

AVALIAÇÃO DE UM MÉTODO DE MEDIÇÃO DA VELOCIDADE DE AUTOMÓVEIS EM DISPOSITIVOS DE MODERAÇÃO DE TRÁFEGO

André Rennó Góes

andrerennogoies@hotmail.com.br

Adriano Ferreira Schiavon

pitecofschiavon@gmail.com

Heloisa Maria Barbosa

Núcleo de Transportes – NUCLETRANS, Depto. de Engenharia de Transportes e Geotecnia

Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG

Avenida Antônio Carlos 6627 – Belo Horizonte – Minas Gerais – Brasil

heloisa@etg.ufmg.br

RESUMO

Este artigo tem o objetivo de avaliar um método de coleta de dados para obtenção de perfis de velocidade para dispositivos de moderação de tráfego. O estudo foi realizado nas vias internas do Campus da Universidade Federal de Minas Gerais em Belo Horizonte, Brazil tratadas com moderação de tráfego. O estudo compreendeu a utilização de um GPS passivo, *data logger* para armazenamento de dados e a utilização de *softwares* como *Excel*, *Google Maps* e *OziExplorer* para a análise dos dados registrados pelo equipamento. Os perfis de velocidade foram coletados para dez dispositivos de moderação de tráfego do tipo plataforma. Após o tratamento dos dados procedeu-se a avaliação dos impactos das intervenções na redução da velocidade, a determinação da área de influência do dispositivo antes e após a sua travessia, e a distância entre dispositivos em série na qual é atingida a velocidade máxima. Para o experimento foram usados dois motoristas e um veículo teste equipado com o GPS. Dentre os resultados obtidos observou-se que a velocidade máxima desenvolvida entre duas plataformas ocorre entre 51 a 60% do espaçamento entre elas, e a redução média de velocidade nos dispositivos foi de 38,49% em relação à velocidade de fluxo livre. As plataformas cujas dimensões seguem as recomendações dos manuais sobre o tema apresentaram maior eficácia na redução da velocidade.

PALAVRAS-CHAVE: Perfis de velocidade, Moderação de tráfego, Medição de velocidade.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente a gerência da mobilidade tornou-se a palavra de ordem entre os planejadores de transporte. O binômio “prever e prover” não é mais aceitável, uma vez que, de maneira geral, o sistema viário não suporta novas expansões. Ademais, é consenso entre planejadores que expansão viária (prover vias) gera mais tráfego, e, por sua vez, gera mais congestionamentos, desencadeando efeitos adversos na qualidade dos deslocamentos em áreas urbanas. A gerência da mobilidade consiste na introdução de estratégias, técnicas e ações voltadas para: (i) controle da demanda de transporte, (ii) maior eficiência dos sistemas de transportes, e (iii) desenvolvimento sustentável.

A evolução dos padrões de transporte e uso do solo nas cidades fez com que a movimentação urbana se tornasse totalmente dependente dos modos motorizados, principalmente o automóvel. Como esses modos de transporte utilizam combustíveis de fontes não renováveis e provocam poluição ambiental, eles são, por princípio, não sustentáveis. Entre os modos de transporte, os não motorizados, a pé e bicicleta, estão na categoria “mais sustentáveis” porque são eficientes, consumindo poucos recursos em termos de espaço e energia; permitem o acesso básico às atividades urbanas; são modos de transporte mais econômicos e de baixo custo; constituem-se em formas de exercício físico; ajudam a criar comunidades mais humanizadas; e permitem o acesso ao transporte coletivo no caso de viagens mais longas.

A moderação de tráfego, técnica muito utilizada em cidades européias e que vem sendo aplicada em diversas cidades brasileiras, apresenta-se como um importante fundamento da Gerência da Mobilidade, cujo objetivo básico é encontrar alternativas ao uso indiscriminado do automóvel, e privilegiar modos não-poluíntes como a bicicleta e o pedestrianismo, promovendo a qualidade de vida urbana. Além disso, a moderação de tráfego vem ganhando mais destaque pelo importante papel que desempenha no contexto estratégico do desenvolvimento sustentável, uma vez que as projeções de crescimento do tráfego veicular para as próximas décadas mostram-se incompatíveis com padrões aceitáveis de qualidade ambiental. A moderação de tráfego é efetivamente um importante instrumento de gestão urbana a favor da mobilidade sustentável ao incentivar o transporte não motorizado e público e reduzir o volume de tráfego motorizado das vias.

A moderação de tráfego envolve a mudança de comportamento dos motoristas (Kyounghe e Hesham, 2009), e, para tanto, o estudo da alteração da velocidade praticada pelos condutores perante elementos da moderação de tráfego propicia o entendimento de padrões de comportamento para cada tipo de elemento.

Este trabalho tem como objetivo avaliar o uso de um GPS passivo para obtenção de perfis de velocidade em vias tratadas com medidas de moderação de tráfego. O estudo em questão foi realizado nas vias internas do Campus da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG em Belo Horizonte, Brasil. Atualmente o Campus conta com um grande volume de veículos motorizados particulares, fato que gera intensa movimentação veicular e conflitos com o trânsito de pedestres e ciclistas nos horários de pico. Ao longo da última década o sistema viário do Campus foi tratado com diversas técnicas de moderação de tráfego, no intuito de humanizar o trânsito e propiciar maior segurança para os usuários, principalmente com a construção de plataformas elevadas para travessia de pedestres, ondulações transversais e rotatórias. A metodologia de trabalho envolveu a seleção das medidas, a coleta de dados de velocidade de forma a obter um perfil de velocidades (velocidade praticada em função do deslocamento do veículo) e o tratamento e análise dos dados coletados para avaliação do comportamento dos condutores, bem como as questões relacionadas com a segurança dos pedestres.

2. MÉTODOS DE OBTENÇÃO DE VELOCIDADE: ESTUDOS REALIZADOS

O estudo de perfis de velocidade de veículos em vias urbanas e rurais é tema de diversas pesquisas uma vez que a velocidade é fundamental para a análise das condições de segurança na circulação, pois reflete o comportamento do motorista e seu julgamento da velocidade adequada ao tráfego conforme as condições do local. Por perfil de velocidade entende-se a relação entre a

velocidade pontual em pontos específicos ao longo do trecho percorrido por um determinado veículo.

