

CARACTERIZAÇÃO DOS LOCAIS DE ULTRAPASSAGENS PERIGOSAS PARA CICLISTAS

Thiago Vinicius Louro
Heliana Barbosa Fontenele
Carlos Alberto Prado da Silva Junior
Universidade Estadual de Londrina
Departamento de Construção Civil

RESUMO

O objetivo deste estudo é caracterizar os locais com maiores chances de ultrapassagens perigosas de veículos motorizados em relação aos ciclistas na cidade de Londrina/PR. Para o caso específico deste estudo, é considerada ultrapassagem perigosa o evento que ocorre quando um veículo, com velocidade acima da média, ultrapassa uma bicicleta a uma distância lateral menor que 1,5 metros. Para identificar e caracterizar estes locais, um ciclista percorreu uma rota de ida e volta para o trabalho. A bicicleta usada estava equipada com um radar para detectar a velocidade de aproximação dos veículos motorizados e um sensor ultrassônico instalado em um *rack* traseiro para estimar as distâncias laterais das ultrapassagens. Os locais com mais chances de ultrapassagens perigosas são as marginais de rodovia e vias urbanas em geral. Em relação às vias urbanas, os trechos perigosos possuem uma configuração de perfil longitudinal com rampa descendente, duas curvas côncavas, rampa ascendente e semáforos em cada rampa.

ABSTRACT

The aim of this study is to characterize the locations with the highest chances of dangerous overtaking of motor vehicles in relation to cyclists. For the specific case of this study, the event occurring when a vehicle with above-average speed overtake a bicycle at a lateral distance of less than 1.5 meters is considered a dangerous overtaking. To identify and characterize these locations a cyclist has traveled a route to and from work. The used bicycle was equipped with a radar to detect the speed of approach of motor vehicles and an ultrasonic sensor installed in a rear rack to estimate the lateral distances of the overtaking. The most likely places for dangerous overtaking are the road margins and urban roads in general. In relation to urban roads the dangerous sections have a longitudinal profile configuration with descending ramp, two concave curves, ascending ramp and traffic lights on each ramp.

1. INTRODUÇÃO

Nas primeiras páginas da maioria dos manuais de usuários de bicicletas, no item “Aviso Geral”, são introduzidas as seguintes palavras: “andar de bicicleta envolve risco de danos e ferimentos”. Estes manuais contêm avisos e cuidados sobre as consequências da falta de manutenção e/ou inspeção da bicicleta, bem como do não cumprimento das regras de segurança em ciclismo. Por outro lado, não há nenhuma menção ao fato de que mesmo seguindo estas instruções, os ciclistas ainda podem ser vítimas do mau comportamento dos condutores de veículos, do tipo e das características geométricas de uma via.

Parece que seguir as boas práticas de manutenção e comportamento no trânsito não garante aos ciclistas a segurança necessária para sobreviver nas cidades e rodovias. Diversos estudos têm investigado se o condutor de uma bicicleta, por meio de sua vestimenta ou aparente experiência em ciclismo, pode influenciar o comportamento de condutores de veículos motorizados. Walker *et al.* (2014) sugerem que pouco os ciclistas podem fazer, por meio de sua aparência, para evitar ultrapassagens muito próximas. Além disso, estes autores argumentam que a melhor solução para evitar estas ultrapassagens não virá dos próprios ciclistas, mas por meio de mudanças na infraestrutura, educação ou nas leis que possam inibir que os motoristas se aproximem perigosamente ao ultrapassar os ciclistas.

