

# **ANÁLISE DOS LIMITES DE VELOCIDADE EM VIAS ARTERIAIS: UMA CONTRIBUIÇÃO METODOLÓGICA**

**Walber Paschoal da Silva, D.Sc.**

Universidade Federal Fluminense  
Escola de Engenharia

## **RESUMO**

Um dos principais fatores relacionados à segurança no trânsito é a velocidade. Nesse aspecto os equipamentos eletrônicos de controle têm-se revelado uma boa estratégia para promover o respeito a esses limites de velocidade e, conseqüentemente, a redução dos índices de acidentes, conforme comprovam as estatísticas. No entanto, em algumas cidades, a instalação desses equipamentos tem criado polêmica. Isso porque alguns limites de velocidade apresentam valores abaixo daqueles que a via poderia suportar com segurança, diminuindo a sua capacidade e prejudicando a sua operação. Assim, o presente trabalho apresenta uma metodologia capaz de auxiliar os técnicos durante o estabelecimento desses limites de velocidade para vias arteriais, a qual toma como base três aspectos: a operação da via e o ambiente no qual está inserida; a geometria e demais características físicas da via; os índices de acidentes e as causas principais dos acidentes nos pontos negros.

## **ABSTRACT**

Speed is one of the main factors related to the transit safety. Regarding speed limits control, the electronic equipments have been shown as an appropriate policy to promote the respect to those and, therefore, to the reduction of the accident rates, as confirmed by the statistics. However, in some cities, the installation of those equipments has been causing controversy. It occurs because some speed limits established are lower than the ones that the streets could support with safety, reducing their capacities and deteriorating their operations. So, this paper presents a methodology able to assist the technicians during the establishment of those speed limits to the arterial streets, which is based on three aspects: the street operation and the environment around it; the geometry and further physical characteristics of the street; the accident rates and the main causes of them at the critical points.

## **1. INTRODUÇÃO**

A determinação dos limites de velocidade nas vias deve considerar dois aspectos principais, a melhoria da segurança, reduzindo os índices de acidentes, e a otimização da operação da via, aumentando sua capacidade. Ao se estabelecer um limite de velocidade para uma artéria levando-se em conta apenas o valor recomendado pelo Código de Trânsito Brasileiro (CTB), 60 km/h, que para determinadas situações é um valor baixo, corre-se o risco de prejudicar a operação da via, diminuindo sua capacidade e, conseqüentemente, o seu nível de serviço, sem trazer nenhum benefício adicional à segurança.

Esse valor estabelecido pelo CTB, que só deve ser aplicado em situações onde não existam estudos técnicos a respeito, tem sido adotado por algumas prefeituras brasileiras devido à falta de uma metodologia capaz de auxiliar os técnicos responsáveis os quais, sem uma orientação clara de como desenvolver tais estudos, acabam adotando esses valores de segurança. Além disso, uma pesquisa realizada por Al-Ghandi (1998) revelou que os critérios adotados na prática para o estabelecimento desses limites de velocidade ainda enfrentam muita controvérsia e não têm um adequado grau de aceitabilidade. Como consequência, além da má operação da via, essa baixa velocidade tem provocado um descontentamento da população, principalmente quando esses limites são acompanhados de redutores eletrônicos de velocidade, em virtude do alto percentual de multas (em algumas cidades, como Niterói-RJ, chegando a 2,3% do fluxo diário da Estrada Francisco da Cruz Nunes, fonte: Superintendência de Trânsito Municipal de Niterói, 2004).

Tal situação também tem induzido promotores públicos a abrirem sistematicamente ações na

justiça, contra esses baixos limites de velocidade que, em conjunto com os radares instalados ao longo das vias, têm criado uma chamada “indústria de multas”. Segundo o DENATRAN (BRASIL, 1987), limites de velocidade muito baixos podem ser totalmente ineficazes, pois o fato de serem desrespeitados induz o motorista a também ignorar limites, indicados por sinalização, em locais onde velocidades reduzidas são realmente necessárias.

Portanto, o valor ideal é aquele máximo possível capaz de permitir maior fluidez do tráfego sem colocar em risco a segurança de motoristas e pedestres. Assim, o objetivo deste trabalho é desenvolver e testar uma metodologia capaz de auxiliar os técnicos durante o estabelecimento desses limites de velocidade para vias arteriais, levando em conta tanto os fatores físicos e operacionais da via, quanto os índices de acidentes, contribuindo, assim, para um melhor desempenho dessas vias tão importantes para os deslocamentos diários de veículos e pedestres nas cidades.

Nesse contexto, o presente trabalho está voltado para as vias arteriais urbanas e suburbanas, pois a própria natureza dessas vias (que concentram altos fluxos de veículos, principalmente nos horários de pico) e as interferências do ambiente em que estão inseridas (com intensas atividades comerciais e de pedestres nas áreas centrais), tornam essa análise mais complexa e prioritária, sem, no entanto, ignorar a sua necessidade para as demais vias, que com os devidos ajustes também podem adotar a metodologia aqui proposta, como referência para o desenvolvimento desses estudos.