Diversas são as formas de obtenção de dados de velocidade pontual, encontrados através de busca em literatura específica, como em pesquisas sobre o impacto de implantação de equipamentos moderadores de tráfego na circulação de veículos e no comportamento dos motoristas. Pode ser utilizado radar portátil, tubos pneumáticos ou GPS passivo, cada instrumento com seus pontos positivos e negativos.

Em um estudo sobre o impacto de medidas de moderação de tráfego na velocidade em vias urbanas Barbosa (1995) utilizou 16 tubos pneumáticos, conectados a um dispositivo para transformar o pulso de ar em sinal elétrico para realizar suas medições de velocidade pontual ao longo de rotas previamente determinadas. O sistema era capaz de armazenar o horário de passagem de cada eixo do veículo em cada tubo pneumático, registrando o horário e o número do tubo. Usando os dois primeiros pares de tubos para estimar a distância entre eixos de cada veículo, foi calculada a velocidade do veículo em cada um dos demais 14 tubos, dividindo a distância entre eixos do veículo pela diferença de tempo de passagem do primeiro e segundo eixo sobre cada sensor/tubo. Desta forma, foi possível obter o perfil de velocidades em 16 pontos específicos dos trechos analisados para cada veículo individualmente.

Moura e Barbosa (2006) utilizaram um radar de mão *Bushnell Speedster* Modelo 10-1907, com alcance de 400 metros, para fazer medidas pontuais de velocidade em vias tratadas com moderação de tráfego. Os dados foram obtidos para veículos isolados, o que permitia que este fosse seguido em seu percurso e que a possibilidade de erros de medição fosse reduzida, sendo que para determinação da distância a velocidade era medida em pontos previamente conhecidos de forma a obter-se o perfil de velocidade.

Kyoungho e Hesham (2009) utilizaram um *GPS data logger*, passivo, para coletar: data, hora, latitude e longitude do veículo, altitude, velocidade, direção do veículo e número de satélites conectados durante a coleta. Foi utilizado um *Flash Memory Card* para facilitar a transmissão de dados para o computador. O *software* utilizado foi o MATLAB, excluindo-se dados irreais do estudo. O estudo quantifica o impacto de uma seleção de medidas de moderação de tráfego através de modelos microscópicos de consumo de combustível e de emissões. Foram usados quatro motoristas e dois veículos teste para a coleta de dados.

Silva et al (2010). Silva et al (2010a)

García et al (2010) analisaram a eficiência de medidas moderação em sequência, cujas características geométricas foram medidas utilizando-se um perfilômetro digital para correlação das dimensões dos equipamentos moderadores com o comportamento dos condutores. Este foi obtido através do uso de GPS de rastreamento passivo, obtendo-se dados de tempo, velocidade mínima no entorno do dispositivo e taxas de aceleração, obtendo-se assim o perfil contínuo de velocidade ao longo de cada rota analisada. A amostra foi obtida através da instalação de duas estações de controle na via a uma distância de 1 km antes e depois do trecho em estudo. Os motoristas abordados e que aceitavam participar da pesquisa seus tinham dados sociais anotados e recebiam, sem saber o objetivo da pesquisa, o GPS que era devolvido na estação de controle no final do percurso. Com os dados obtidos foi possível a análise da velocidade entre os elementos

moderadores, sendo calculadas as reduções médias geradas pelos equipamentos e a qual a importância desses dispositivos na velocidade exercida no elemento posterior.

3. METODOLOGIA

A avaliação de um método de medição da velocidade de automóveis em dispositivos de moderação de tráfego por meio de um GPS passivo foi contemplada a partir da seleção das vias na área de estudo, realização de medidas *in loco* para obtenção das dimensões dos dispositivos, coleta de dados de perfil de velocidade com o GPS e tratamento e interpretação dos dados.

3.1 Seleção de vias na área de estudo

As vias do Campus da UFMG são em sua grande maioria tratadas com dispositivos de moderação de tráfego, sendo estes principalmente redutores de velocidade, como: ondulações transversais, plataformas e rotatórias. Dessa forma, para a escolha das vias a serem pesquisadas foram definidos critérios, de modo a facilitar a definição de um circuito para estudo. Os critérios adotados foram:

- Possibilidade dos dispositivos apresentarem alterações no padrão construtivo;
- Vias que apresentassem pelo menos três dispositivos implantados em sequência.

Em vista destes critérios foram escolhidas as seguintes vias:

- Rua Doutor Fernando de Melo Viana – mão dupla, possui três dispositivos em sequência;
- Rua Professor Eduardo Frieiro – mão única – apresenta três dispositivos em sequência;
- Rua Professor Baeta Vianna – mão única – possui um dispositivo;
- Rua Professor Giorgio Schreiber – mão única – apresenta um dispositivo;
- Rua Reitor Pires Albuquerque – mão dupla – possui um dispositivo e uma rotatória na interseção com a Rua Professor Edmundo Lins.

De modo a facilitar a locomoção do veículo foi adotado um circuito para a realização da coleta de dados contemplando as vias selecionadas, conforme mostrado na Figura 1, na qual estão indicados os dispositivos de moderação de tráfego existentes. O ponto de partida do circuito corresponde ao início da Seção 1 e o segue o sentido de circulação indicado pelas setas.

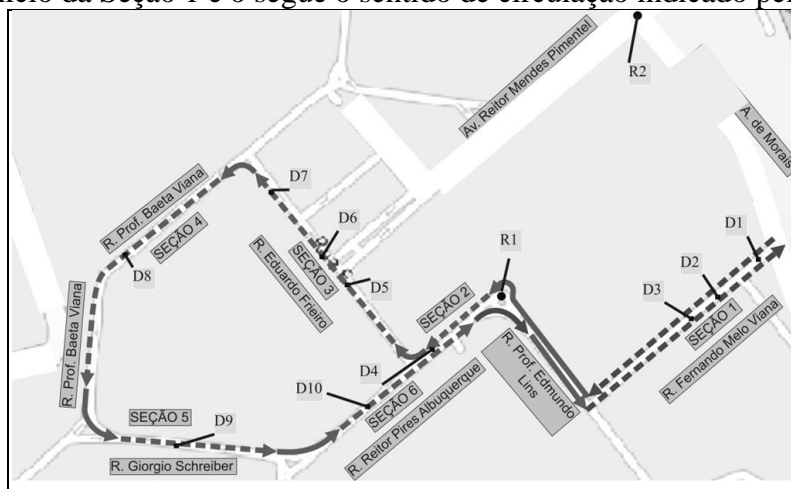


Figura 1: Circuito, dispositivos e seções considerados na coleta e análise de dados