Um experimento conduzido por Lahrman *et al.* (2018) testou a hipótese de que o número de

acidentes poderia ser reduzido se fosse aumentada a visibilidade de ciclistas. Neste experimento os autores usaram um grupo de teste com uma jaqueta de alta visibilidade e um grupo de controle sem a jaqueta. Segundo estes autores o efeito da jaqueta de alta visibilidade não foi o esperado, pois houve uma tendência inesperada pelo fato dos ciclistas que usaram esta roupa se envolveram menos em acidentes isolados, porém a taxa de acidentes envolvendo outros participantes do sistema de transporte foi menor que a esperada para o grupo de teste com a jaqueta de alta visibilidade. Além disso, os autores fazem as seguintes ressalvas a respeito de roupas de alta visibilidade: o efeito da jaqueta no aumento da visibilidade poderia diminuir se mais ciclistas usarem este tipo de roupa, pois a jaqueta não atrairá tanta atenção; o uso mais frequente da roupa de alta visibilidade poderia expor aqueles ciclistas que não a usam, uma vez que a atenção poderia estar direcionada apenas aqueles com a jaqueta; e provavelmente o efeito da jaqueta poderá diminuir à medida que o seu uso aumentar, mas não em um grau que possa comprometer um efeito positivo geral.

Parece que os ciclistas que se preocupam com sua segurança pouco podem fazer para não se envolverem em acidentes com automóveis. Neste artigo são apresentadas evidências de que o tipo e as características geométricas das vias, em um percurso de ida e volta para o trabalho de um ciclista, podem aumentar as chances de ultrapassagens perigosas. Para evitar qualquer viés em relação ao perfil de ciclistas e suas roupas e equipamentos, tem-se as seguintes considerações: o ciclista voluntário que realizou o experimento possui mais de 40 anos de experiência na área urbana; respeitou as normas de circulação; realizou uma condução segura e defensiva; usava os equipamentos de segurança pessoais e da bicicleta; e a bicicleta esteve sempre com a manutenção em dia.

2. TRABALHOS RELACIONADOS

Os riscos associados à condução de uma bicicleta na área urbana estão bem documentados na literatura. Estes riscos diversas vezes são atribuídos a problemas relacionados à infraestrutura viária existente, comportamentos dos condutores de veículos motorizados e dos próprios ciclistas. Sobre a infraestrutura, existem estudos que relacionam as questões geométricas que poderiam comprometer a segurança de usuários da bicicleta em deslocamentos urbanos. Em relação aos ciclistas tem-se avaliado aspectos relativos ao respeito das regras de circulação, vestimentas, uso de equipamentos e acessórios de proteção e escolhas relacionadas às vias para pedalar. Um dos diferenciais deste estudo que será apresentado é a conjugação de dois fatores de risco: velocidade e distância lateral no momento da ultrapassagem em relação à bicicleta e seu condutor.

Segundo Vayalamkuzhi e Amirthalingam (2016) uma melhor compreensão dos fatores que influenciam a frequência de acidentes rodoviários, os quais estão relacionados à geometria das vias e com a velocidade de operação, pode contribuir para a redução do número total de colisões sob condições de tráfego heterogêneo. Dozza *et al.* (2016) utilizaram uma bicicleta instrumentada que registrou 145 manobras de ultrapassagem realizadas por carros e caminhões em estradas rurais. Segundo estes autores, a interação entre os veículos motorizados foi o fator que mais influenciou negativamente as manobras de ultrapassagem em relação à bicicleta, ao passo que nem a velocidade do veículo, a largura da pista, a largura dos acostamentos e o limite de velocidade influenciaram significativamente o comportamento dos motoristas ou as dinâmicas de ultrapassagem.

