

## **DESENVOLVIMENTO DE PLANILHA ELETRÔNICA PARA CLASSIFICAÇÃO DE VIAS URBANAS BRASILEIRAS SEGUNDO O MÉTODO DO HCM2000**

**Sergio Henrique Demarchi**

Universidade Estadual de Maringá – UEM

**Carlos Felipe Grangeiro Loureiro**

Universidade Federal do Ceará – UFC

**José Reynaldo Anselmo Setti**

Escola de Engenharia de São Carlos – EESC/USP

### **RESUMO**

A partir da apresentação de uma lista de critérios adotados pelo método de classificação das vias urbanas proposto no Highway Capacity Manual (HCM2000), este trabalho descreve a elaboração de uma planilha eletrônica na qual os critérios de classificação do método americano podem ser selecionados de tal forma que o processo de classificação das vias urbanas é feito automaticamente. Embora esta planilha permita tornar o processo de classificação o mais uniforme e objetivo possível, recomenda-se cautela na sua utilização já que foram detectadas algumas incongruências entre os critérios do HCM2000 e as condições operacionais das vias brasileiras.

### **ABSTRACT**

Based on the description of the criterion adopted in the method for classifying urban streets presented in the Highway Capacity Manual (HCM2000), this paper describes the development of a spreadsheet in which the user may select the classification criterion of the American method, in such a way to allow an automated determination of the street's class. Although this spreadsheet helps to make the classification process as uniform and objective as possible, it is recommended that it be used with caution since there were detected some inconsistencies between the HCM2000 criterion and the operational conditions of Brazilian urban streets.

### **1. INTRODUÇÃO**

Quase a totalidade dos deslocamentos casa-trabalho nas médias e grandes cidades brasileiras ocorre no conjunto das vias arteriais e coletoras, que vem experimentando nas últimas décadas níveis cada vez mais intensos de congestionamento. Isto decorre da existência de sistemas viários urbanos no Brasil sem uma hierarquia bem definida, resultantes de um planejamento do sistema viário dissociado do controle do uso e ocupação do solo urbano. Além do mais, são poucas as cidades brasileiras que possuem uma rede funcional de vias expressas. Dessa forma, as vias arteriais e coletoras acabam sendo responsáveis por prover acesso e mobilidade ao mesmo tempo, gerando conflitos no tráfego veicular e entre este e o tráfego de pedestres e ciclistas, comprometendo também a segurança viária no ambiente urbano.

Neste contexto, torna-se prioritário para a gestão do tráfego municipal monitorar, avaliar e planejar a circulação no conjunto dessas vias, mantendo níveis de serviço aceitáveis, como forma de proporcionar menores tempos de deslocamentos, reduzindo a ocorrência de acidentes de trânsito, gerando menos poluição e ofertando uma melhor qualidade de vida para a população urbana. Infelizmente, ainda não foi desenvolvida no Brasil uma metodologia de avaliação da qualidade do tráfego nas vias urbanas, obrigando a comunidade técnica nacional a utilizar metodologias importadas, especialmente aquela proposta no *Highway Capacity Manual* – HCM (TRB, 2000). Esta metodologia avalia o desempenho das vias considerando essencialmente os atrasos que ocorrem nas suas interseções. Entretanto, estudos recentes (Gasparini e Silva, 2002) mostram que as velocidades de percurso são fortemente influenciadas por fatores presentes ao longo dos trechos entre interseções (devidos a estacionamentos e paradas de ônibus, por exemplo). Estes fatores, muito comuns em cidades brasileiras, não são levados em

conta nos processos usados pelo HCM para estimar os tempos de viagem.

Além disso, o manual americano utiliza o termo “vias urbanas” para designar vias do tipo arterial e coletoras, localizadas no ambiente urbano ou suburbano, e que são utilizadas tanto pelo tráfego de passagem como pelo tráfego de acesso a áreas residenciais ou comerciais localizadas próximas a essas vias. Essa definição contempla, no caso do Brasil, vias com grande variação em suas características geométricas, operacionais e de controle. Assim, tanto uma via utilizada como rota de transporte coletivo e estacionamentos junto ao meio-fio, bem como um trecho de rodovia inserido na malha viária urbana, com tráfego significativo de veículos pesados, poderiam ser analisadas pela metodologia do HCM2000.