3.2 Cadastro dos dispositivos com deflexão vertical

O estudo *in loco* dos dispositivos de moderação de tráfego foi realizado para obter as seguintes características geométricas ilustradas nas Figuras 2 e 3: comprimento total (C_t), altura (h) e largura do dispositivo (L). Além dessas medidas foram registradas as seguintes dimensões referentes ao perfil trapezoidal: comprimento da parte plana – plataforma propriamente dita (C_p), comprimento da rampa de entrada (C_1) e comprimento da rampa de saída (C_2). Os comprimentos das rampas (entrada e saída) referem-se ao sentido de deslocamento no circuito.

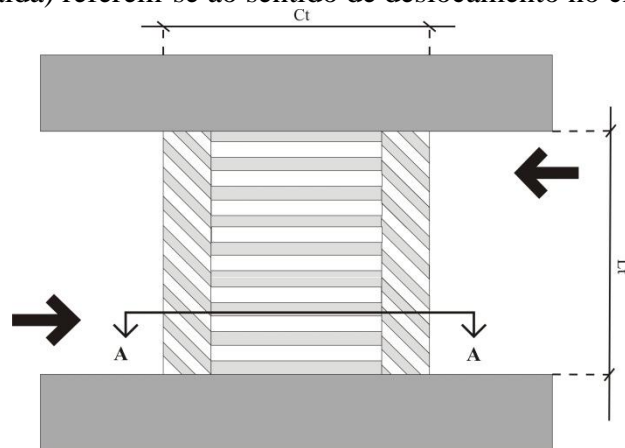


Figura 2: Vista superior de uma plataforma – travessia elevada com perfil trapezoidal

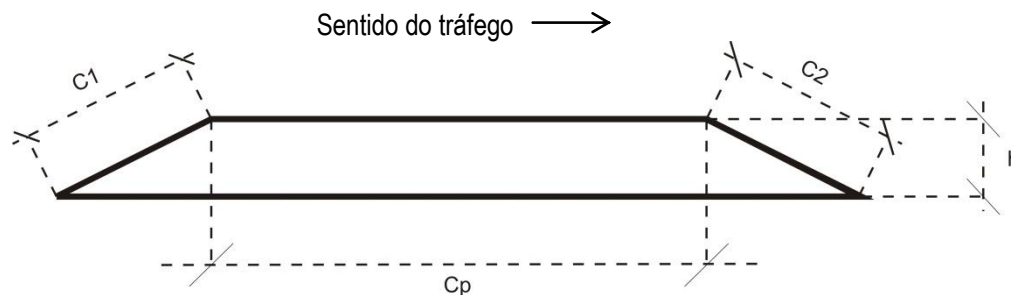


Figura 3: Plataforma com perfil trapezoidal – Corte AA

O instrumento de medição utilizado foi uma trena com comprimento de 20 metros. Como se esperava, as medidas obtidas nas plataformas em estudo apresentaram variações, sobretudo pela falta de padrão na construção dos dispositivos. Tal fato é justificado pelas diversas intervenções construtivas que ocorreram nos dispositivos, principalmente pelo fato destes terem sido concebidos com dimensões superiores às usuais de projeto preconizadas pelos manuais de moderação de tráfego. Alturas e rampas incompatíveis com as dimensões de veículos leves e de ônibus, em alguns casos resultavam no toque de para-choques e do fundo de veículos nos dispositivos. Assim, especialmente os dispositivos mais antigos sofreram interferências, isto é redução em suas dimensões, notadamente na inclinação das rampas das plataformas, de modo a regularizar o dispositivo, o que acabou gerando grandes imperfeições no perfil vertical resultante. Na Tabela 1 estão apresentados os valores médios obtidos de medições em três pontos de cada dispositivo.

Tabela 1: Características geométricas dos dispositivos – dimensões médias

	Características geométricas (m)						Perfil
	Largura (L _t)	Altura (h)	Comprimento				
			total (C _t)	plataforma (C _p)	rampa de entrada (C ₁)	rampa de saída (C ₂)	
D1	9,4	0,09	11,0	3,1	3,9	3,6	trapezoidal estendido
D2	9,2	0,10	6,7	4,0	1,4	1,3	trapezoidal + faixa pedestre
D3	9,0	0,09	10,3	4,1	3,1	3,0	trapezoidal estendido
D4	9,1	0,16	5,1	3,0	1,1	1,1	trapezoidal + faixa pedestre
D5	9,0	0,10	7,9	2,5	2,9	2,4	trapezoidal + faixa pedestre
D6	9,2	0,08	5,3	2,6	2,6	0,9	trapezoidal + faixa pedestre
D7	12,4	0,11	5,1	2,6	1,6	1,5	trapezoidal* + faixa pedestre
D8	9,1	0,17	8,4	3,0	3,1	2,5	trapezoidal* + faixa pedestre
D9	9,6	0,20	9,2	3,1	3,3	3,5	trapezoidal + faixa pedestre
D10	10,5	0,21	9,0	2,4	2,9	3,5	trapezoidal* + faixa pedestre

Legenda: trapezoidal* = plataforma propriamente dita é irregular, com perfil semelhante ao circular.

As medições e informações obtidas no levantamento de campo compuseram o cadastro referente às características geométricas de cada uma das medidas de moderação de tráfego analisadas neste estudo. Os dados e informações foram apresentados em forma de tabelas contendo também fotos do dispositivo, conforme ilustrado nas Tabelas 2 e 3, que trazem o resumo do cadastro das plataformas D4 e D10. Essas tabelas demonstram diferenças muito significativas do padrão construtivo das medidas de moderação no Campus UFMG. A plataforma D4 é bem construída guardando as proporções de dimensões recomendadas. Contudo, a plataforma D10 apresenta irregularidades nas dimensões, e a parte plana assemelha-se a um perfil circular, típico de ondulação transversal. O mesmo pode ser observado nas outras plataformas estudadas, que devido a essas inconsistências construtivas houve certa dificuldade em sua classificação de acordo com as normas vigentes de equipamentos de moderação de tráfego.