Em uma primeira etapa deste trabalho é apresentada uma revisão bibliográfica no sentido de se examinarem os critérios e os procedimentos para o estabelecimento de limites de velocidade, assim como os fatores intervenientes. Em seguida é apresentada a metodologia proposta e são descritas em detalhes as suas etapas. No capítulo seguinte a metodologia é testada por meio da sua aplicação a uma situação real, na Estrada Francisco da Cruz Nunes, situada na cidade de Niterói, RJ, escolhida em face de suas características. Por fim, são apresentadas as conclusões e proposições, onde é feita uma análise crítica dos resultados obtidos e são dadas algumas sugestões para futuros trabalhos que venham a promover o contínuo refinamento e aperfeiçoamento desta linha de pesquisa.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

O estabelecimento de limites de velocidade apropriados é uma condição fundamental para se obter a eficiente operação de uma via, sem diminuir o seu nível de segurança. Para tanto, há na literatura vários métodos capazes de auxiliar os técnicos durante essa tarefa, que vão desde o puro julgamento arbitrário (tomado com base na experiência do analista, no conhecimento do local e na legislação) até estudos detalhados de engenharia. No Brasil, conforme mostra uma pesquisa realizada por Silva (1996), o primeiro caso tem sido o mais comum no processo de planejamento das vias, o que indica a necessidade de uma revisão desse procedimento tendo em vista o seu alto grau de subjetividade, embora não se descarte a sua importância como parte do julgamento final da análise.

O controle de velocidade por meio de dispositivos eletrônicos capazes de fotografar e multar os veículos (que aqui serão chamados de foto-radares, e que popularmente são chamados de “pardais”) toma como base a premissa de que esse controle reduz o número e a severidade dos acidentes, o que é comprovado por uma pesquisa realizada por Barbosa e Monteiro (2000), e pelas estatísticas do DENATRAN. Mas, por outro lado, essa mesma pesquisa mostrou que

esse controle também provoca uma redução significativa da velocidade média de viagem com relação ao limite de velocidade estabelecido. Outro estudo semelhante, realizado por Bloch (1998), mostrou que, nos Estados Unidos, o efeito desses foto-radares foi uma redução média de velocidade de 7 a 8 km/h, assim como uma redução do número de veículos viajando com velocidades 16 km/h, ou mais, acima do limite estabelecido. Portanto, em face da reconhecida eficiência desses dispositivos no controle do excesso de velocidade, deve-se tomar um cuidado especial ao se estabelecer o limite de velocidade.

A implantação de foto-radares ao longo de uma via, cujo limite de velocidade estabelecido se encontra abaixo daquele que a mesma poderia suportar com segurança, prejudicaria a eficiência do escoamento do tráfego, que representa outra meta a ser atingida no sentido de garantir a boa operação dessa via. Isso teria como impactos, a redução do nível de serviço (uma vez que diminui a capacidade da via), e o aumento dos atrasos, dos tempos de viagem, dos ruídos e da poluição, sem, no entanto, aumentar a segurança.

Segundo a AASHTO (1994), *American Association of State Highway and Transportation Officials*, define-se velocidade de projeto como sendo a velocidade máxima de segurança sobre uma seção específica de via em condições favoráveis. E a velocidade operacional é a velocidade máxima que o motorista pode viajar sob favoráveis condições de clima e sob determinadas condições de tráfego sem ultrapassar em nenhum momento a velocidade de projeto. Pela última edição do *Green Book* (AASHTO, 2001), a velocidade operacional é aquela na qual os motoristas são observados guiando seus veículos durante condições de fluxo livre. Assim, na metodologia aqui proposta, o limite de velocidade é determinado tomando-se como base essas duas velocidades, além daquelas exigidas para locais específicos em virtude da existência de pontos negros.

Nesse processo de avaliação dos limites de velocidade das vias, Agent *et al* (1998) desenvolveu uma pesquisa cujo objetivo foi examinar os critérios e procedimentos usados para o estabelecimento dos limites de velocidade nas vias públicas, e para o uso dos dados coletados como parte de um estudo para recomendar os limites de velocidade mais apropriados para cada tipo de via. Nessa pesquisa Agent identificou os seguintes fatores a serem considerados: restrições de visibilidade; características geométricas; interferência de pedestres; índices de acidentes; volume e composição do tráfego; localização; desenvolvimento urbano ao longo da via; legislação; estacionamentos; velocidade de projeto; velocidade de segurança nas curvas; dispositivos de controle de tráfego.

Ao fim de seus estudos, Agent concluiu que a velocidade média de viagem coletada com o auxílio de radares móveis, para a maioria das vias analisadas, é bem inferior ao limite de velocidade estabelecido, o que indicou que o limite de velocidade poderia ser aumentado. Então, os limites de velocidade foram aumentados e os novos dados coletados mostraram que as velocidades médias de viagem sofreram um aumento menor, o que levou o autor a concluir que os motoristas tendem a adotar uma velocidade considerada, por eles, como a mais apropriada à geometria e ao ambiente da via, independentemente do limite de velocidade. No entanto, assumindo que os motoristas tenham uma percepção de qual seria uma velocidade razoável, os limites de velocidade poderiam refletir uma apropriada velocidade de operação. Quanto aos dados de acidentes coletados antes e depois dessas mudanças no limite de velocidade, Agent descobriu que aumentos de até 16,1 km/h não provocaram aumentos significativos nos índices de acidentes. Outra conclusão importante que deve ser ressaltada é

que, em algumas situações, pode haver a necessidade de limites de velocidade específicos para determinados locais ao longo da via. Nesses locais placas de trânsito indicando o limite de velocidade devem ser usadas como forma de alertar os motoristas para a necessidade de reduzir a velocidade a um valor menor que o estabelecido para via como um todo.