Considerando a diversidade de configurações possíveis e, principalmente, as peculiaridades das vias arteriais urbanas brasileiras, tais como paradas de ônibus e estacionamento junto ao meio-fio, ou a presença de veículos pesados na corrente de tráfego, torna-se importante analisar as potencialidades e limitações de aplicação da metodologia americana às vias arteriais urbanas brasileiras. Além disso, em virtudes de certas ambigüidades na aplicação desta metodologia, é desejável que os procedimentos para classificação de vias sejam uniformizados na medida do possível, para que possam ser aplicados de forma mais efetiva na análise de capacidade e nível de serviço das vias arteriais em diferentes cidades brasileiras.

O objetivo principal desta comunicação técnica é estabelecer as bases para a verificação da adequabilidade de utilização do método de classificação viária do HCM2000 para classificar vias arteriais brasileiras. Para isso, o texto está dividido em quatro itens, contando com esta introdução. No item 2 são apresentados os critérios para classificação de vias arteriais propostos pelo HCM2000. No item 3 é descrita a elaboração de uma planilha eletrônica na qual os critérios de classificação do método americano podem ser selecionados de tal forma que o processo de classificação das vias arteriais é feito automaticamente. No item 4 são apresentadas algumas recomendações de adaptação do método do HCM2000 para melhor se adequar à realidade urbana nacional.

## **2. A METODOLOGIA DO HCM2000**

As etapas para a determinação do nível de serviço (NS) de vias urbanas proposta no HCM2000 incluem, inicialmente, a seleção dos trechos para análise, juntamente com suas características geométricas, de ocupação do solo lindeiro, do tráfego e do tipo de controle empregado. Em seguida, é determinada a velocidade de fluxo livre para cada um dos segmentos, medida diretamente em campo ou estimada a partir da categoria de via em que os segmentos são classificados. A próxima etapa consiste na determinação do tempo médio de percurso, que também pode ser estimado analiticamente ou medido diretamente em campo. Em função do tempo médio de percurso, é determinada a velocidade média de percurso e, em função deste parâmetro, determinado o nível de serviço para cada um dos segmentos e para a via como um todo.

A base conceitual e a metodologia para a análise de vias urbanas estão apresentadas, respectivamente, nos capítulos 10 e 15 do HCM2000. Embora não explicitada desta forma no manual, pode-se entender a metodologia de análise do NS como um conjunto de três métodos: o primeiro para a definição da classe da via; o segundo para a determinação do NS; e o terceiro para a estimação da velocidade média de percurso do segmento analisado, caso não tenham sido coletadas observações desta variável em campo. No item 2.1 é analisado especificamente

o método de classificação de vias, que constitui o escopo deste trabalho.

## **2.1. Classificação de Vias Arteriais**

A definição da categoria da via arterial é uma das fases fundamentais para a definição do nível de serviço de vias urbanas. A velocidade de fluxo livre, caso esta não possa ser medida diretamente (por exemplo, na fase de projeto de uma via inexistente), bem como as faixas de valores de velocidade média utilizadas na definição do nível de serviço da via, dependem diretamente da categoria da via arterial.

O HCM2000 classifica as vias arteriais em quatro classes (I, II, III e IV), levando em consideração tanto a categoria funcional como o tipo de projeto da via. De acordo com as características de projeto, as vias arteriais são classificadas em quatro categorias:

- Vias de alta velocidade: são vias com pequeno número de pontos de acesso, pequena densidade de semáforos e velocidade máxima entre 70 e 90 km/h;
- Vias de projeto suburbano: são vias com uma densidade um pouco maior de semáforos, mas espaçados de forma a garantir uma fluidez adequada do tráfego. A velocidade máxima nessas vias varia entre 55 km/h e 75 km/h;
- Vias com projeto intermediário: possuem um número maior de pontos de acesso e têm áreas de estacionamento junto às calçadas. Têm densidade de 3 a 6 semáforos por quilômetro e a velocidade limite varia entre 50 e 55 km/h;
- Vias de projeto urbano: vias com grande número de pontos de acesso e grande quantidade de semáforos por quilômetro, estacionamentos junto ao meio-fio e tráfego eventual de pedestres. A velocidade máxima permitida varia entre 40 e 55 km/h.

