

ESTUDO DA DINÂMICA DO TRÁFEGO POTENCIAL EM BACIA HIDROGRÁFICA URBANIZADA ESTUDO DE CASO – ANÁLISE DE DENSIDADE KERNEL APLICADO À SUB- BACIA URBANIZADA DO ARROIO CADENA

Cezar Augusto Bastianello Vaz

Geraldo Lopes da Silveira

Carlos José Antônio Kümmel Félix

Departamento Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Maria

RESUMO

Este trabalho procura avaliar como se comporta a densidade de Kernel para estudo do tráfego em uma bacia urbana, usando o caso específico da sub-bacia do arroio Cadena em Santa Maria – RS, Brasil. O potencial de tráfego dos cruzamentos é estudado de acordo com a capacidade das aproximações e o fluxo de saturação e segundo sua localização. Com o objetivo final de concluir quanto ao impacto destes à performance do sistema viário. Inicialmente usam-se ferramentas de geoprocessamento para especializar os pontos de levantamento na bacia hidrográfica, usando feições de dois tipos: potencial dos cruzamentos e hierarquia viária da rede. Numa segunda parte, o potencial viário verificado na bacia torna-se objeto de comparação no estudo. São identificadas as áreas de preservação permanentes em conjunto com as potências geradas. Por fim conclui-se quanto ao peso das áreas de expansão urbana, e avalia-se a importância desta componente para modelos de tomada de decisão.

ABSTRACT

The main goal of this Project is to evaluate the behavior of density kernel, specifically in traffic study of the in an urban basin. The traffic potential of the crossings is studied regarding with the capacity of the approaches and the flow of saturation and localization. Ultimately the objective is to estimate the impact these on the road performance system. On a first moment, usually tools of geo-processing for locate the points of survey in the hydrological basin, using fections of two types: potential of the crossings and road hierarchy of the net. On a second part, the verified road potential in the basin becomes object of comparison in the study. The permanent areas of preservation (PAPs) in set with the powers generated are identified. At last, it is concluded how much to the weight of the areas of urban expansion, and the importance of this issue in decision taking models is evaluated.

1 INTRODUÇÃO

O estudo da dinâmica da expansão urbana é nos dias de hoje fator de grande importância ao apoio à tomada de decisão ao nível municipal. Esta dinâmica por sua vez está intrinsecamente atrelada à capacidade viária e ao comportamento da densidade de tráfego. A composição destas feições ao nível da bacia hidrográfica torna-se providencial, haja vista as relações entre o sistema viário, sua influência sobre o comportamento natural da região hidrográfica e a tendência da urbanização ao longo dos rios. A concepção de um modelo matemático para compor a análise, passa antes de mais nada pelo conhecimento das peculiaridades da região, sua capacidade de deslocamento, dos pontos críticos a que está exposta e ao tratamento visando mitigar o *status quo* em que se encontra. Tipicamente, os

dados sobre a capacidade viária, e a influência de um ponto de estudo dentro da malha viária é representado pelo VDM (volume diário médio de veículos). Através desta técnica, torna-se possível, por exemplo, calcular-se o tempo necessário para liberar uma fila de unidades veiculares durante o tempo de verde do plano de horários de um semáforo. Porém também é necessário dentro de um plano de ação mais abrangente, diagnosticar a influência de um ponto de análise de tráfego e seu entorno, Para esta condição, pode-se usar uma análise espacial de densidade, mais especificamente a densidade de Kernel. A condição de análise para expansão urbana fica atrelada à capacidade do método em estimar a função de densidade de probabilidade de cada pixel utilizando a estimativa de densidade Kernel (Kernel Density Estimation) para cada ponto de estudo.

2 METODOLOGIA

2.1 A Estimativa por Densidade de Kernel

A densidade de Kernel pode ser definida como um método não paramétrico, que relaciona duas variáveis, no caso a posição de cada ponto de tráfego dentro da unidade de estudo, a bacia hidrográfica e a potencial interferência estimada no cruzamento. A função de densidade de Kernel pode ser representada por:

$$K_{\alpha}(x) = \frac{1}{\alpha} K\left(\frac{x}{\alpha}\right) \quad (1)$$

Onde α é o parâmetro que regula o grau de suavidade de uma densidade de Kernel, denomina-se este parâmetro de janela.