Liang *et al* (1998) realizou uma pesquisa onde analisou os efeitos da visibilidade e de outros fatores intervenientes sobre a velocidade como parte de um ITS (*Intelligent Transportation System*) cujo objetivo era a redução de acidentes causados pela súbita mudança na visibilidade. Segundo Liang, a seleção da velocidade pelo motorista ao percorrer uma via é o resultado de um processo dinâmico e complexo que depende, entre outras questões, de cinco fatores principais, a saber: limite de velocidade estabelecido pelo órgão federal, estadual, ou municipal; geometria da via, em particular os alinhamentos horizontal e vertical, que podem restringir a distância de visibilidade do motorista; densidade do tráfego; condições do pavimento, que pode afetar o coeficiente de atrito e conseqüentemente a capacidade do motorista parar o veículo com segurança; fatores ambientais que podem afetar a visão do motorista (p.ex., neblina) ou a sua capacidade de dirigir com segurança o seu veículo (p.ex., vento).

O mais importante e mais difícil em sua pesquisa foi a identificação de qual seria a velocidade de segurança para determinadas condições, e Liang procurou responder a essa questão de várias maneiras. Primeiramente, verificou que nenhuma colisão ocorreu sob más condições ambientais, significando que os motoristas eram capazes de evitar acidente durante esses períodos. Em seguida, procurou responder qual era a percepção dos motoristas a respeito do nível de serviço durante os períodos em que não ocorreram colisões, e verificou que não havia correlação entre essa percepção e o número de acidentes. Depois, com base no *Green Book* (AASHTO, 1994), verificou que os motoristas reduziam suas velocidades de maneira suficiente para permitir adequadas distâncias de visibilidade, de acordo com suas percepções de velocidade de segurança para variadas condições de clima.

Embora o estudo de Liang não tenha indicado a existência de uma correlação entre o número de acidentes e a percepção dos motoristas para com a densidade do tráfego, uma pesquisa realizada por Garber e Ehrhart (2000) revelou que os índices de acidentes eram maiores nos horários com menor volume de tráfego. Uma explicação encontrada é que a variação das velocidades dos veículos aumenta na medida em que o fluxo diminui, e que a taxa de acidentes é afetada por essa variação da velocidade. O volume de tráfego também exerce influência sobre o tipo de acidente, sendo que quanto maior o volume, maior o número de acidentes envolvendo vários veículos, e menor o número de acidentes envolvendo apenas um veículo. Assim, com o objetivo de melhor entender os fatores associados às colisões e, assim, identificar possíveis medidas a serem adotadas para reduzir a ocorrência de acidentes, Garber e Ehrhart (2000) procuraram determinar como a velocidade, o volume de tráfego e a geometria, de uma via de duas faixas, afetam o índice de acidentes. Para tanto trabalharam com modelos determinísticos capazes de estabelecer uma correlação entre o índice de acidentes e: a velocidade média; o desvio padrão da velocidade; o fluxo por faixa; a largura da faixa; a largura do acostamento.

Segundo os resultados, o índice de acidentes não apresenta uma relação linear com a velocidade, nem com o volume de tráfego e nem com a geometria da via. O modelo mostrou que a correlação entre essas variáveis é muito complexa, não sendo possível a sua aplicação

direta sobre todas as rodovias em virtude das peculiaridades de cada uma. No entanto, foi possível verificar que o índice de acidentes é afetado pelo efeito combinado dessas variáveis.

Um outro estudo, realizado por Garber e Gadiraju (1998), revelou que os índices de acidentes aumentam com o aumento da variação da velocidade em todos os tipos de vias. Mas, quanto ao aumento da velocidade média, esse estudo mostrou que não há, necessariamente, um aumento dos índices de acidentes. Corroborando com esses resultados, segundo Lassarre (1996), mudanças na velocidade média exercem apenas uma pequena influência sobre a segurança, enquanto que velocidades mais homogêneas aumentam o nível de segurança. Segundo Choueiri *et al* (1994), as características geométricas que exercem maior influência sobre os índices de acidentes são a largura das faixas e a largura dos acostamentos, sendo que o índice de acidentes diminui na medida em que a largura da faixa, e/ou do acostamento, aumenta. Mas, vale ressaltar que ainda há muita contradição a respeito da relação entre essas variáveis.

