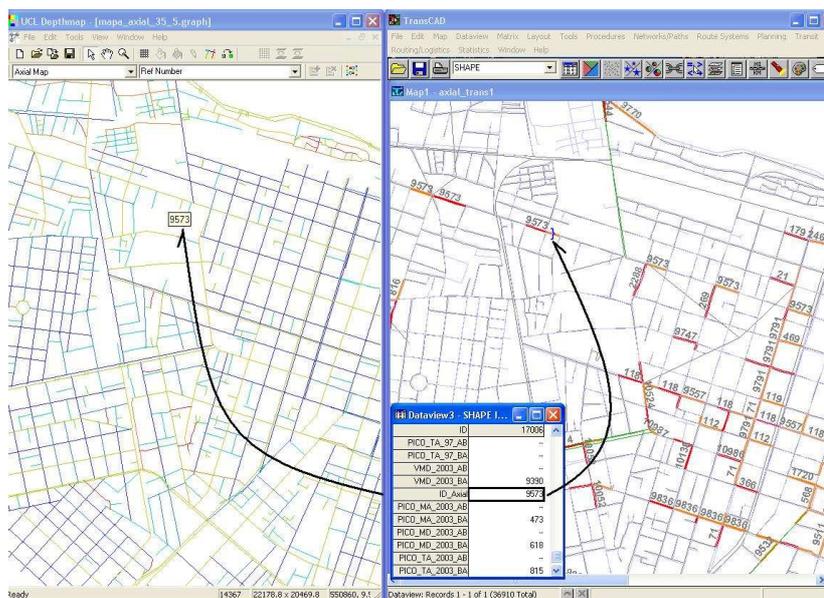


Figura 7. Processo de identificação de ID's no *DepthMap* e *Transcad*.

1) No Transcad, criou-se um “field” no “dataview” da base SIG chamado ID\_AXIAL (neste mesmo dataview tínhamos todos os volumes de contagem volumétrica para as aproximações controladas pelo CTA); 2) Com os mapas do Transcad e do Depthmap abertos, identificaram-se os *links* semelhantes e preencheram-se os valores referentes ao mapa do Depthmap no “field” ID\_AXIAL (figura 7); 3) Terminado o preenchimento do “field” ID\_AXIAL, efetuou-se a opção “Join Dataview” do Transcad que une arquivos .dbf com um mesmo “field”, gerando um novo “dataview” (gerou-se os dados exportados do programa *Depthmap* com os valores das variáveis de integração do mapa escolhido (35 graus, aproximação 5) em um arquivo .dbf, sendo possível unir esse arquivo com o arquivo da base SIG através do “field” ID AXIAL); e, 4) Exportaram-se os dados desse arquivo gerado para o Excel a fim de se determinar a correlação entre raio de *integração* e *volume*.

### 3.4 Análises e Correlações

A partir daí, analisou-se as seguintes correlações: integração e VMD, integração e capacidade, integração e horário de pico e integração e a relação Volume/Capacidade, chegando-se à conclusão de que a correlação V/C (*saturação*) exprime melhor a realidade. Mesmo assim, os valores de correlações encontrados foram muito aquém dos esperados. Então, as seguintes hipóteses foram levantadas:

Inicialmente, que o mapa axial era muito grande quando comparado com estudos bibliográficos anteriores. As maiores análises encontradas nas referências eram da ordem de 5000 linhas axiais, sendo quase 1/3 do mapa de Fortaleza. Segundo, que a correlação entre a variável “integração” e os volumes de tráfego talvez não fizesse sentido, pois a primeira é uma representação qualitativa da malha e a segunda é uma representação quantitativa. Em terceiro aspecto, a necessidade de outras variáveis para se chegar a um valor ideal de correlação entre as variáveis sintáticas e as variáveis de tráfego. Assim, pensou-se na necessidade de se coletar o *uso do solo* com os PGV’s devidamente mapeados, para uma melhor representação da malha viária. Por último, acredita-se que os dados coletados pelo CTA sejam relacionados com os cruzamentos, e não com a via propriamente dita. Isto pode ter distorcido os valores reais de volume de tráfego e assim gerado correlações abaixo da expectativa. Posto isto em questão, as seguintes alternativas foram e estão sendo analisadas.