De acordo com a classificação funcional, as vias arteriais são classificadas em arteriais primárias e arteriais secundárias. As vias arteriais primárias são utilizadas principalmente para viagens entre pólos de atividades e, eventualmente, podem servir como rota de conexão de rodovias. A maior parte do tráfego que circula por essas vias é de passagem, o que caracteriza que o fator mobilidade é o preponderante neste tipo de via.

As vias arteriais secundárias, por outro lado, possuem como função principal a acessibilidade em níveis maiores do que os observados nas vias arteriais principais. As arteriais secundárias normalmente servem como rota de ligação entre vias arteriais principais, são utilizadas para viagens mais curtas, cujas origens e destinos localizam-se em uma área geográfica menor que aquelas servidas pelas vias arteriais primárias.

A classificação das vias arteriais é feita com base nas Tabelas 1 e 2. Na Tabela 2 são listados vários critérios para classificação das vias, sendo que a maioria desses critérios não são totalmente objetivos. Isso permite uma certa ambigüidade (como explicitado no próprio HCM2000) no processo de classificação das vias arteriais, na medida em que diferentes categorias podem corresponder a vias de características similares. Por exemplo, segundo o critério de configuração geométrica, uma via arterial de pista dupla (uma para cada sentido de tráfego) pode ser classificada como sendo de qualquer um dos quatro tipos (I, II, III ou IV). Mesmo os critérios numéricos, que são mais objetivos, podem ser associados a diferentes tipos de via. Por exemplo, uma via arterial com uma concentração de 5 semáforos por quilômetro e velocidade limite igual a 52 km/h pode ser classificada, em termos do projeto, como sendo intermediária ou urbana. Dependendo da categorial funcional, este tipo de via poderia ser classificado

como sendo do tipo II, III ou IV.

Mesmo que a utilização de todos os critérios permitisse uma definição mais precisa da categoria da via, é possível que ainda existam casos com ambigüidades na classificação. O próprio HCM2000 ressalta que a medição da velocidade de fluxo livre é a melhor forma de estimar com precisão a categoria da via e que, na ausência de estimativas da velocidade de fluxo livre, a velocidade limite pode ser utilizada como o critério de desempate numa classificação em que os outros critérios geram ambigüidades na classificação.

**Tabela 1:** Classificação de vias arteriais em função da categoria funcional e de projeto (TRB, 2000, Exhibit 10-3, p. 10-6)

Categoria de projeto	Categoria funcional	
	primária	secundária
Alta velocidade	I	–
Suburbana	II	II
Intermediária	II	III ou IV
Urbana	III ou IV	IV

**Tabela 2:** Categorias funcionais e de projeto para vias arteriais (TRB, 2000, Exhibit 10-4, p. 10-6)

Critérios	Categoria funcional			
	Arterial primária		Arterial secundária	
Mobilidade	muito importante		importante	
Acessibilidade	não importante		significativa	
Pontos conectados	rodovias, pólos geradores de tráfego, centros de atividades		arteriais primárias	
Tipos de viagens predominantes	viagens de maior duração, travessias, passagem de tráfego rodoviário pela cidade		viagens de menor duração, distância percorrida menor do que na arterial primária	
Critérios	Categoria de projeto			
	Alta velocidade	Suburbana	Intermediária	Urbana
Número de acessos/km	muito baixo	baixo	moderado	elevado
Configuração geométrica	múltiplas faixas, duplo sentido, com ou sem canteiro central; pista simples com acostamentos	múltiplas faixas, duplo sentido, com ou sem canteiro central; pista simples com acostamentos	múltiplas faixas, duplo sentido, com ou sem canteiro central; via unidirecional, com duas faixas de tráfego	via unidirecional com duas ou mais faixas de tráfego; bidirecional sem canteiro central, uma ou mais faixas por sentido
Estacionamento	não	não	algum	significante
Faixas exclusivas para conversão à esquerda	sim	sim	freqüentemente	eventualmente
Número de semáforos por quilômetro de via	0,3 a 1,2	0,6 a 3,0	2 a 6	4 a 8
Velocidade limite (km/h)	75 a 90	65 a 75	50 a 65	40 a 55
Atividade de pedestres	muito baixa	baixa	média	freqüente
Densidade de ocupação do solo ao redor da via	baixa	baixa ou média	média ou moderada	alta