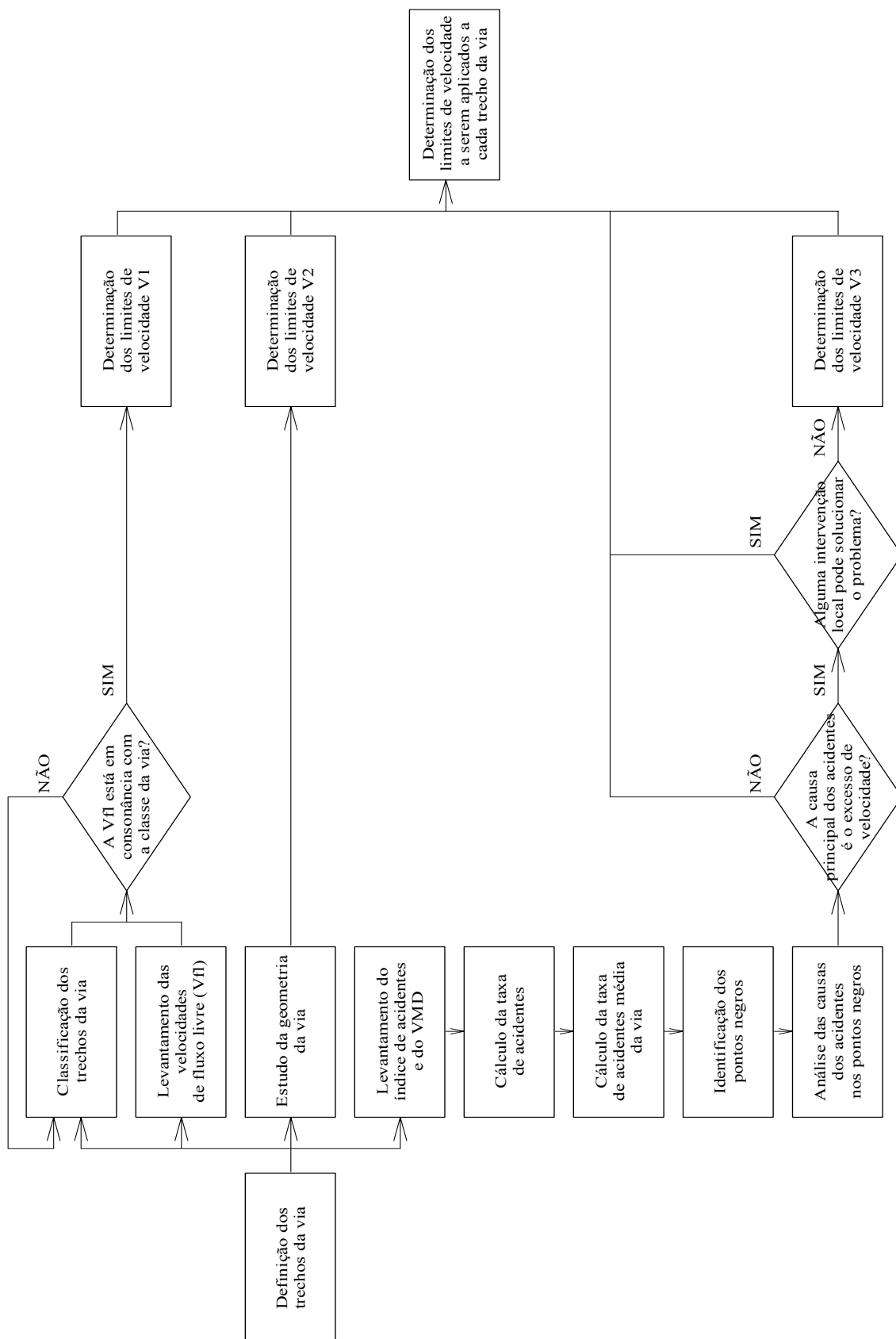
Ainda nessa linha de pesquisa Chen e Jovanis (2000) desenvolveram um estudo com objetivo de criar um método para a identificação dos fatores relacionados ao grau de severidade dos acidentes de trânsito, e descobriram que esse era afetado pelos seguintes fatores: características do motorista; características do veículo; características da via; características ambientais. Chen e Jovanis concluíram ainda que o grau de severidade dos acidentes não é afetado apenas por um fator isoladamente, mas principalmente pela interação entre eles de maneira que um determinado fator pode exercer efeitos diferenciados em função das características dos demais fatores.

### **3. METODOLOGIA PROPOSTA**

Neste capítulo, a metodologia proposta é descrita em detalhes, e o fluxograma da Figura 1 apresenta uma visão global da seqüência e interdependência entre as suas etapas. Vale ressaltar que essa metodologia é direcionada às vias arteriais, mas, com os devidos ajustes, também pode ser aplicada às demais vias, e consiste basicamente em uma análise do limite de velocidade mais adequado à via, sob três aspectos: a operação e o ambiente no entorno da via; a geometria e as características físicas da via; as causas principais dos acidentes nos pontos negros.

#### **3.1. Definição dos trechos da via (1ª Etapa)**

A primeira etapa dessa metodologia é a definição dos trechos da via arterial, cuja unidade básica é o segmento. Um segmento representa a distância entre duas interseções semaforizadas consecutivas, em um determinado sentido de tráfego. Assim, um trecho da via pode agregar dois ou mais segmentos consecutivos desde que os mesmos apresentem características semelhantes, tais como, classificação, comprimento (com variação de até 20%), limite de velocidade, tipo de uso do solo e interferência de pedestres. Essa definição dos trechos da via deve ser precedida de um estudo preliminar de suas características gerais (tanto físicas quanto operacionais), sendo, portanto, de fundamental relevância para esse processo, uma visita ao local no sentido de familiarizar o técnico com tais características.