O estimador de uma função de densidade de Kernel é dado por:

$$f_{\alpha}(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_{\alpha}(x - X_i) = \frac{1}{n\alpha} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - X_i}{\alpha}\right) \quad (2)$$

Este estimador representa a média das funções Kernel das observações X_i

Como Kernel é uma função de densidade, então seu estimador também o é, sendo assim:

$$\int K(x)dx = \int f_{\alpha}(x)dx = 1 \quad (3)$$

A função de densidade de Kernel é estimada baseando-se em dois parâmetros, a função de janela representada no estudo pelo raio de inferência de cada cruzamento da composição e de um valor normalizador que especifica o potencial de cada cruzamento.

2.2 O potencial normalizador dos pontos de estudo

A condição primaz para averiguar a condição de comprometimento da bacia pela expansão urbana, do ponto de vista da capacidade e da interferência viária é representada pelo potencial de cada cruzamento de uma região. Ao se estudar o problema de controle de tráfego de intersecções, torna-se necessário uma análise detalhada das características de uma dada intersecção, observando fatores tais como **capacidade** de suas aproximações, **geometria**, **localização**, dentre outros fatores que interferem direta ou indiretamente no atendimento às solicitações de demanda da intersecção como um todo.

A **capacidade de uma aproximação** é definida como sendo o número máximo de veículos capazes de atravessar uma intersecção em um dado período de tempo.

O **fluxo de saturação** de uma intersecção é definido como sendo o fluxo que seria obtido se houvesse uma fila de veículos na aproximação e a ela fossem dados **100%** de tempo de verde do cruzamento (escoamento ininterrupto). Em geral o fluxo de saturação é expresso em **unidades de veículos/hora de tempo de verde** ou **veículos/htv**. Para racionalização do estudo, após o levantamento de campo e a análise da capacidade de aproximação e do fluxo de saturação de 225 cruzamentos dentro da área da bacia, os resultados do potencial de cada ponto (ou cruzamento) foram normalizados em valores de 1 a 10. Estes valores designados representam o **potencial dos pontos de estudo**, ou seja, um cruzamento de valor 0 compromete menos a posição que a expansão urbana deve tomar dentro da bacia do que uma posição de potencial 10. Sendo assim, apresentando-se a exposição destes dados atrelados ao banco de dados do sistema viário e a ortofoto. Com isso, torna-se possível consolidar estratégias de tomada de decisão baseado na direção apropriada à expansão urbana, espraiando a consolidação de novos loteamentos e até mesmo o sistema viário para zonas de menor impacto dentro da bacia.

2.3 A bacia de estudo

Como base geral para o estudo utilizou-se a ortofoto digitalizada dos bairros inseridos no polígono da bacia, fornecida pela Prefeitura Municipal de Santa Maria. Esta ortofoto possui qualidade mediana do ponto de vista fotogramétrico e baixa resolução espacial, possibilitando a identificação visual dos alvos intra-urbanos para a análise do método. Na figura 01 está representada a sub-bacia do Arroio Cadena através de uma imagem em RGB. Da observação da figura 01 pode-se averiguar que a sub-bacia possui um adensamento da mancha urbana e a caracterização desta sub-bacia como urbanizada, com áreas de expansão urbana e o avanço sobre áreas de preservação permanente. A imagem utilizada possui de 30 m de resolução, em formato digital, multiespectral (colorida), recobrimdo a área, sem cobertura de nuvens e boa visibilidade. A escala de trabalho imagem é de 1:25.000. O Georreferenciamento da imagem e das cartas topográficas no formato UTM, Datum SAD 69. A Digitalização e conversão para meio digital da malha viária foram feitas a partir de cartas topográficas e de levantamentos realizados pela Prefeitura Municipal. Já a interpretação das imagens, através de chave de classificação supervisionada, foi realizada através do software ArcGis identificando o uso e ocupação do solo das áreas de interesse tais áreas urbanas consolidadas e de expansão. A interpretação visual da imagem de satélite na escala pré-definida na tela do microcomputador foi realizada visando complementar a interpretação preliminar, considerando-se as informações possíveis de serem levantadas na resolução que a imagem apresentar e vetorização dos temas de uso e ocupação do solo, esta vetorização por sua vez foi realizada a partir do software AutoCAD Map. Em ações de troca de arquivos vetoriais e do tipo raster,