Tabela 2: Características geométricas da plataforma D4 - resumo do levantamento cadastral

Dispositivo D4				
Tipo: perfil trapezoidal				
R. Reitor Pires de Albuquerque – Escola de Engenharia/IGC				
Pontos de medição (m):				
	esquerda	centro	direita	média
Comprimento total (C _t)	5,10	5,10	5,10	5,10
Altura (h)	0,16	0,14	0,19	0,16
Largura (L _t)	9,10	9,10	9,10	9,10
Comprimento da plataforma (C _p)	3,05	3,00	3,00	3,02
Comprimento rampa entrada (C ₁)	1,10	1,10	1,10	1,10
Comprimento rampa saída (C ₂)	1,10	1,10	1,10	1,10
Fotos:				



Observações:

Plataforma com perfil trapezoidal: apresenta um excelente padrão construtivo, porém as rampas são muito suaves, seguindo a inclinação da via o que neutraliza seu efeito no controle da velocidade.

Tabela 3: Características geométricas da plataforma D10 - resumo do levantamento cadastral

Dispositivo D10					
Tipo: perfil trapezoidal*					
R. Reitor Pires de Albuquerque – Escola de Engenharia/ICEx					
	Pontos de medição (m):	esquerda	centro	direita	média
Comprimento total (C_t)		8,80	9,10	9,00	8,97
Altura (h)		0,20	0,22	-	0,21
Largura (L_t)		10,50	10,50	10,50	10,50
Comprimento da plataforma (C_p)		2,40	2,40	2,40	2,40
Comprimento rampa entrada (C_1)		3,05	2,70	2,90	2,88
Comprimento rampa saída (C_2)		2,60	3,60	4,30	3,50

Fotos:



Observações:

O perfil trapezoidal* é muito irregular. A plataforma propriamente dita não é plana assemelhando-se a um perfil circular. As dimensões adotadas não seguem a recomendação dos manuais.

3.3 Coleta de dados de perfil de velocidade com veículo teste equipado com GPS

Em estudos para conhecer o comportamento do motorista através da velocidade de circulação, o ideal é trabalhar com uma amostra representativa da população. No entanto, devido a limitações operacionais, este estudo foi realizado com dois motoristas e um veículo teste instrumentado. A

principal e crucial limitação operacional está relacionada às questões de apólice de seguro do veículo teste, que perderia a sua validade caso o mesmo fosse conduzido por motoristas não autorizados, no caso de se selecionar vários sujeitos para compor uma amostra de condutores do veículo teste para a realização das medições em campo.

Desta forma, entende-se que o estudo apresenta esta limitação amostral, contudo o mesmo torna-se válido, pois tem por objetivo realizar o teste de um equipamento para validá-lo quanto à capacidade de coletar dados de velocidade, além de produzir indicativos do comportamento perante variações de projeto de dispositivos de moderação de tráfego.

3.4 Procedimentos adotados pelo condutor do veículo teste

Todas as viagens no circuito foram realizadas no período da tarde, entre 15:00 e 17:00 horas, afim de se evitar os horários de pico do Campus e eliminar interferências na velocidade decorrentes de conflitos com outros veículos. Apesar de tentar evitar horários de trânsito intenso nas vias do Campus, durante algumas medições, ônibus e vans escolares influenciaram a escolha da velocidade de fluxo livre. As interferências dos ônibus ocorreram principalmente devido à parada do veículo em pontos de embarque e desembarque de passageiros, localizados na faixa de rolamento.

A influência de vans escolares na circulação viária ocorreu notadamente no entorno do Centro Pedagógico (rua Dr. Fernando de Melo Viana), pois o horário de saída dos alunos inicia-se por volta de 17:00 horas. Outro tipo de interferência verificada ocorreu devido à presença de pedestres sobre as travessias elevadas, forçando a parada do veículo teste.

3.5 Amostra resultante

Foi realizado um total de 11 viagens, sendo cinco pelo condutor 1 e outras seis pelo condutor 2. Ambos os condutores são do gênero masculino e possuem, respectivamente, 22 e 29 anos. A Tabela 4 mostra a data, horário e duração das viagens realizadas por condutor. O tempo médio de viagem foi de 8min e 13s.

Tabela 4: Horário e duração das viagens no Campus

Viagem	Hora inicial	Hora final	Duração	Condutor/data
1	15:47:12	15:54:40	00:07:28	Condutor 1 (20/10/2011 – quinta-feira)
2	16:00:16	16:07:43	00:07:27	
3	16:15:50	16:24:09	00:08:19	
4	16:41:52	16:50:10	00:08:18	
5	16:50:11	16:59:20	00:09:09	
6	15:02:16	15:10:20	00:08:04	Condutor 2 (09/11/2011 – quarta-feira)
7	15:13:46	15:21:51	00:08:05	
8	15:25:14	15:33:32	00:08:18	
9	15:36:59	15:45:01	00:08:02	
10	15:48:07	15:56:22	00:08:15	
11	15:59:08	16:07:44	00:08:36	

3.6 Equipamento GPS utilizado

O veículo teste foi instrumentado com o GPS (*Global Positioning System*) fabricado por Laipach Tech, modelo G35L GPS *data logger*. Esse tipo de GPS possui um alto desempenho como armazenador de dados e é muito usado para rastrear veículos nos quais é instalado, geralmente quando se deseja realizar um controle de frotas, como de caminhões, por exemplo. O armazenamento de informações ocorre dentro de sua memória de 1,4 MB, armazenando até 45 mil pontos. O acesso a esses dados é feito através de um programa próprio denominado “G35L Utility”. O programa permite escolher o modo como os dados serão coletados, a taxa de dados da coleta, além de informar quantos pontos foram armazenados, possibilitando também a inserção de senha para descarregar os dados armazenados. Para isso, o GPS conta com comunicação via USB ou RS232, para o computador.

O modo de coleta de dados pode ser por tempo e/ou distância percorrida. A faixa de atuação, a qual é possível configurar o GPS para armazenar os dados, é de 1 a 65535 segundos e/ou 1 a 65535 metros. Sua precisão é de 0,1 m/s na velocidade determinada e seu posicionamento possui uma confiabilidade de 95% dos dados estarem contidos em uma faixa máxima de erro de 10 metros. Para a pesquisa foi escolhida a coleta de dados por tempo, independente da distância percorrida. O intervalo programado foi de 1 segundo. Durante os primeiros testes do equipamento em campo foi verificado que a coleta de dados por tempo, e no menor tempo possível, possibilitaria uma precisão maior nos pontos aferidos.