**Figura 1:** Etapas da Metodologia Proposta

### 3.2. Classificação dos trechos da via (2ª Etapa)

A segunda etapa é a classificação dos trechos da via. Pelo CTB, classifica-se como via arterial, “aquela caracterizada por interseções em nível, geralmente controlada por semáforo, com acessibilidade aos lotes lindeiros e às vias secundárias e locais, possibilitando o trânsito entre as regiões da cidade”, e como via urbana, “ruas, avenidas, vielas, ou caminhos e similares abertos à circulação pública, situados na área urbana, caracterizados principalmente por possuírem imóveis edificadas ao longo de sua extensão”.

Pelo HCM, *Highway Capacity Manual (Transportation Research Board, 1995)*, classificam-se como vias arteriais, vias semaforizadas servindo a um tráfego predominantemente de passagem, permitindo acesso a propriedades lindeiras, e ligando o tráfego das vias coletoras às vias do centro da cidade, ou o tráfego das auto-estradas suburbanas às vias rurais. O HCM considera ainda que essas vias apresentam um espaçamento máximo entre as interseções semaforizadas igual a 2 milhas ( $\approx 3,2$  km) e movimentos de conversão nas interseções inferiores a 20% do volume de tráfego total.

Assim, pelo maior nível de detalhamento oferecido pela metodologia do HCM para essa identificação das vias, permitindo a sua classificação segundo suas categorias funcional (arterial principal ou arterial secundária) e de projeto (arterial suburbana, arterial urbana ou arterial intermediária), optou-se aqui por essa referência. Além disso, o HCM ainda indica o limite de velocidade mais apropriado à via em função da sua classificação, conforme será visto na seção 3.4, a seguir. A partir dessa classificação, determina-se a CLASSE da via, com base na Tabela 1 (fonte: HCM – TRB, 1995).

**Tabela 1:** Classe da via arterial, de acordo com suas categorias funcional e de projeto

Categoria de projeto	Categoria funcional	
	Arterial Principal	Arterial Secundária
Suburbana	I	II
Intermediária	II	III
Urbana	III	III

### 3.3. Levantamento das velocidades de fluxo livre (3ª Etapa)

A velocidade de fluxo livre é a velocidade média desenvolvida pelos veículos em uma porção de um determinado trecho da via, que não esteja próxima à interseção semaforizada, e sob condições de tráfego que permitam ao motorista uma certa liberdade de manobra e a escolha da velocidade mais confortável. Essa velocidade representa a velocidade percebida pelos motoristas como a mais adequada às características locais da via e ao seu uso, e pode ser levantada por meio do método do carro teste ou do método das placas. O objetivo dessa velocidade é confirmar a classificação preliminar da via arterial, feita na segunda etapa, já que cada classe de via arterial apresenta um intervalo característico de velocidade de fluxo livre, e que, como o próprio HCM admite, essa classificação não é uma tarefa trivial, podendo surgir ambigüidades capazes de dificultá-la ou mesmo torná-la falha. Então, a confirmação efetiva da classe de cada trecho da via, é feita verificando-se a consonância entre a classificação preliminar e a velocidade de fluxo livre (medida em campo) nesses trechos, com o auxílio da Tabela 2 (fonte: HCM – TRB, 1995).

**Tabela 2:** Relação entre a classe de uma via arterial e a sua velocidade de fluxo livre

Classe	I	II	III
Intervalo de velocidades de fluxo livre (mph)	35 a 45 ( $\approx$ 60 a 70 km/h)	30 a 35 ( $\approx$ 50 a 60 km/h)	25 a 35 ( $\approx$ 40 a 60 km/h)
Velocidade de fluxo livre típica (mph)	40 ( $\approx$ 64 km/h)	33 ( $\approx$ 53 km/h)	27 ( $\approx$ 43 km/h)

Caso essa análise indique que a classificação inicial não esteja de acordo com a velocidade de fluxo livre medida em campo, é necessário que se retorne à primeira etapa para que seja feita uma reavaliação da classe do trecho da via.

### 3.4. Determinação dos limites de velocidade, sob os aspectos operacional e ambiental (4ª Etapa)

Nesta etapa, tomando-se como base a classificação do trecho da via (confirmada na etapa anterior, por meio da velocidade de fluxo livre), determina-se, com o auxílio da Tabela 3 (fonte: HCM – TRB, 1995), o limite de velocidade (aqui chamado de V1) mais apropriado às condições de operação e de interferências do ambiente, nesse trecho. Vale ressaltar que a Tabela 3, não estabelece um limite de velocidade “fechado” para cada classe de via arterial, mas sim um intervalo de possíveis limites de velocidade. Portanto, a escolha do valor mais adequado entre esses valores máximo e mínimo, será feita com base na experiência do técnico responsável pela análise, e no seu conhecimento do local.