foram criadas associações com o mesmo banco de dados para o ajuste e geração da topologia (geração de closed polylines com identificador único). Da composição das análises feitas nos ambientes de cada software foi possível a análise integrada dos dados digitais obtidos com a disposição de elementos gráficos compondo-se as informações marginais, definição de símbolos para as categorias mapeadas e informações da base cartográfica a constar dos mapas finais.



Figura 01 – Imagem em RGB da sub-bacia do Arroio Cadena

A malha viária, obtida por segmentação de imagem e na sequência classificada pela capacidade das vias, hierarquia viária e reclassificada em valores de 1 a 10, foram compiladas em duas tabelas para análise. A primeira, representada pela classificação viária segundo sua importância em: Vias Estruturais – são as vias ao longo das quais se prevê a expansão da área central, onde o uso do solo é caracterizado por atividades de comércio e serviço, sendo também os principais eixos de circulação e mais propícios a um maior adensamento; Vias Arteriais – são as vias que permitem a penetração do tráfego aos diversos setores da cidade e, ainda, recebem o tráfego das vias coletoras e o conduzem às vias estruturais. São caracterizadas por atividades de comércio, serviço e habitação; Vias Coletoras – formam um sistema de vias interligando a malha viária, tendo a função de coletar e distribuir o tráfego local e de passagem; Vias Locais – são aquelas cuja função básica é permitir o acesso às

propriedades privadas ou às áreas de atividades específicas, constituindo-se em vias de baixo volume de tráfego de veículos; Desta classificação em ordem crescente de importância foi confeccionado o mapa de hierarquia viária da região de estudo, representada na figura 02.