Para investigar o papel da infraestrutura na segurança de ciclistas, Debnath *et al.* (2018)

sugerem que os esforços para melhorar a segurança dos ciclistas durante os eventos de ultrapassagem devem se concentrar nas características da infraestrutura da via. Estes autores, ao contrário de outras pesquisas, usaram um estudo naturalista para registrar eventos de ultrapassagem onde nem os motoristas e nem os ciclistas estavam cientes de serem estudados. Como resultado, este estudo teria capturado os chamados comportamentos "verdadeiros" de direção e pilotagem durante os eventos de ultrapassagem. Conforme apresentado por estes autores, a probabilidade de um condutor não respeitar a distância lateral mínima de ultrapassagem em relação a um ciclista aumenta para velocidades a partir de 70 a 80 km/h e diminui para velocidades inferiores a 40 km/h, em vias cuja velocidade máxima de operação é 60 km/h. Além disso, trechos em curvas horizontais e verticais e faixas de tráfego estreitas influenciam significativamente as distâncias laterais de ultrapassagem. Por outro lado, as características dos ciclistas relacionadas à idade, sexo, uso de capacete, tipo de roupa, tipo de bicicleta e pedalar sozinho ou em grupo não apresentaram correlação estatisticamente significativa para os eventos de ultrapassagem.

Os eventos de ultrapassagem de veículos motorizados em relação aos ciclistas ainda precisam ser mais estudados, principalmente aqueles aspectos relacionados à infraestrutura, sinalização e velocidades de aproximação. Fica evidente que os maiores riscos são aqueles que conjugam a situação de velocidade e distância lateral de ultrapassagem muito próxima do guidão de uma bicicleta. Para aqueles que já pedalarão em uma situação como esta, as circunstâncias podem ser realmente perigosas e até resultarem em um acidente fatal.

3. MÉTODO

O foco principal deste estudo foi identificar e caracterizar os locais com maiores chances de ultrapassagens perigosas de veículos motorizados em relação a um ciclista que, teoricamente, possui perfil similar aos demais ciclistas da área de estudo. O local de estudo compreendeu a área urbana da cidade de Londrina/PR, que é caracterizada como uma cidade de porte médio. O uso da bicicleta na cidade é tímido e é comparável as demais cidades de seu porte no Brasil, ou seja, possui predominância de viagens por modos motorizados. Para o caso específico deste estudo, foi considerada ultrapassagem perigosa: aquele evento que ocorreu quando um ou mais veículos aproximaram-se, ultrapassaram o ciclista com velocidade acima da média dos demais veículos e estavam a uma distância lateral de aproximadamente 1,5 metros da bicicleta. Esta distância lateral foi usada como referência por se tratar do valor recomendado pelo Código de Trânsito Brasileiro. O método de estudo permitiu analisar sob quais condições ocorreram as ultrapassagens perigosas. A abordagem usada possibilitou identificar o tipo de via e características dos trechos de vias urbanas que poderiam motivar um condutor de um veículo motorizado a realizar uma ultrapassagem com velocidade maior que a média do tráfego corrente, a uma distância menor que 1,5 metros da bicicleta. Sendo assim, a conjunção da variável velocidade acima da média e distância lateral de ultrapassagem foi considerada determinante de perigo para um ciclista na área urbana. O método compreendeu as seguintes etapas: *i*) identificação visual dos ciclistas na área de estudo; *ii*) construção do dispositivo para medir a distância lateral de ultrapassagem e filmagem conjunta do *Garmin® Varia Radar*-receptor GPS durante as ultrapassagens ocorridas no percurso casa-trabalho-casa; *iii*) viagens experimentais no percurso casa-trabalho-casa; e *iv*) análise espacial das ultrapassagens perigosas.

3.1. Perfil visual dos ciclistas

O visual do ciclista pode estar associado ao motivo da viagem. Por exemplo, ciclistas que