1) Reduzir o mapa, analisando-se apenas áreas críticas. Para tal testou-se a região englobada pelo primeiro anel viário (ver figura 8a), que concentra a maior quantidade de movimentos da cidade de Fortaleza. 2) Partir para a avaliação de outras variáveis sintáticas que possam apresentar melhores valores quando analisados com os valores de tráfego; 3) Alocar volumes de tráfego através da modelagem da demanda. Assim, valores mais próximos da realidade podem ser utilizados, tornando o estudo mais consistente; e, 4) Coletar o uso do solo dos principais corredores inseridos no primeiro anel viário para que possamos fazer a análise da relação entre a variável sintática, a variável de tráfego e uma variável topológica, sendo esta configuração considerada a ideal para a representação do modelo.

### 3.5 Resultados Obtidos

A utilização do mapa reduzido da cidade de Fortaleza resulta em dados mais consistentes e valores mais elevados de correlação (figura 8b). O número de linhas utilizadas foi da ordem de 1500. Vale salientar que este estudo preliminar foi feito utilizando apenas um “esboço”. Posteriormente, com um o estudo de doutoramento em curso (CAVALCANTE, 2007), será refeito todo o processo descrito neste trabalho para o mapa reduzido da cidade.

Outras variáveis como “*choice*” e “*connectivity*” foram analisadas e observaram-se melhores resultados quando comparados com a variável *integração* (ver gráfico na figura 10). As variáveis “intensidade” e “entropia” foram também estudadas, mas as mesmas não apresentaram resultados tão bons. Atualmente, está sendo avaliada a conceituação e a definição de cada uma destas variáveis sintáticas para melhor entendimento da interação destas com as variáveis topológicas e de tráfego. A validação de uma modelagem da demanda para a cidade de Fortaleza também está em estudo, pois existe a possibilidade de novas pesquisas O-D em um futuro breve, que possibilitaria em uma nova alocação (Figura 9).

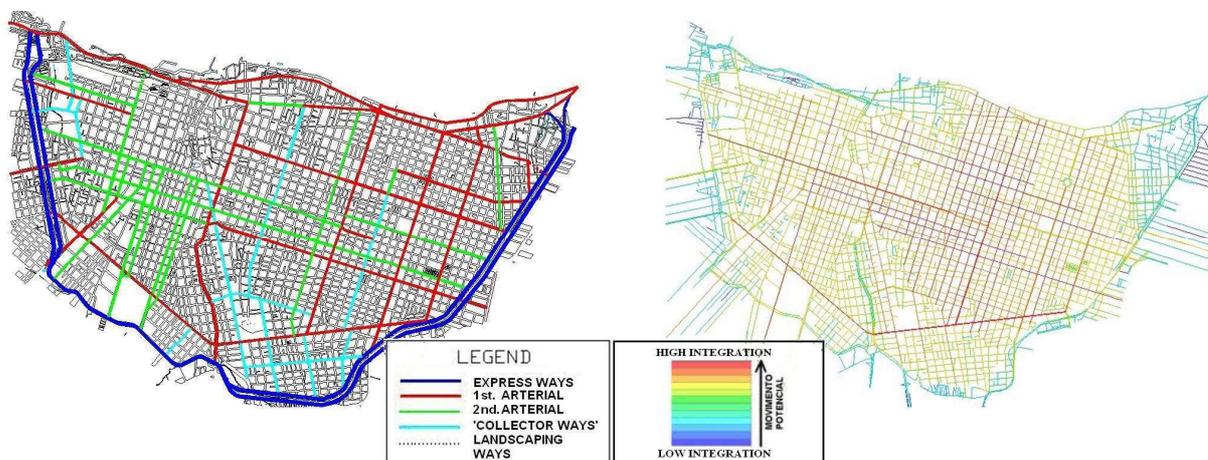


Figura 8a. expressas, arteriais, coletoras

Figura 8b. Mapa axial - Depthmap

Figura 8. Mapas da suposta área crítica em Fortaleza. À direita as vias em vermelho como as mais integradas (percorridas por veículos) e tendendo ao azul as mais segregadas.