A bateria do GPS pode ser recarregada de duas maneiras, via USB, conectado a um computador, ou via cabos de energia, conectados à bateria do veículo. Para a pesquisa, escolheu-se a primeira opção, visto que a segunda destina-se ao controle de frotas. Outro fator importante considerado na escolha do uso do GPS conectado a um computador foi que desta forma a antena colocada no teto do veículo teste possibilitou melhor conexão/sinal com os satélites. O GPS utiliza o módulo SiRF Star III para conectar aos satélites, e o sistema de transmissão de dados é feito pelo NMEA0183 3.0. Essa transmissão foi feita via RMC (*Recommended minimum data for GPS*), que é uma das formas de comunicação do NMEA.

3.7 Interpretação de dados

Os dados coletados pelo GPS e transmitidos com o formato RMC permitem uma consulta às seguintes informações: hora UTC (Tempo Universal Coordenado, também conhecido como hora mundial, que representa atualmente o fuso horário de referência), possibilidade de o dado ser ativo ou vazio, latitude e longitude do ponto, velocidade relativa ao chão (em nós), ângulo azimute do circuito percorrido (em graus), data que foi armazenado o ponto e verificação do ponto, e nível de confiabilidade.

Esses dados obtidos via G35L Utility são exportados para um bloco de notas do *Windows*, no qual é possível visualizar todos os dados coletados. Assim que os dados são transmitidos para o computador, estes são tratados no *Excel*, tornando as informações recebidas via RMC mais fáceis de serem compreendidas. O tratamento no *Excel* é simples, usando funções básicas do mesmo, sendo que para esta pesquisa não houve a necessidade da construção de uma função macro para automação do processo.

Em conjunto ao tratamento realizado no Excel, utilizou-se o *software* “GPSBabel”, que permite a comunicação de diversos sistemas de transmissão de dados de GPS. Assim, como o sistema utilizado é proveniente do NMEA, o GPSBabel o converte para diversos outros tipos de arquivos de transmissão de dados de outros *softwares* de GPS, como o Google Maps e o OziExplorer.

O Google Maps foi usado com o intuito de visualizar graficamente os pontos coletados, pois sua interface permite uma rápida localização dos dispositivos de moderação de tráfego. Para facilitar a identificação dos dispositivos no mapa, foi realizada uma volta piloto no trajeto selecionado para a pesquisa de campo. Durante essa volta de reconhecimento do circuito, foi intencional a permanência por um tempo maior nos dispositivos de moderação de tráfego para que o GPS captasse um número maior de pontos, visto que este estava programado para captar os pontos com intervalos de 1 segundo, conforme citado anteriormente. Assim, esses dados apresentaram-se concentrados no mapa padrão do Google Maps, o que permitiu a rápida localização dos dispositivos estudados. Assim, durante a utilização do OziExplorer para a interpretação dos perfis de velocidade, também facilitou a identificação dos pontos referentes aos dispositivos.

Para uso do OziExplorer, um mapa extraído do Google Maps foi calibrado na interface do programa. A calibração do mapa é feita com o uso de nove pontos. Esse pontos são marcados no mapa do OziExplorer e referenciados à suas coordenadas. Pode-se referenciá-los por coordenadas geográficas, latitude e longitude, ou por coordenadas UTM, projeção Universal Transversal de Mercator. Durante o estudo optou-se pelo uso das coordenadas UTM.

O gráfico do perfil de velocidade do circuito: Velocidade (km/h) x Distância (m) é obtido automaticamente no OziExplorer. Este gráfico permite avaliar o comportamento do condutor perante dispositivos em sequência e a extensão da área de influência do dispositivo (a distância do dispositivo em que o condutor inicia a desaceleração do veículo e após sua travessia, no ponto em que este atinge a velocidade máxima). Também é possível identificar se houve alguma influência na velocidade do veículo, como travessia de pedestres no dispositivo ou ônibus realizando operações de embarque e desembarque de passageiros. Para o processo de análise dos dados, o gráfico da Velocidade (km/h) x Distância (m) obtido para o circuito foi dividido em seis seções, como mostrado na Tabela 5, totalizando sete segmentos, pois a S6 opera em mão dupla. Os limites das seções, de maneira geral, correspondem às interseções de vias.

Tabela 5: Seções consideradas no estudo dos perfis de velocidade

Seção	Localização	Dispositivos na seção
S1	Rua Doutor Fernando de Melo Viana (sentido duplo de circulação)	D1, D2 e D3 D1C, D2C e D3C
S2	Rua Reitor Pires Albuquerque	D4
S3	Rua Professor Eduardo Frieiro	D5, D6 e D7
S4	Rua Professor Baeta Viana	D8
S5	Rua Professor Giorgio Schreiber	D9
S6	Rua Reitor Pires Albuquerque (sentido duplo de circulação)	D10 e D4C

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sete seções produziram um total de 77 perfis de velocidade, sendo 11 perfis para cada seção. Na análise dos dados tinha-se a intenção de representar os perfis de uma seção em um só gráfico. Contudo, o OziExplorer não é capaz de sobrepor os perfis de velocidade de cada viagem em um mesmo gráfico para uma análise global das diversas viagens simultaneamente.

Para demonstrar o tipo de gráfico resultante, escolheu-se a primeira viagem realizada na seção 5. A Figura 4 apresenta o perfil de velocidade obtido nesta seção, cujo dispositivo (D9) localiza-se a 130 metros do seu início. A velocidade no dispositivo (plataforma) é de 25 km/h. Após a plataforma a via apresenta um declive até o final da seção, que permite o aumento da velocidade.