**Tabela 3:** Limites de velocidade recomendados para cada tipo de via arterial

Classificação quanto à categoria de projeto	SUBURBANA	INTERMEDIÁRIA	URBANA
Limite de velocidade V1 (mph)	40 a 45 ( $\approx$ 60 a 70 km/h)	30 a 40 ( $\approx$ 50 a 60 km/h)	25 a 35 ( $\approx$ 40 a 60 km/h)

### 3.5. Estudos da geometria da via (5ª Etapa)

Nessa seção serão realizados estudos das características geométricas dos trechos da via, tais como a largura das faixas de tráfego e dos acostamentos, as declividades, a presença de curvas, retornos e agulhas, e as restrições de visibilidade resultantes dessa geometria e das interferências locais. Essas informações têm por finalidade a verificação de qual seria a velocidade mais adequada à geometria da via, ou seja, a velocidade de projeto da via.

### 3.6. Determinação das velocidades de projeto (6ª Etapa)

Agora, com base nos estudos realizados na etapa anterior, será determinada a velocidade de projeto (que aqui será chamada de V2), ou velocidade diretriz dos trechos da via. Para tanto, tomar-se-á como referência o *Green Book* (AASHTO, 2001), já que estabelece esta relação entre as várias características geométricas da via e a velocidade de projeto.

O objetivo dessa velocidade (V2) é proporcionar ao técnico mais um parâmetro de análise (este, sob o aspecto da geometria e das características físicas da via), durante a determinação do limite de velocidade. Assim, o limite de velocidade da via não poderia ser maior que V2, mesmo que os aspectos relacionados às características operacionais e ambientais, e às taxas de acidentes, em determinado trecho da via, o permitissem.

### 3.7. Identificação e análise dos pontos negros (7ª Etapa)

O objetivo desta etapa é identificar e analisar os pontos negros existentes em cada trecho da via, e determinar se os acidentes nesses pontos estão relacionados, ou não, com a velocidade. Mas, vale ressaltar que, para tanto, necessita-se de informações detalhadas a respeito dos acidentes, o que pode ser difícil de se obter. Conforme verificação feita durante a aplicação desta metodologia, as cidades apresentam problemas com relação ao levantamento e cadastro das informações sobre os acidentes de trânsito, as quais não seguem o padrão recomendado pelo DENATRAN (o Corpo de Bombeiros tem um sistema de registro dos acidentes, assim como a Polícia Militar tem outro, e algumas Prefeituras, outro, etc). O resultado é que as informações disponíveis a respeito dos acidentes são incompletas e insuficientes para uma análise mais criteriosa das suas causas e das suas possíveis soluções. Nesses casos se faz necessário um estudo *in loco*, com a realização de entrevistas com os moradores da área e, principalmente, com os agentes operadores do trânsito, cuja experiência e conhecimento do local possibilitam uma identificação mais precisa e detalhada desses pontos negros e das suas causas potenciais.

O primeiro passo nesse processo é o levantamento do índice de acidentes e do volume médio diário, onde serão listados os locais dos acidentes, indicando o número de acidentes ao longo de um período de referência de, preferencialmente, 1 (um) ano. Em seguida, será preparada uma segunda listagem eliminando aqueles locais com uma ocorrência de menos de 3 (três) acidentes por ano, desde que sem vítimas fatais. A partir dessa listagem final, será feito o cálculo do número de unidades-padrão de severidade (UPS), adotando-se os pesos estabelecidos pelo Ministério dos Transportes (BRASIL, 2002), ou seja, acidentes com vítimas fatais, peso 13, acidentes com feridos envolvendo pedestres, peso 6, acidentes com feridos sem envolver pedestres, peso 4, e acidentes apenas com danos materiais, peso 1. O próximo passo é o levantamento do volume médio diário (VMD) em cada segmento da via. Em seguida é feito o cálculo da taxa de acidentes em cada segmento da via. De posse do VMD e do número UPS, são calculadas as taxas de acidentes (T), por meio da Equação (1), a seguir:

$$T = \frac{n^{\circ} \text{ UPS} \times 10^6}{\text{VMD} \times P \times E} \quad (1)$$

em que  $n^{\circ}$  UPS: número de unidades-padrão de severidade;  
VMD: volume médio diário de veículos passando pelo segmento;  
P: período de estudo (preferencialmente 365 dias);  
E: extensão do trecho (km).

Em seguida calcula-se a taxa média (TM) da via, com base no valor de T de cada segmento (Equação 2).

$$TM = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n} \quad (2)$$

em que n: número de segmentos ao longo do trecho da via.

A determinação dessa taxa de acidentes (T) é necessária como forma de se obter uma medida capaz de representar com exatidão o real grau de periculosidade da via, tendo em vista que o número de UPS, embora estabeleça pesos para cada tipo de acidente em função da sua gravidade, não considera a extensão do trecho em que os acidentes foram levantados, e nem o volume de veículos que passaram por esse trecho. Assim, identificam-se os pontos negros

como sendo aqueles onde  $T \geq T_M$ , e parte-se para a análise das causas dos acidentes nos mesmos.