Fonte: CAVALCANTE (2007)

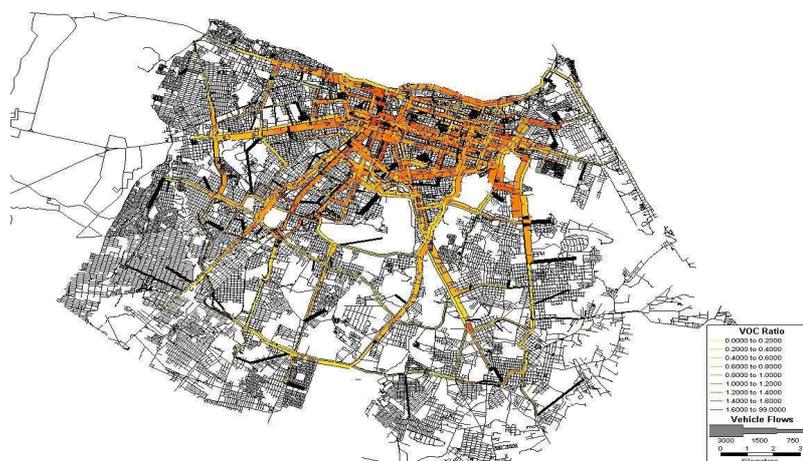


Figura 9. Alocação de tráfego para a cidade de Fortaleza obtida com o estudo preliminar utilizado o Transcad.

Valores de  $\alpha$  e  $\beta$  da fórmula BPR (formula 1) para alocação de tráfego estão sendo testados com base em referências bibliográficas no assunto. Assim poderemos ter valores mais próximos da realidade e que podem ser projetados para datas futuras. Esta modelagem está sendo feita através do software *Transcad*<sup>10</sup>.

$$T_c = T_f \times (1 + \alpha \times [V/C]^\beta) \quad (1)$$

Onde:

$T_c$  = Tempo de viagem no congestionamento;

$T_f$  = tempo de viagem em velocidade de fluxo livre;

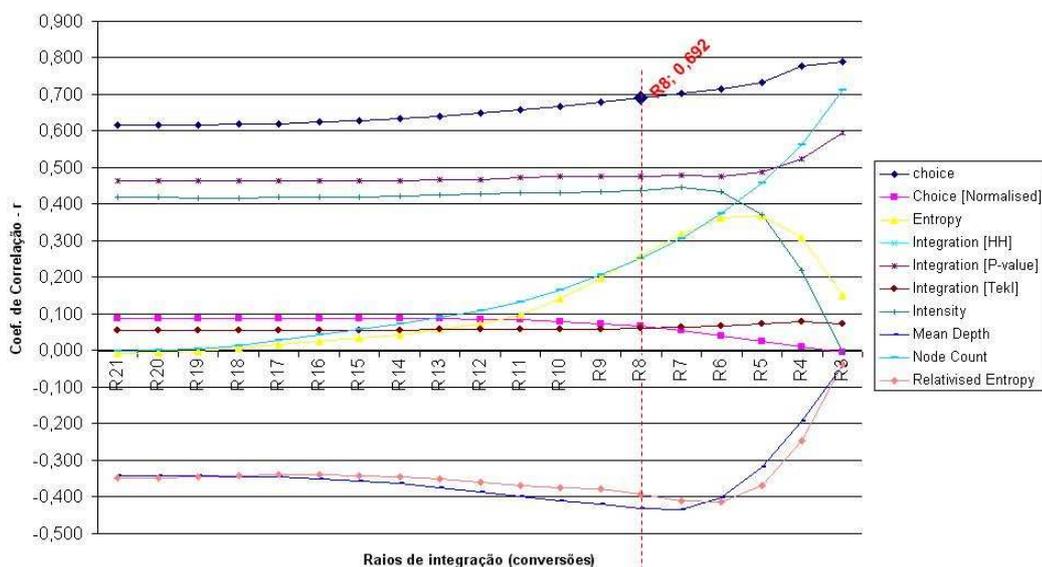
$V$  = Volume alocado no link;

$C$  = Capacidade do link;

$\alpha$  e  $\beta$  = coeficientes de volume e atraso.