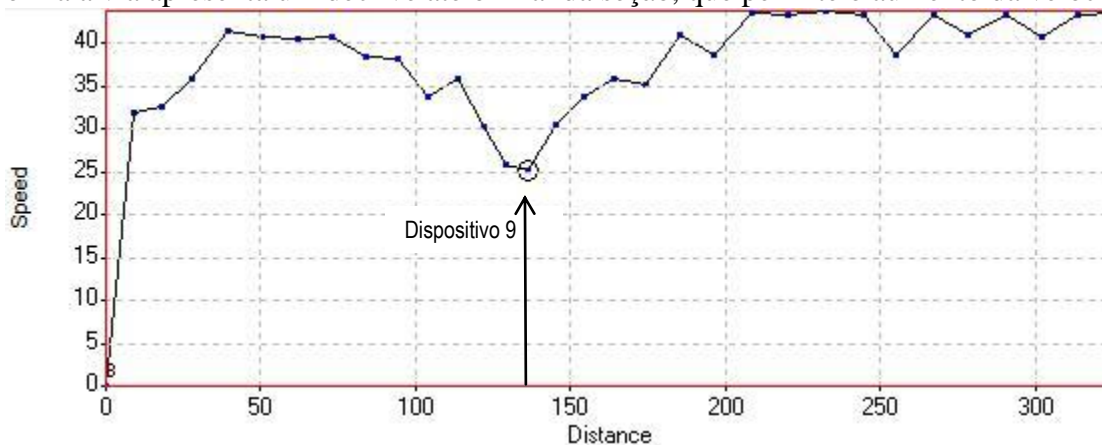


Figura 4: Perfil de velocidade da Seção 5 – viagem 1

A análise dos gráficos desta seção (não apresentados neste documento) mostram velocidades elevadas, muitas vezes superiores a 40 km/h, justificada pelas características do trecho: apenas uma medida de moderação de tráfego, declive acentuado e grande extensão, superior a 300 metros que permite o desenvolvimento de maior velocidade.

O perfil de velocidade da Seção 1, viagem 7, ilustrado na Figura 5, representa o retorno ao início do circuito. Nesse sentido de circulação as menores velocidades encontram-se ao fim da seção, onde estão instalados os dispositivos (3, 2 e 1) de moderação de tráfego, cujas velocidades médias no dispositivo são respectivamente, 20,23km/h, 13,28km/h e 19,20km/h. O dispositivo 2 em ambos os sentidos de circulação apresenta a menor velocidade média na plataforma, porém não proporciona a maior redução da velocidade verificada no circuito, pois a velocidade de aproximação já é baixa devido à presença de D1 e D3, conforme o sentido de circulação.

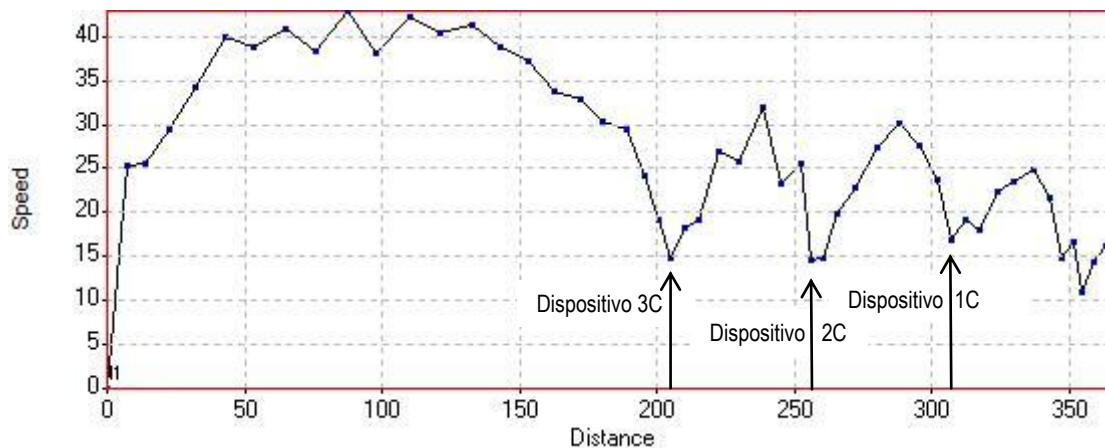


Figura 5: Perfil de velocidade da Seção 1 – sentido contrário (retorno) – viagem 7

4.1 Comparação dos impactos das medidas de moderação através dos perfis de velocidade

Os impactos das medidas de moderação de tráfego foram quantificados para as principais variáveis analisadas. A Tabela 6 apresenta os valores médios calculados para essas variáveis em relação a cada um dos dispositivos encontrados no circuito, a saber:

- A – Velocidade média no dispositivo (km/h)
- B – Velocidade média máxima antes do dispositivo (km/h)
- C – Velocidade média máxima depois do dispositivo (km/h)
- D – Redução média da velocidade antes do dispositivo (%) – diferença percentual entre a velocidade máxima antes do dispositivo e a velocidade no dispositivo.
- E – Aumento médio da velocidade após o dispositivo (%) – diferença percentual entre a velocidade máxima depois do dispositivo e a velocidade no dispositivo.
- F – Área de influência anterior ao dispositivo (m) – distância entre o dispositivo e o ponto anterior onde se observa maior velocidade.
- G – Área de influência posterior ao dispositivo (m) – distância entre o dispositivo e o ponto posterior onde se observa maior velocidade.
- H – Distância entre dispositivos (m) – espaçamento entre dois dispositivos consecutivos.
- I – Ponto de velocidade máxima entre dispositivos (%) – percentual do espaçamento entre dispositivos consecutivos no qual se verifica a velocidade máxima entre os dispositivos.

• **Tabela 6:** Variáveis analisadas e valores obtidos para cada dispositivo

Variáveis	Dispositivos														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	4C	3C	2C	1C	Média
A (km/h)	21,15	15,35	22,23	23,14	16,87	16,08	17,74	17,58	22,55	18,00	30,05	20,23	13,28	19,20	19,53
B (km/h)	27,15	30,35	28,25	36,45	30,26	27,74	33,00	33,50	34,49	32,75	34,44	42,18	27,45	26,54	31,75
C (km/h)	30,09	28,08	38,77	16,68	27,74	29,25	28,45	33,32	36,46	32,10	37,16	27,45	26,55	26,92	29,93
D (%)	22,1	49,4	21,3	36,5	44,3	42,0	46,3	47,5	34,6	45,0	12,7	52,0	51,6	27,6	38,1
E (%)	42,3	82,9	74,4	*	64,4	81,9	60,4	89,5	61,7	78,37	23,7	35,7	99,9	40,2	57,7
F (m)	15,88	26,50	17,34	50,03	47,32	18,73	28,49	64,02	61,00	55,64	35,39	83,89	21,81	24,55	39,33
G (m)	29,41	26,94	52,02	*	25,42	65,13	33,05	64,98	66,55	41,52	62,04	25,22	28,13	25,48	41,99
H (m)	56,04	45,35	-	-	44,15	129,21	-	-	-	-	-	47,03	54,10	-	-
I (%)	52,5	59,4			57,6	50,46						53,6	51,9		54,2