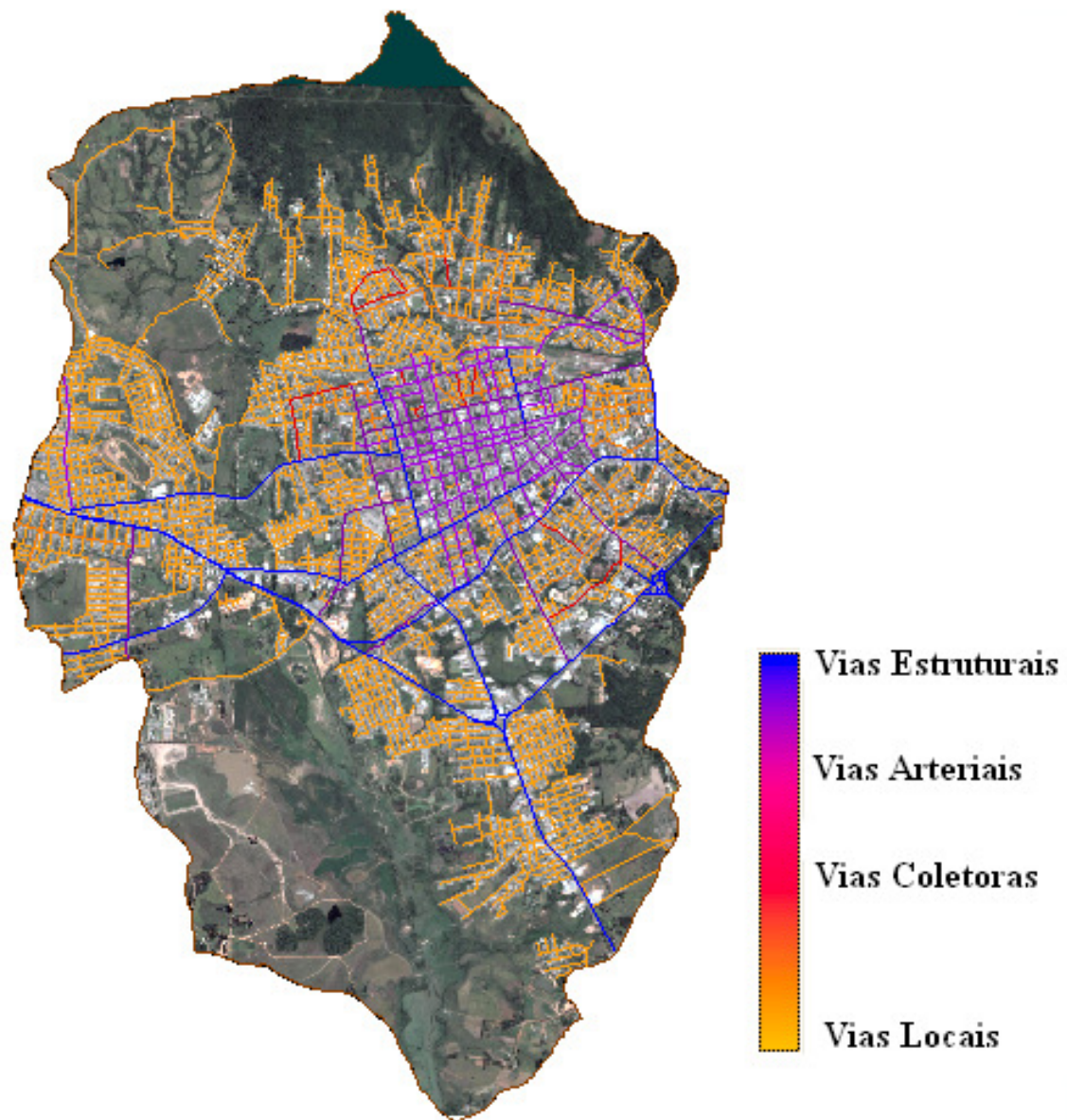


Figura 02 – Hierarquia viária da sub-bacia do Arroio Cadena

3 RESULTADOS

Do estudo dos pontos de cruzamento, a figura 03 apresenta a localização Pontos de potencial crescente de impacto viário. Na figura pode-se verificar que os cruzamentos de maior potencial estão localizados na zona densamente povoada e cortada pelas vias em sua maioria arteriais.

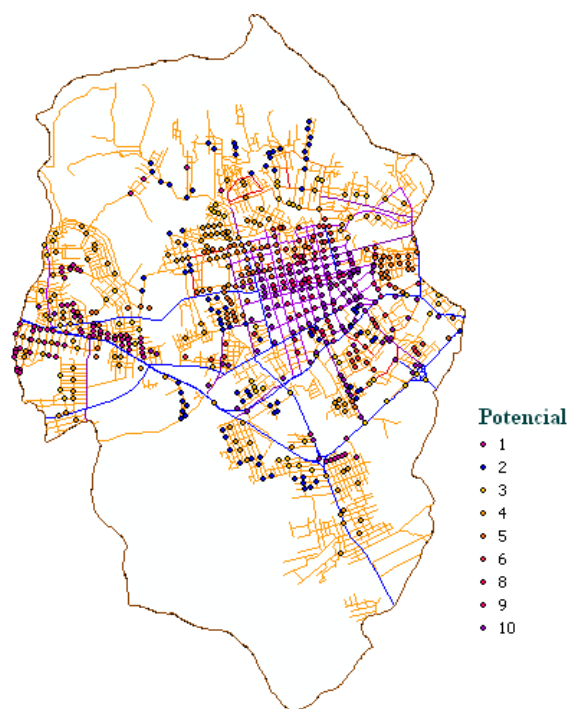


Figura 03 - Pontos de potencial crescente de impacto viário

Após o tratamento pela análise de Kernel, pode-se verificar através da figura 04 a normalização dos pontos de potencial crescente de impacto viário e, por conseguinte a avaliação da área de maior comprometimento da bacia.