<sup>10</sup> CALIPER Corporation (1996). *Travel Demand Modelling with TransCAD 3.0*.

Correlação variáveis SE x Length - LC (35,5) para Depthmap



**Figura 10.** Gráfico de correlações entre os comprimentos das linhas axiais (*lengths*) e todas as outras variáveis sintáticas obtidas no *software* Depthmap. Adota-se R8 como melhor *raio de integração* veicular (número de conversões), para a variável *choice* ( $r = 0,692$ ).

#### 4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

De acordo com as análises realizadas, percebe-se claramente a identificação simultânea de uma área do ponto de vista de simulação de tráfego e também em termos de configuração da malha como intensamente utilizada por movimentos veiculares. Apesar da necessidade da aplicação de outras variáveis que expliquem com maior exatidão os fenômenos de *congestionamentos*, já se percebe em termos visuais (figura 8) e por meio dos resultados parciais de correlação (figura 10) entre as variáveis sintáticas da malha viária de Fortaleza que existe realmente uma *área crítica* ao movimento veicular. Esta área crítica está incluída ao primeiro anel viário de Fortaleza. Sabe-se que a modelagem da realidade dos congestionamentos passa pela identificação de todas as variáveis mais ou menos importantes que os definem. No entanto, adota-se a hipótese de algumas variáveis aqui consideradas como mais importantes, ou evidentes e quantificáveis pela comunidade técnica/acadêmica: **1)** a inserção da malha de grandes equipamentos atratores de viagens, os PGV's, aliados a **2)** variáveis de tráfego, no caso características operacionais e, por fim, **3)** as propriedades inerentes à malha viária, captada pelas variáveis da Teoria da Sintaxe Espacial (até o momento a variável *choice*). Para tanto, esboça-se para pesquisas futuras um modelo de simulação resultante de a equação (2) básica sugerida a seguir:

$$V = eK + a(QDTE\_PGV) + b(VAR\_SE) + c(VAR\_TRÁFEGO) + dD + \epsilon \quad (2)$$

Onde:

- V = Taxa de movimento, traduzida por possíveis variáveis: volume de tráfego (VMD, V/C, VMD\_pico, etc.);
- QDTE\_PGV = Quantidade de micro e macro PGV's na área considerada;
- VAR\_SE = Variáveis de Sintaxe Espacial referentes à malha viária (suas propriedades intrínsecas, até o momento, *choice* é a melhor);
- VAR\_TRÁFEGO = Variáveis de tráfego (quantidade de estacionamentos, semáforos, acessos, faixas de tráfego, etc);
- D = Variável *dummy* de calibração (renda, densidade de construção, etc);
- $\epsilon$  = Erro acumulado (para um modelo não determinístico);
- a,b,c,d,e = Coeficientes.



16º Congresso Brasileiro  
de Transporte e Trânsito  
Outubro/2007 Maceió – AL



Cabe lembrar que V é uma variável qualitativa e representa uma de diversas variáveis representativas de volumes de tráfego. Como sugestão, esta variável pode ser a mesma adotada pelo Nível de Serviço (NS). Isto posto, cabe a coleta das outras variáveis que se façam importantes bem como o desenvolvimento desta equação ainda por suas etapas posteriores, ou seja, de acordo com pesquisas em andamento de CAVALCANTE (2007) e discussões com a Dieng-AMC.

## BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, E. M. M. A. G. d. (1997). “Modelos Integrados de Uso do Solo - Transportes, Perspectivas de Aplicação à Área Metropolitana de Lisboa”, Tese de Mestrado, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa; AMC (2007). Autarquia Municipal de Trânsito, Serviços Públicos e Cidadania. Divisão de Engenharia de Tráfego – DIENG. Consulta técnica. Site: <http://www.amc.ce.gov.br>.
- BARROS, A. P. G. *et al.* (2005). *Sintaxe Espacial Como Ferramenta de Definição de Parâmetros de Hierarquia Viária*. Artigo Científico para o XIX Congresso de pesquisa e Ensino em Transportes, PE, Brasil, 07 a 11 de Novembro de 2005;
- BARROS, Ana Paula Borba Gonçalves de (2006) Estudo exploratório da sintaxe espacial como ferramenta de alocação de tráfego. MSc. thesis, Mestrado em Transportes, Universidade de Brasília. Brasília.
- CAVALCANTE, A. P. H. (2007). Contribuição da Morfologia Urbana Na Análise de Congestionamentos na Malha Viária de Fortaleza, Ceará. – Investigação Entre o Urbanismo e os Transportes. Análise Sintática. Capítulo 4. (*mimeo*). Curso de Doutorado. Universidade de Brasília. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, FAU-Unb.
- CAVALCANTE, A. P. H. & HOLANDA, F. R. B. (2005). *Uso da Sintaxe Espacial Na Análise da Dinâmica da Hierarquia Viária Na Cidade de Fortaleza, Ceará*. Artigo Científico para o XIX Congresso de pesquisa e Ensino em Transportes, PE, Brasil, 07 a 11 de Novembro de 2005;
- CAVALCANTE, A. P. de H. (2005). Quem é o culpado, o Guarda, a Via ou o "É Difícil"? – Estudo de Caso para Cidade de Fortaleza, Ceará. *Mimeo* e Comunicação verbal da Disciplina: Seminários em Arquitetura e Urbanismo. Doutorado em Arquitetura e Urbanismo. Universidade de Brasília, Unb.
- CAVALCANTE, A. P. de H. (2006). Contribuição da Morfologia Urbana Na Análise de Congestionamentos na Malha Viária de Fortaleza, Ceará. – Investigação Entre o Urbanismo e os Transportes. Projeto de Pesquisa. Exame de Qualificação de Curso de Doutorado. Universidade de Brasília. Faculdade de Arquitetura E Urbanismo. Programa de Pesquisa e Pós-Graduação. Brasília Setembro de 2006.
- HILLIER, Bill & HANSON, Julienne. (2001) *The Social Logic of Space*. Bartlett School of Architecture and Planning, UCL, Cambridge University Press, London, 2001;
- HOLANDA, Frederico R. B. de (2002). *O Espaço de Exceção*. Brasília; Editora Unb, 466 p.: il. – (Coleção Arquitetura e Urbanismo) ISBN: 85-230-0658. Brasília, DF.
- HOLANDA, Frederico R. B. de (2006). Teoria do Conhecimento e dos Espaços Construídos 2006. *Arquitetura Sociológica* 1. 2006. Notas de Aula (Unb). (*mimeo*, s/d).
- HOLANDA, Frederico R. B. de (2007). Be Aware Of Local Properties. Paper accepted at the Space Syntax - 6th International Symposium. Istanbul, Turkey.
- MEDEIROS, L. F. de (2004) Linhas de Continuidade no Sistema Axial. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano, MDU. Universidade Federal de Pernambuco, UFPE.
- PESSOA, Maria do P. S. M. (1997). A Configuração Espacial da Cidade do Recife, Efeitos Sobre a Linha Sul do Metrô Recife. Dissertação de Mestrado. Mestrado em Desenvolvimento Urbano - MDU. Universidade Federal de Pernambuco, Recife;
- PDDUA (2004). Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental – Revisão da Legislação Urbanística para o Município de Fortaleza ao Estatuto da Cidade – LEGFOR- ASTEF/UFC – PMF.
- TONI, J. D. (2000). Planejamento e Transportes: Possibilidades Metodológicas Alternativas. 13º Congresso da Associação Nacional de Transporte Público – ANTP, Porto Alegre.
- TURNER, Alasdair (2005). Could A Road-centre Line Be An Axial Line In Disguise?. Paper in 5th Space Syntax Symposium - SSS5. Delft, Holland.