LEGENDA:
A – Velocidade média no dispositivo (km/h)
B – Velocidade média máxima antes do dispositivo (km/h)
C – Velocidade média máxima depois do dispositivo (km/h)
D – Redução média da velocidade antes do dispositivo (%)
E – Aumento médio da velocidade após o dispositivo (%)
F – Área de influência anterior ao dispositivo (m)
G – Área de influência posterior ao dispositivo (m)
H – Distância entre dispositivos (m)
I – Ponto de velocidade máxima entre dispositivos (%)

A verificação do ponto onde a velocidade máxima entre dispositivos é atingida para os dispositivos em sequência (1,2,3 e 5,6,7 e 3,2,1) apontou que esta ocorre entre 51 a 60% do espaçamento entre medidas, sendo 54,2% o valor médio. O resultado encontrado é consistente com os estudos de Baguley (1981) e Barbosa (1995).

A medida de moderação que apresentou o maior impacto na redução da velocidade é a plataforma D2, cuja velocidade média no dispositivo foi de 13,28 km/h. O padrão construtivo e a sinalização da plataforma seguem a norma, o que provavelmente provoca uma boa percepção dos motoristas quanto à sua severidade, resultando em baixas velocidades. Os impactos mais significativos, além dessa plataforma, referem-se aos dispositivos 5 e 6 que apresentam as velocidades inferiores a 17,0km/h. De maneira geral todos os dispositivos apresentam velocidades médias iguais ou menores que 23,0km/h, com exceção da plataforma D4, que apesar de bem construída apresenta rampas muito suaves com inclinação inferior ao recomendado, permitindo que seja transposta em alta velocidade, provocando o menor impacto na velocidade comparada aos demais dispositivos.

A maior redução de velocidade é devida ao dispositivo 3C (52,05%) em uma distância de 83,89 metros. Essa elevada redução da velocidade resulta do longo trecho da seção 1 (sentido de retorno ao início do circuito), onde não há medidas moderadoras de tráfego e o motorista pode desenvolver velocidades mais altas. Porém, é preciso observar também que este mesmo dispositivo apresenta a maior velocidade média antes de sua travessia e também a maior distância de início de redução da velocidade, fatores que justificam o elevado percentual de redução de velocidade encontrado, o que pode não significar eficácia do redutor, e sim o efeito das características viárias.

O aumento da velocidade após a transposição dos dispositivos deve ser analisado caso a caso, em função da posição de cada medida em relação ao traçado viário, principalmente pela proximidade de interseções. Essa proximidade parece ser a principal determinante dos baixos valores para a velocidade máxima antes dos dispositivos, cuja média foi de 31,75km/h, com mínima de 27,15km/h e máxima de 42,18km/h. A área de influência dos dispositivos (comprimento do trecho entre o ponto onde se verifica a maior velocidade antes do dispositivo e o ponto no qual este está situado) apresentou maior variabilidade, indicando que os maiores comprimentos estão associados às maiores velocidades máximas antes dos dispositivos.

4.2 GPS x Radar de mão: comparação dos impactos na velocidade relativos ao método de coleta

O estudo sobre o impacto de plataformas na velocidade em vias urbanas (Barbosa e Moura, 2006) foi realizado nas vias internas do Campus da UFMG para obter os perfis de velocidade em seis plataformas utilizando um radar de mão para obtenção dos dados de velocidade. Desses seis dispositivos, dois não foram contemplados no estudo com GPS ora apresentado. Portanto, para as comparações de impactos das medidas nas velocidades serão usadas as seguintes plataformas conforme a nomenclatura adotada neste documento:

- Dispositivo 5: Rua Professor Eduardo Frieiro, em frente a Praça de Serviços da UFMG;
- Dispositivo 8: Rua Professor Baeta Viana, em frente ao Instituto de Ciências Biológicas (ICB);
- Dispositivo 9: Rua Professor Giorgio Schreiber, em frente ao Restaurante Setorial 2;

- Dispositivo 10: Rua Reitor Pires Albuquerque, em frente ao Instituto de Ciências Exatas e a Escola de Engenharia da UFMG.

Para cada um desses dispositivos, com o radar de mão foram feitas 90 (noventa) medições de velocidade em pontos antes e depois das plataformas para a obtenção de um perfil de velocidade, e 60 (sessenta) medições para o caso de obtenção de velocidade apenas na plataforma. As medições para o perfil foram feitas em cinco pontos. O primeiro refere-se ao local onde o automóvel apresenta a maior velocidade de aproximação. Logo após esse ponto o automóvel inicia sua desaceleração para atravessar o dispositivo. De forma análoga foi marcado outro ponto após a travessia do dispositivo, no local onde a velocidade de fluxo livre foi atingida.

De posse dos dados obtidos no estudo realizado com o radar de mão, foi elaborada a Tabela 7 que apresenta um comparativo entre a velocidade de entrada do dispositivo referente ao estudo atual e ao de Moura e Barbosa (2006).

Tabela 7: Comparativo entre radar de mão e GPS – velocidade de entrada e no dispositivo

Dispositivos	Radar de mão Velocidade média (km/h)		GPS Velocidade média (km/h)	
	De entrada	No dispositivo	De entrada	No dispositivo
5	30,8	18,6	30,26	16,87
8	33,8	21,9	33,50	17,58
9	37,0	22,7	34,49	22,55
10	34,2	23,9	32,75	18,0
Média	33,9	21,8	32,75	18,75

Analisando os dados da Tabela 7, é possível verificar que as velocidades médias de entrada dos dispositivos são bastante próximas, com diferença máxima de apenas 2,5 km/h. Quanto à velocidade nos dispositivos, o estudo com o uso de GPS apresentou velocidades médias inferiores ao estudo anterior, exceto para o D9, plataforma em frente ao Restaurante Setorial. A principal justificativa para isso pode estar relacionada com as mudanças físicas que ocorreram em grande parte dos dispositivos de moderação de tráfego da UFMG. Os dispositivos comparados são mais antigos e tiveram seus perfis verticais alterados com o passar dos anos para minimizar problemas construtivos tal como inadequação de altura e inclinação exagerada das rampas de entrada e saída.