### 3. ELABORAÇÃO DE UMA PLANILHA PARA CLASSIFICAÇÃO DE VIAS

Um dos pontos cruciais na análise do nível de serviço de uma via arterial é a definição de sua

categoria. Considerando a existência de vias arteriais com características diversas em diferentes cidades brasileiras, e visando tornar o processo de classificação o mais uniforme e objetivo possível, foi elaborada uma planilha eletrônica que reproduz os critérios de classificação do HCM2000. Cada um dos critérios possui dois ou mais itens, que podem ser selecionados através de caixas de combinação. A escolha de um determinado item altera um número em uma célula vinculada e, em função dos valores definidos para cada um dos critérios, são determinadas automaticamente a categoria funcional (arterial primária ou secundária) e de projeto (alta velocidade, suburbana, intermediária e urbana) e, em seguida, a classe da via (I, II, III ou IV).

### 3.1. Definição da Categoria Funcional

A primeira etapa da classificação de uma via arterial consiste em definir se essa via é uma arterial primária ou secundária. Existem quatro diferentes critérios para a classificação funcional, sendo que cada critério apresenta entre dois ou cinco itens possíveis que podem ser selecionados através de caixas de combinação. Para os itens que estão relacionados às vias arteriais primárias é atribuído valor 1 e para os itens relacionados às vias arteriais secundárias é atribuído valor 2, como mostra a Tabela 3.

**Tabela 3:** Critérios para classificação funcional de vias arteriais

Critério	Itens para classificação	Valor atribuído
1) mobilidade	muito importante	1
	importante	2
2) acessibilidade	pouco importante	1
	significativa	2
3) pontos conectados	rodovias expressas	1
	pólos geradores de tráfego	1
	centros de atividades	1
	arteriais primárias	2
4) tipo de viagem predominante	viagens de maior duração	1
	travessias	1
	tráfego rodoviário de passagem	1
	viagens de menor duração	2
	viagens ligando pontos relativamente próximos	2

Considerando que para todos os quatro critérios de uma via arterial fossem atribuídos valor 1, a via seria obviamente classificada como primária, e caso todos os critérios tivessem valor 2, a via seria classificada como secundária. Para outras situações em que nem todos os critérios recebem o mesmo valor, torna-se necessário adotar um método para o desempate. Dessa forma, optou-se por utilizar a soma dos valores dos critérios ( $V_c$ ) para realizar a classificação:

$$\sum_{c=1}^4 V_c \leq 6 \Rightarrow \text{arterial primária}$$

$$\sum_{c=1}^4 V_c > 6 \Rightarrow \text{arterial secundária}$$

O valor 6 foi arbitrariamente adotado como limite e corresponde ao valor médio entre 4 (soma dos valores se todos os critérios forem considerados 1) e 8 (soma dos valores caso todos os critérios tivessem valor 2). Este limite pode ser modificado, se desejado. Outra possibilidade seria a adoção de pesos ressaltando a importância relativa dos critérios, o que depende, no en-

tanto, do estabelecimento de um consenso a partir das opiniões de um grupo maior de especialistas no assunto ou a partir de expectativas de usuários do sistema viário em relação à qualidade de operação.