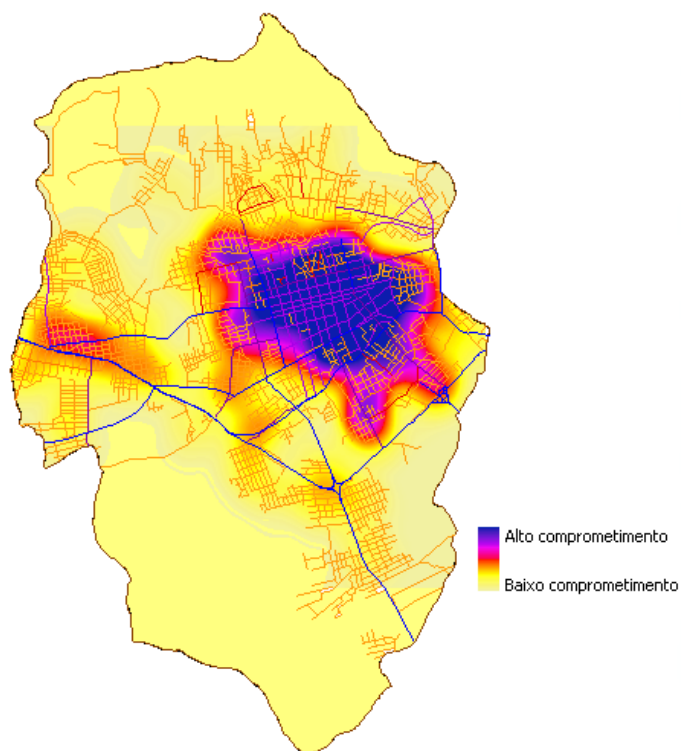


Figura 04 – Densidade de Kernel para os Pontos de potencial crescente de impacto viário

Pela associação de outras feições através da álgebra de mapas podem-se isolar áreas de maior potencial à expansão urbana. Uma associação bastante promissora do ponto ambiental trata-se das Áreas de Preservação Permanentes (APPs). Na figura 05 a localização destas áreas em conjunto com a hidrografia e as áreas já comprometidas pela normalização dos pontos de potencial crescente de impacto viário gera ao nível de bacia hidrográfica uma nova feição agregando o impacto sobre as APPs.

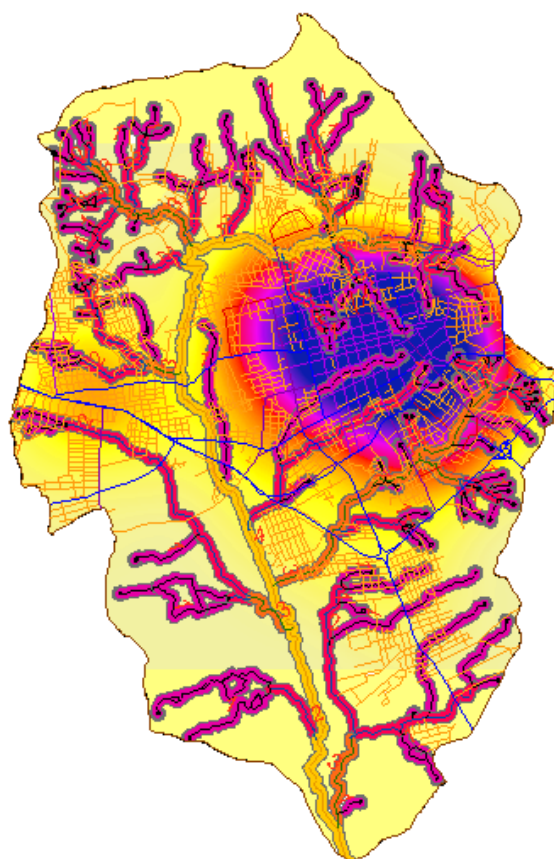


Figura 05 – Densidade de Kernel para os pontos de potencial crescente de impacto viário em associação com a hidrografia da sub-bacia e as áreas de APPs.