usam roupas de lycra coloridas geralmente são associados à prática de lazer e esporte. O dia e horário de circulação também podem caracterizar o perfil de um usuário da bicicleta quanto ao motivo de viagem. Sendo assim, neste estudo foram feitas observações visuais de ciclistas nas 10 vias que mais circulam pessoas que usam a bicicleta em seus deslocamentos para o trabalho e a escola. Estas vias foram selecionadas com base em uma pesquisa de gerenciamento do tráfego de bicicletas realizada pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Londrina (IPPUL, 2013). Este procedimento permitiu definir o tipo de vestimenta, equipamento de segurança e a bicicleta usada pelo ciclista nas viagens experimentais. Isto possibilitou garantir que o ciclista estaria o mais parecido possível com seus pares que usam a bicicleta em seus deslocamentos para ir ao trabalho e/ou estudo. Vale ressaltar que, apesar da maioria dos ciclistas na área de estudo não usarem equipamentos de segurança pessoal e nem na bicicleta, o ciclista que desenvolveu o experimento casa-trabalho-casa usou estes equipamentos. Esta decisão teve por objetivo garantir um deslocamento mais seguro ao ciclista que realizou os experimentos. Além disso, na literatura sobre o assunto, não há evidências de que os equipamentos de segurança influenciam o comportamento dos condutores de veículos motorizados durante as ultrapassagens em relação aos ciclistas.

3.2. Estimativa da distância lateral de ultrapassagem e filmagem conjunta: *Garmin® Varia Radar/receptor GPS*

As estimativas das distâncias laterais de ultrapassagem dos veículos motorizados em relação à bicicleta foram feitas por um dispositivo composto de um microcontrolador Arduino Uno, sensor ultrassônico e *SD Card*. Na Figura 1 tem-se o dispositivo e suas partes componentes.

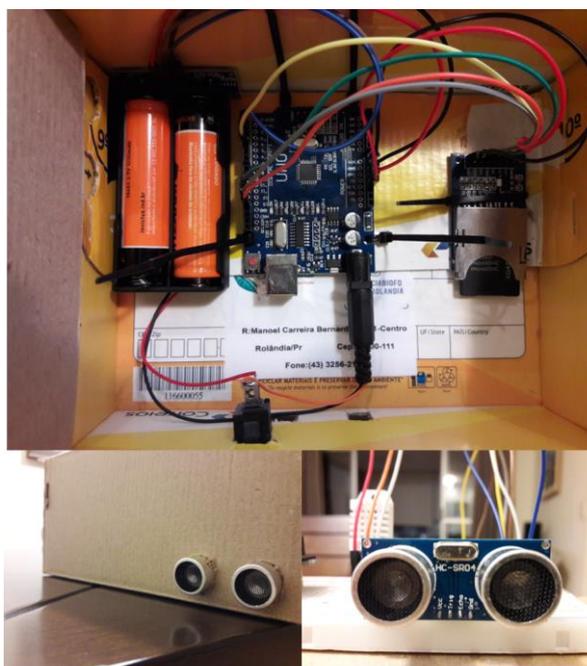


Figura 1: Dispositivo para estimar as distâncias laterais

As distâncias laterais de ultrapassagem eram estimadas pelo sensor e seus valores armazenados no *SD Card*. O sensor ultrassônico usado neste estudo foi um HC-SR04. Ele faz estimativas de distâncias entre 2 cm e 4 metros e a precisão é de 3 mm. Seu funcionamento consiste no envio de sinais ultrassônicos pelo sensor, o qual aguarda o retorno do sinal. A partir do tempo entre envio e retorno do sinal, é estimada a distância entre o sensor e um objeto. Por meio da programação do microcontrolador Arduino é possível estimar a distância

entre o sensor e o objeto. Neste estudo foi utilizada a equação (1).

$$D = \frac{T \times V}{2} \quad (1)$$

em que D : distância ao objeto [metros];

T : tempo de ida e volta do pulso [segundos];

V : velocidade [metros/segundo].