Outra justificativa para a menor velocidade média nos dispositivos de moderação de tráfego no estudo com radar de mão pode estar associada à metodologia adotada no estudo que considerou apenas o veículo que realizava a travessia das plataformas de maneira isolada, isto é, sem sofrer influência de outros veículos e de pedestres. Esta interferência não foi eliminada nos dados coletados neste trabalho com o GPS.

5. CONCLUSÕES

O presente trabalho avaliou a obtenção de perfis de velocidade, utilizando como instrumento de coleta de dados um veículo teste equipado com um GPS passivo, *data logger*. Através dos dados coletados e dos perfis de velocidade criados pelo *software* OziExplorer, em conjunto ao Google Maps e *Excel*, foram determinadas, sem comprovação estatística dos resultados, as influências na

velocidade causadas por dez dispositivos de moderação de tráfego, instalados no Campus da Universidade Federal de Minas Gerais.

A coleta de dados com a utilização do GPS para criação de um perfil de velocidade do circuito proposto foi excelente, desde o armazenamento dos dados, ao seu tratamento via OziExplorer, Google Maps e *Excel*. Os perfis de velocidade gerados deram bons resultados para um estudo dessa natureza. Deve-se ressaltar, porém que o OziExplorer apesar de gerar os perfis de velocidade: Velocidade (km/h) x Distância (m) não é capaz de sobrepor os perfis em um mesmo gráfico, a fim de gerar uma visão global do circuito.

Os dados do GPS são mais precisos que os dados do radar, uma vez que a influência do pesquisador no primeiro caso é menor que no segundo. Porém, os motoristas que conduziram os veículos da pesquisa com o radar de mão não sabiam da existência do estudo, sendo o comportamento mais “real” que no estudo do GPS, pois não estavam cientes que estavam sendo observados.

Apesar de a pesquisa realizada apresentar limitação amostral e análise estatística simplificada, ficou comprovada a eficiência dos dispositivos de moderação de tráfego em reduzir a velocidade de fluxo. A redução média de velocidade nos dispositivos estudados foi 38,49%. Outro ponto interessante do estudo foi comprovar que a velocidade máxima desenvolvida entre duas plataformas ocorre em média a 54% do espaçamento entre elas.

O dispositivo 2, plataforma com perfil trapezoidal, apresentou a menor velocidade no dispositivo. Esse também teve uma das maiores reduções percentual da velocidade máxima anterior para a velocidade sobre o dispositivo. Portanto, a geometria apresentada pelo dispositivo é a mais adequada dentre as apresentadas pelos dispositivos estudados para conseguir a redução da velocidade de fluxo livre.

Como a coleta de dados realizada durante a pesquisa não sofreu qualquer tipo de seleção dos dados, a fim de descartar aquelas que sofreram interferência devido ao trânsito local ou a pedestres, além de uma comprovação estatística mais robusta (uso de modelos estatísticos conhecidos para relacionar variáveis dependentes), sugere-se que em trabalhos futuros sejam adotadas metodologias que englobem tais necessidades, de modo a realizar a comparação de resultados com outros métodos de coleta de dados.

O uso de um GPS em conjunto a um sistema de câmeras de vídeo é outro método de coleta de dados sugerido, pois considerando uma maior amostra de condutores, é importante identificar possíveis interferências no trajeto a fim de justificar as prováveis alterações nos padrões de condução.

É importante lembrar que além das limitações já mencionadas, o estudo foi realizado dentro do Campus da UFMG e, portanto os dados coletados nesse estudo refletem o comportamento de condutores em um ambiente específico, e podem não representar o padrão comportamental de motoristas conduzindo em vias urbanas com operação de tráfego característica de cidade.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais – FAPEMIG pela concessão de auxílio para a realização desse estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Baguley, C. (1981) Speed humps: further public road trials. TRRL, Report LR 1017, Crowthorne.

Barbosa, H. (2000) Análise Comparativa dos Impactos de Medidas Moderadoras de Tráfego na Velocidade. In: XI PANAM, Gramado, Brasil.

Barbosa, H.M. (1995) Impacts of traffic calming measures on speeds on urban roads. Tese de doutorado. Institute for Transport Studies, Leeds.

Barbosa, H; Moura, M. (2006) Impactos de Plataformas na Velocidade em Vias Urbanas. In: XX ANPET – Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2006, Brasília. Anais do congresso. Brasília: ANPET, 2006, v. 1. P. 38-47.

CSS, DoT, AMDE, ALBES & ACTO (1994) Traffic Calming in Practice. Landor Publishing, London.

Garcia, A; Torres, A.; Romero, M. A.; Moreno, A. T. (2010) Evolución de las Velocidades ante Dispositivos Moderadores del Tráfico. XVI PANAM Congresso Pan-Americano de Engenharia de Tráfego e Transporte e Logística, Lisboa, Portugal.

Hass-klau, C., Nold, I., Bocker, G and CRAMPTON, G. (1992) Civilised Streets: a guide to traffic calming. Environmental & Transport Planning, Brighton.

Kyoungho A.; Hesham R. A Field evaluation case study of the environmental and energy impacts of traffic calming. (2009) Transportation Research Part D, Blacksburg, n. 14, p. 411-424.

Moura, V; Barbosa, H. (2008) Análise do Trecho de Influência de Plataformas Considerando Limites de Velocidades de 20km/h. In: XXII ANPET – Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, Rio de Janeiro.

Patrocínio, C; Santos, H, F; Barbosa, H. (2011) Avaliação do Efeito de Ondulações Transversais na Velocidade em Vias Urbanas. In: XXV ANPET – Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, Belo Horizonte.

Sanz Alduan, Alfonso. (2008) Calmar el Tráfico – Pasos para una nueva cultura de movilidad urbana. Madrid: Ministério Del Fomento. Centro de Publicaciones.

Slinn, M., Matthews, P., Guest P. (1998) Traffic Engineering Design. Principles and Practice. Arnold, London.