Através da análise de resultados, do método utilizado e seu cruzamento com as feições de hidrografia e áreas de preservação permanente, aliadas ao conhecimento da região pode-se identificar como apoio à tomada de decisão ao setor de análise de projetos da prefeitura local algumas áreas passíveis de alocação da mancha urbana. Para esta bacia urbana em especial esta dinâmica está associada à área sul da bacia (jusante), visto que se extrai do estudo que as áreas de maior conflito de trânsito e por consequência de fragilidade urbana estão concentradas nas nascentes principais do Arroio Cadena (montante).

4 CONCLUSÕES

As interações entre as várias feições que compõem as características de uma bacia hidrográfica, entre elas especificamente a condição da expansão urbana, é nos dias de hoje, fator importante dentre os problemas de resolução ou mitigação da interferência antrópica sobre as bacias hidrográficas urbanas. O administrador público, por sua vez deve associar

técnicas robustas de avaliação da condição de ocupação do território, buscando apoio técnico para a tomada de decisão de maneira a corroborar com o equilíbrio do meio ambiente.

Dentre as técnicas mais afamadas de avaliação estão os SIGs e suas ferramentas de avaliação, que proporcionam, através de bancos de dados, tratamento de imagens e algoritmos de análise espacial, confrontar as várias feições que se apresentam dentro da bacia urbana.

Dentre a grande variedade de algoritmos que associam e moldam as relações entre os bancos de dados e a rede urbana está a Densidade de Kernel como ferramenta eficaz de consolidação para estudos que envolvem o potencial dos alvos dentro da cidade. Para o estudo em questão torna-se eficiente ao apoio das tomadas de decisão do poder público associar o condicionamento da expansão urbana ao estudo do potencial de cada área em relação ao sistema viário. Esta avaliação se torna ainda mais promissora, quando se pode associar o deslocamento das futuras vias ou a readequação das mesmas, neste caso desfragmentando as zonas de alto potencial de tráfego associado ao estudo do meio ambiente.

5 BIBLIOGRAFIA

BASSANI, Hanseclever de França; FREITAS, Alan Neiva. SAPPI Sistema de Auxílio à Pesquisa em Processamento de Imagens. Brasília, 2003, p8.

CONCI, Aura; AZEVEDO, Eduardo; LETA, Fabiana R. (2008). Computação Gráfica: Teoria e Prática. Rio de Janeiro: Editora Elsevier.

FLORES, C. D. Negociação Pedagógica Aplicada a um Ambiente Multiagente de Aprendizagem colaborativa. Porto Alegre: Programa de Pós-Graduação em Computação, Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Computação. 2005.

GLUZ, J. C. ; FLORES, Cecilia D ; VICARI, Rosa M. Formal Aspects of Pedagogical Negotiation in AMPLIA System. In: Nadia Nedja; Luiza M. Mourelle; Nival N. de Almeida; Mario N. Borges. (Org.). Intelligent Educational Machines. New York: Springer, 2006, v. 44, p. 117-146.

GONZALEZ, Rafael C.; WOODS, Richard E. (2000). Processamento de imagens digitais. São Paulo: Editora Blucher.

PEDRINI, Hélio; SCHWARTZ, William Robson. (2008). Análise de Imagens Digitais: Princípios, Algoritmos, e Aplicações. São Paulo: Thomson Learning.

SCURI, Antonio. (2002). Fundamentos da Imagem Digital.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO (1980). *Noções de Engenharia de Tráfego*. Boletim Técnico no 5. Companhia de Engenharia de Tráfego, CET, São Paulo.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO, (1982). *Projeto de Interseções em Nível e Canalizações*. Boletim Técnico no. 15. CET, São Paulo.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO (1984). *Interseções em nível não semaforizadas em áreas urbanas*. Manual de Projeto. Coleção Serviços de Engenharia, DENATRAN Ministério da Justiça. Brasília.

PONTES FILHO, G. (1998). *Estradas de Rodagem – Projeto Geométrico*. GP Engenharia – Bidim.