A estimativa das distâncias de ultrapassagem foi realizada em cada experimento de viagem casa-trabalho-casa. As distâncias laterais de ultrapassagem foram sincronizadas com o tempo de registro do sensor HC-SR04 e do GPS que estava sendo filmado em conjunto com o *Varia Radar*. Isto permitiu identificar as distâncias laterais de ultrapassagem por trecho de via. Na Figura 2 tem-se os equipamentos embarcados na bicicleta usada neste estudo. Os dispositivos que estão localizados no guidão da bicicleta foram encobertos para que o ciclista não fosse influenciado pelas informações de perigo mostradas no monitor do *Varia Radar*. Os valores de distância lateral de ultrapassagem foram considerados em relação à ponta da manopla esquerda da bicicleta. O sensor foi instalado no *rack* traseiro da bicicleta. Sendo assim, a distância entre a ponta da manopla e o sensor no *rack* traseiro era igual a 30 cm. Este valor foi subtraído de todas as medidas de distância lateral de ultrapassagem.



Figura 2: Bicicleta com equipamentos embarcados

As ultrapassagens perigosas em relação à bicicleta foram detectadas por meio do *Varia Radar* do fabricante *Garmin*®. Segundo o fabricante, o *Varia Radar* pode alertar sobre a aproximação simultânea de até oito veículos que estejam até 140 metros atrás da bicicleta. O radar pode enviar alertas para um monitor ou outros dispositivos compatíveis do mesmo fabricante, tais como: GPS e relógios de pulso. Neste experimento o *Varia Radar* foi utilizado com o monitor que permite visualizar se a aproximação do veículo está ocorrendo a uma velocidade normal (luz âmbar acende) ou perigosa (luz vermelha acende). O monitor exibirá uma luz vermelha, que indica ao ciclista que ele deve ter mais cuidado sob as seguintes condições: veículo que se aproxima acima de 90 km/h em relação à bicicleta ou veículo que trafegue mais rápido que a velocidade média dos demais veículos que ultrapassaram a bicicleta. Para identificar as velocidades acima da média por trecho de via foi feita a

filmagem, com uma câmera *GoPro*[®], do monitor do radar e de um receptor GPS *Garmin*[®] *Edge 200*, conforme os equipamentos mostrados na Figura 3. Nas filmagens foi possível identificar o momento que o monitor mostrava uma luz vermelha, que corresponde às velocidades acima da média e a posição geográfica da bicicleta ao longo do percurso experimental.



Figura 3: Varia Radar, monitor, GPS Edge200 e *GoPro*[®] Hero 2
Fontes: *Garmin* e *GoPro*

3.3. Viagens experimentais

As viagens experimentais foram realizadas por um único ciclista em seu trajeto casa-trabalho-casa. Estas viagens tiveram seu trecho de ida ao trabalho realizado no período da manhã e o trecho de volta do trabalho no período da tarde. Foram realizadas 13 viagens de ida e 13 de volta. As viagens do período da manhã iniciaram às 7h30 e do período da tarde às 17h30. A partir da primeira viagem houve um retardo de cinco minutos. Este procedimento evitou a possibilidade de coincidência de tráfego nas vias percorridas. O percurso de ida e volta teve 9 km de extensão e foi dividido em 59 trechos que compuseram 10 seções. O percurso experimental pode ser visualizado na Figura 4.



Figura 4: Trajeto do percurso das viagens experimentais

Durante as viagens experimentais o ciclista conduziu uma bicicleta urbana, equipada com farol dianteiro e luz traseira, que neste caso era o *Varia Radar*. Além disso, usava capacete, luvas, blusa de cor neutra, bermuda de algodão, uma mochila para transportar seus pertences e conduziu a bicicleta sempre respeitando as regras de circulação conforme o Código de Trânsito Brasileiro.

3.4. Análise espacial das ultrapassagens perigosas

Ao combinar espacialmente os dados das ultrapassagens perigosas detectadas pelo *Varia Radar*® com as distâncias laterais médias de ultrapassagem, foi possível identificar os locais com maior probabilidade de perigo, bem como avaliar se o tipo de via e as características operacionais e geométricas dos trechos das vias poderiam estar gerando, por meio da conjunção destes dois fatores, mais riscos para os ciclistas.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção são apresentadas evidências de que o tipo de via, as características geométricas e a sinalização semafórica podem induzir ultrapassagens perigosas de veículos motorizados em relação a ciclistas. São apresentados os dados relativos ao perfil visual dos ciclistas do local de estudo, a análise do sensor HC-SR04 para estimar as distâncias laterais de ultrapassagens, o uso do *Varia Radar*® para identificar velocidades de ultrapassagens acima da média e a análise espacial das ultrapassagens consideradas perigosas, ou seja, aquelas que foram feitas com velocidade acima da média e distância lateral de aproximadamente 1,5 metros da bicicleta.