Segundo Chen e Jovanis (2000) mostraram em sua pesquisa, não se pode atribuir um acidente a uma causa específica, pois o acidente é o resultado da interação entre vários fatores. Daí a dificuldade de se determinar a causa de um acidente. Portanto, ao se estabelecer um determinado fator como sendo a causa de um acidente, deve-se entender que esse é o fator principal, ou seja, caso ele não existisse o acidente não ocorreria, mas não o único. No que se refere à via, esses fatores podem estar relacionados ao estado de conservação, à operação do tráfego no local, ou a falhas em sua geometria, e no que se refere às interferências locais, podem estar relacionados às condições de visibilidade, à velocidade, aos estacionamentos e aos movimentos de pedestres.

### **3.8. Determinação do limite de velocidade nos segmentos com pontos negros (8ª Etapa)**

Caso a análise realizada na seção anterior indique que esses acidentes tenham como causa principal a velocidade regulamentada para o local, deve-se rever esse limite de velocidade, possivelmente diminuindo para um valor mais apropriado. Esse novo limite de velocidade (aqui chamado de  $V_3$ ) pode ser aplicado apenas ao local onde a velocidade reduzida é necessária (ponto negro), sendo indicado por meio de uma sinalização específica, ou a todo o trecho do qual faz parte esse segmento do ponto negro, ficando a cargo do técnico responsável pela análise a definição da opção mais adequada. Mas, caso a causa principal dos acidentes, nesses trechos, esteja relacionada a outros fatores, tais como, o estado de conservação da via, falhas em sua geometria, etc., o limite de velocidade existente pode ser mantido, ou até mesmo aumentado, desde que tais problemas locais sejam solucionados.

### **3.9. Determinação do limite de velocidade a ser aplicado a cada trecho da via (9ª Etapa)**

Finalmente, de posse dos três limites de velocidade previamente determinados para os trechos da via, em função das suas características operacionais ( $V_1$ ), de suas características físicas e geométricas ( $V_2$ ) e dos acidentes ( $V_3$ ), é determinado o limite de velocidade ( $V$ ) a ser implementado no(s) trecho(s) da via, que deverá ser aquele que apresentar o menor valor entre  $V_1$ ,  $V_2$  e  $V_3$ . Assim, adota-se o limite de velocidade representativo da situação mais desfavorável, capaz de proporcionar maior conforto e segurança aos usuários da via.

## **4. APLICAÇÃO**

Essa metodologia foi testada por meio da sua aplicação em oito importantes corredores de tráfego da cidade de Niterói, e em todos foram atingidos os resultados esperados. Tais vias foram: Estrada Francisco da Cruz Nunes; Estrada Caetano Monteiro; Estrada Engenheiro Pacheco de Carvalho; Av. Presidente Franklin Roosevelt; Av. Rui Barbosa; Av. Roberto Silveira; Av. Marquês do Paraná; Alameda São Boaventura.

No sentido de melhor caracterizar os resultados obtidos com essa aplicação, foi escolhido como exemplo um desses corredores, cujas características e grau de complexidade permitem uma descrição mais objetiva e sucinta desses resultados. Assim, foi escolhido o trecho 2 da Estrada Francisco da Cruz Nunes (trecho com comprimento de 2,5 km, composto por um único segmento indo da interseção com a Av. Independência até a saída da Estrada Engenheiro Pacheco de Carvalho, próximo ao nº 4515), tendo em vista que apresenta uma das maiores taxas de acidentes da região, além de apresentar baixos limites de velocidade e fotoradares.

A aplicação da metodologia foi feita com o apoio da própria Prefeitura de Niterói, e constatou-se que o limite de velocidade desse trecho poderia passar dos atuais 60 km/h para 70 km/h, o que foi implementado pela Prefeitura. Alguns meses após essa intervenção, uma comparação dos índices de acidentes antes e depois da implementação do novo limite de velocidade mostrou que o índice de acidentes não foi afetado, de modo que o fator segurança não foi prejudicado por esse aumento do limite de velocidade.

Vale ressaltar que o objetivo maior não é aumentar o limite de velocidade mantendo os índices de acidentes. Mas, a partir do momento que um estudo mais detalhado mostrou que a elevada taxa de acidentes se devia a outros fatores locais, e não ao limite de velocidade, foi possível aumentá-lo, proporcionando um possível aumento da capacidade da via, e uma conseqüente melhoria no nível de serviço oferecido aos seus usuários. Nessa situação para diminuir os índices de acidentes, outras intervenções, mais específicas, seriam necessárias.

Assim, além de apontar esses fatores locais (geometria, condições de pavimento, etc.), maiores responsáveis pelos acidentes em algumas vias, o estudo também apresentou propostas para a solução dos mesmos. Por exemplo, em um trecho da Av. Presidente Franklin Roosevelt, um raio de curva foi modificado a partir da recomendação do estudo, diminuindo consideravelmente a taxa de acidentes no local, que, conforme confirmado, não tinha nenhuma relação com o limite de velocidade.