### 3.2. Definição da Categoria de Projeto

A segunda etapa da classificação da via arterial é a classificação da via segundo sua categoria de projeto, ou seja, alta velocidade, suburbana, intermediária ou urbana. O procedimento adotado para a classificação segue os critérios mostrados na Tabela 4 e é similar ao utilizado no item 3.1, exceto pelos aspectos discutidos a seguir.

Em primeiro lugar, como existem quatro categorias possíveis de projeto, os valores atribuídos aos critérios são os seguintes

- via de alta velocidade: 1;
- via suburbana: 2;
- via intermediária: 3; e
- via urbana: 4.

No entanto, para alguns dos critérios não é possível atribuir um único valor de 1 a 4, pois existe superposição na classificação. Por exemplo, vias sem a existência de estacionamentos junto ao meio fio (critério 7, Tabela 4) podem ser classificadas como sendo dos tipos 1 ou 2. Mesmo para critérios mais objetivos, baseados em intervalos numéricos existe superposição – por exemplo, uma via com 5 interseções semaforizadas por quilômetro pode ser classificada como sendo tipo 3 ou tipo 4 (critério 9, Tabela 4). Nestes casos, a categoria da via não pode ser definida a partir do uso de um único critério de forma isolada, sendo necessário combinar o critério ambíguo com outro que não seja tão ambíguo. Adotando uma recomendação do próprio HCM2000, a velocidade limite da via pode ser utilizada como o critério mais importante na definição da categoria de projeto das vias arteriais e, conseqüentemente, utilizado para resolver as ambigüidades mencionadas. Portanto, os valores dos critérios 6, 7, 8, 9 e 12 dependem do valor adotado para critério 10, conforme é mostrado na Tabela 4.

Outra pequena modificação introduzida no método de classificação em relação ao método original do HCM2000 é a utilização de figuras representando a configuração geométrica das vias (critério 6, Tabela 4) para permitir uma identificação mais rápida do tipo de via analisada. Na planilha do Excel, o tipo de configuração geométrica é selecionado através de botões de seleção.

A categoria de projeto é definida então a partir da soma dos valores dos critérios 5 a 12, considerando os seguintes limites:

$$\sum_{c=5}^{12} V_c \leq 12 \Rightarrow \text{alta velocidade}$$

$$20 < \sum_{c=5}^{12} V_c \leq 28 \Rightarrow \text{intermediária}$$

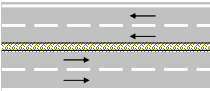
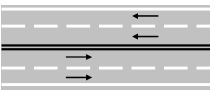
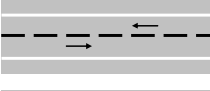
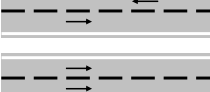
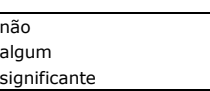
$$12 < \sum_{c=5}^{12} V_c \leq 20 \Rightarrow \text{suburbana}$$

$$\sum_{c=5}^{12} V_c > 28 \Rightarrow \text{urbana}$$

Também neste caso os valores limite foram adotados de maneira arbitrária, correspondendo às médias entre as somas dos valores dos critérios caso fossem atribuídos um mesmo valor para todos eles (como existem 8 critérios de projeto, as somas obtidas para os valores 1, 2, 3 e 4 seriam, respectivamente, 8, 16, 24 e 32). Evidentemente, tais limites também podem ser modi-

ficados em função da opinião de especialistas ou a partir da análise de expectativas dos usuários das vias arteriais.