Mas, há uma tendência em se atribuir à velocidade a causa dos acidentes, principalmente quando os responsáveis por essas análises não têm condições de realizar um estudo técnico, apropriado, capaz de apontar, com segurança, as verdadeiras causas desses acidentes. Isso é perigoso, pois diminuir, pura e simplesmente, o limite de velocidade em uma via principal, além de não resolver o problema, pode criar vários inconvenientes citados nessa pesquisa como, por exemplo, os congestionamentos.

## **5. CONCLUSÕES E PROPOSIÇÕES**

O presente trabalho mostrou a relevância de uma metodologia para o estabelecimento dos limites de velocidades nas vias arteriais, como forma de se promover uma operação adequada desses corredores de tráfego de vital importância para o desenvolvimento das cidades. Também mostrou como é preocupante a situação dessas vias, em virtude da disseminação dos foto-radares por todo o Brasil, os quais, embora eficazes, quando instalados em uma via cujo limite de velocidade é inferior àquele que a mesma suportaria com segurança, provocam a sua má operação, diminuindo sua capacidade e o nível de serviço oferecido aos seus usuários, além de reflexos negativos (congestionamentos, conflitos e acidentes de trânsito, desperdício energético e impactos ambientais e psicológicos). Nesse contexto a metodologia proposta representa ferramenta, simples e objetiva, capaz de auxiliar os técnicos durante esse processo de estabelecimento dos limites de velocidade das vias arteriais, cujos resultados de sua aplicação mostraram ser uma ferramenta viável, contribuindo, assim, para uma operação mais adequada dessas vias.

Dentre os problemas encontrados durante a aplicação dessa metodologia, vale a pena destacar a dificuldade para se obterem dados precisos a respeito dos acidentes de trânsito. Portanto, fica aqui a sugestão para que o DENATRAN estabeleça um meio de se garantir que os órgãos públicos competentes levantem essas informações, segundo o padrão apresentado em seu

manual para identificação, análise e tratamento de pontos negros (BRASIL, 1987), seja por meio de um esforço integrado, ou mesmo como uma exigência para esses órgãos obterem determinados recursos do governo federal, no sentido de se formar uma base de dados de acesso público e *on line* (disponível na internet) a respeito dos acidentes de trânsito. Isso proporcionaria um conhecimento mais detalhado dos problemas de trânsito no Brasil, permitindo, por sua vez, a definição de políticas mais eficazes para a redução dos índices de acidentes, assim como o desenvolvimento de pesquisas mais adequadas à realidade.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO (2001) *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., U.S.A.
- AASHTO (1994) *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., U.S.A.
- Agent, K.R., J.G. Pigman, e J.M. Weber (1998) *Evaluation of Speed Limits in Kentucky*. Transportation Research Record 1542, TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp. 57-64.
- Al-Ghandi, A.S. (1998) *Spot Speed Analysis on Urban Roads in Riyadh*. Transportation Research Record 1635, TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp. 162-170.
- Barbosa, H.M. e P.R.S. Monteiro. (2000) *Redutores Eletrônicos de Velocidades – Impactos no Desempenho do Tráfego*. Departamento de Engenharia de Transportes e Geotecnia. UFMG. Minas Gerais.
- Bloch, S.A. (1998) *Comparative Study of Speed Reduction Effects of Photo-Radar and Speed Display Boards*. Transportation Research Record 1640, TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp. 27-36.
- BRASIL (1987) *Manual de identificação, análise e tratamento de pontos negros*. 2ª edição. Ministério da Justiça. DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito. Brasília.
- BRASIL (2002) *Procedimentos para Tratamento de Locais Críticos de Acidentes de Trânsito*. Programa PARE, Ministério dos Transportes, Brasília, DF.
- Chen, W.H. e P.P. Jovanis (2000) *Method for Identifying Factors Contributing to Driver-Injury Severity in Traffic Crashes*. Transportation Research Record 1717, TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp. 1-9.
- Choueiri, E.M., R. Lamm, J.H. Kloeckner, e T. Mailaender (1994) *Safety Aspects of Individual Design Elements and Their Interactions on Two-Lane Highways: International Perspective*. Transportation Research Record 1445, TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp. 34-46.
- Garber, N.J. e A.A. Ehrhart (2000) *Effect of Speed, Flow, and Geometric Characteristics on Crash Frequency for Two-Lane Highways*. Transportation Research Record 1717, TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp. 76-83.
- Garber, N.J. e R. Gadiraju (1998) *Factors affecting Speed Variance and Its Influence on Accidents*. AAA Foundation for Traffic Safety, Va, USA.
- Lassarre, S. (1996) *The Introduction of the Variables “Traffic Volume”, “Speed” and “Belt-Wearing” into a Predictive Model of the Severity of Accidents*. Accident Analysis and Prevention, Vol. 18 (2), pp. 129-134.
- Liang, W.L., M. Kyte, F. Kitchener, e P. Shannon (1998) *Effect of Environmental Factors on Driver Speed – A Case Study*. Transportation Research Record 1635, TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp. 155-161.
- Silva, W.P. (1996) *Contribuição Metodológica para o Planejamento de um Sistema Viário*. Tese de Mestrado submetida ao Programa de Engenharia de Transportes da COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ.
- Transportation Research Board (1995) *Highway Capacity Manual 1995*. National Research Council. Washington, D.C.