**Tabela 4:** Critérios para classificação de vias arteriais em função do tipo de projeto

Critério	Itens para classificação	Valor atribuído
5) número de pontos de acesso por quilômetro	muito baixo	1
	baixo	2
	moderado	3
	elevado	4
6) configuração geométrica		1, 2 ou 3*
		1, 2 ou 3*
		1, 2 ou 3*
		4
		3
7) estacionamento junto ao meio-fio	não	1 ou 2*
	algum	3
	significante	4
8) Faixas exclusivas para conversões à esquerda	sim	1 ou 2*
	frequentemente	3
	eventualmente	4
9) Número de semáforos por quilômetro	0,3 a 0,6	1
	0,6 a 1,2	1 ou 2*
	1,2 a 2,0	2
	2,0 a 3,0	2 ou 3*
	3,0 a 4,0	3
	4,0 a 6,0	3 ou 4*
	6,0 a 8,0	4
10) Velocidade limite (km/h)	75 a 90	1
	65 a 75	2
	50 a 65	3
	40 a 55	4
11) Atividade de pedestres	muito baixa	1
	baixa	2
	média	3
	frequente	4
12) Densidade de ocupação do solo ao redor da via	baixa	1 ou 2*
	média	2 ou 3*
	moderada	3
	alta	4

\* a classificação desse critério depende da faixa adotada de velocidade limite (critério 10)

### **3.2.1. Definição da Classe de Via Arterial**

A etapa final do processo de classificação da via arterial é a definição de uma das quatro classes possíveis (I, II, III ou IV). A classificação é feita tomando como base a Tabela 1. A única modificação proposta em relação ao método original é que se a classificação resultar em uma via arterial secundária de alta velocidade, é fornecida a mensagem “rever classificação”, pois esta combinação de categoria funcional e de projeto não existe no manual do HCM2000.

## **4. RECOMENDAÇÕES DE ADAPTAÇÃO NO MÉTODO DO HCM**

Como cada um dos três métodos que compõem a metodologia de análise de NS do HCM2000 foi calibrado e validado para a realidade da malha viária urbana e da população usuária americana, é de se supor que sua aplicação na avaliação de vias urbanas brasileiras exija um significativo esforço de recalibração de parâmetros e, mais importante, de validação das faixas de nível de serviço em relação às expectativas dos usuários brasileiros quanto à fluidez em cada classe de via. No que diz respeito ao método de classificação das vias urbanas, vale reforçar a importância de uma classificação totalmente compatível com a realidade das vias brasileiras, já que pelo HCM é a classe da via que traduz esta expectativa do motorista.

Analisando-se os critérios do HCM2000 que podem contribuir para um julgamento errôneo da classificação de vias urbanas brasileiras, detecta-se incongruências em dois dos critérios de projeto: estacionamento e movimentação de pedestres. Com relação ao critério “estacionamento”, o HCM contempla apenas a existência de estacionamento paralelo ao meio-fio, desconsiderando estacionamentos de recuo, bastante comuns nos ambientes urbanos brasileiros, com forte impacto negativo sobre o tráfego de passagem face à quantidade de manobras de entrada/saída. Já no que diz respeito à movimentação de pedestres, acredita-se que este critério no HCM esteja relacionado diretamente à obrigatoriedade dos motoristas darem prioridade ao pedestre nas travessias em faixas sinalizadas, reduzindo a velocidade média de percurso. No Brasil, embora haja em algumas vias um volume significativo de pedestres circulando nos passeios, a travessia só é realizada nos cruzamentos semaforizados, durante o tempo de vermelho das aproximações do corredor, sem comprometer a fluidez do tráfego.

Por fim, avaliando-se de forma geral o método de classificação das vias urbanas do HCM2000, percebe-se uma certa incompatibilidade da classificação proposta com a tipologia das nossas vias arteriais. Parece recomendável, portanto, o desenvolvimento de uma nova classificação, especialmente com a subdivisão da Classe IV que, por suas características de projeto, tende a incluir boa parte das vias arteriais e coletoras das médias e grandes cidades brasileiras.

### **Agradecimentos**

Este trabalho foi desenvolvido com o apoio financeiro do CT-Transporte e do CNPq.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Gasparini, R.; Silva, P.C.M. (2002) Análise da adequabilidade do "Highway Capacity Manual" para o estudo de vias urbanas brasileiras. Anais do Congresso Panamericano de Engenharia de Trânsito e Transportes. Quito, Equador (meio magnético).
- TRB (2000) *Highway Capacity Manual*. Special Report 209. Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC, EUA. 4ª ed. revisada.