4.1. Perfil visual dos ciclistas

A partir das observações realizadas nas 10 vias com maior tráfego de ciclistas foi possível identificar o perfil visual dos condutores de bicicleta do local de estudo. Essas observações foram conduzidas no período da manhã e tarde, sendo um período para cada via. Foram observados 62 ciclistas. Na Tabela 1 têm-se as principais características destes indivíduos.

Tabela 1: Características dos ciclistas

Percentual Observado	Itens Observados		
Percentual por tipo de bicicleta	Urbana 60%	<i>Mountain bike</i> 30%	Bicicleta de estrada 10%
Percentual de uso do equipamento de segurança do ciclista	Capacete 30%	Luvas 0%	Roupas refletivas 0%
Percentual de uso de acessórios de segurança da bicicleta	Farol dianteiro 5%	Luz de alerta traseira 2%	Refletivos 5%
Percentual do tipo de vestimenta do ciclista	Bermuda 85%	Camisa de Algodão 95%	Sapato tênis 80%
Percentual de atitude em relação às regras de trânsito	Seguem as regras 20%	Seguem parcialmente 20%	Não seguem 60%

O perfil visual do ciclista que realizou as viagens experimentais acompanhou a vestimenta mais usada dos perfis observados em campo, ou seja, camisa manga curta de algodão, bermuda denim cargo e sapato tênis. Porém, o ciclista usou capacete, luvas, mochila e seguiu as regras de circulação em todas as viagens. Os acessórios usados na bicicleta são aqueles que

poderiam garantir o mínimo de segurança e visibilidade, tais como: farol dianteiro, luz intermitente traseira, refletivos plásticos presos aos raios das rodas e nos pedais.

4.2. Uso do sensor HC-SR04

O sensor usado para estimar as distâncias laterais de ultrapassagem dos veículos motorizados em relação à bicicleta é o mais acessível em termos de custo. Pode ser encontrado na maioria das lojas de componentes eletrônicos das cidades brasileiras e *sites da internet*. Ao longo das 13 viagens experimentais foram realizados 2700 eventos de ultrapassagens em relação ao ciclista. O sensor de distância lateral foi capaz de estimar as distâncias laterais de 1391 destas ultrapassagens. Desta forma, tem-se que 52% das ultrapassagens tiveram suas distâncias laterais estimadas. A estimativa do percentual de distância lateral de ultrapassagens pode ser feita por meio da filmagem do painel do *Varia Radar*. A filmagem permitiu computar quais veículos efetivamente ultrapassaram o ciclista.

Na Figura 5 têm-se as distâncias médias de ultrapassagens para cada um dos 59 trechos que compuseram o percurso experimental. Cada trecho compreende a distância entre vias transversais consecutivas e um conjunto de trechos formam as *seções* que compõem o percurso experimental. Em 29% dos trechos as ultrapassagens foram realizadas à distâncias laterais menores que 1,5 m. Vale ressaltar que apenas 52% das ultrapassagens foram efetivamente medidas. Isto significa que 48% das ultrapassagens não tiveram suas distâncias laterais em relação à bicicleta estimadas. Desta forma, pode-se inferir que em seu formato atual o medidor de distância precisa ser aperfeiçoado ou deve estar associado a outro dispositivo para que seja possível estimar a quantidade de veículos que tiveram sua distância lateral de ultrapassagem estimadas.

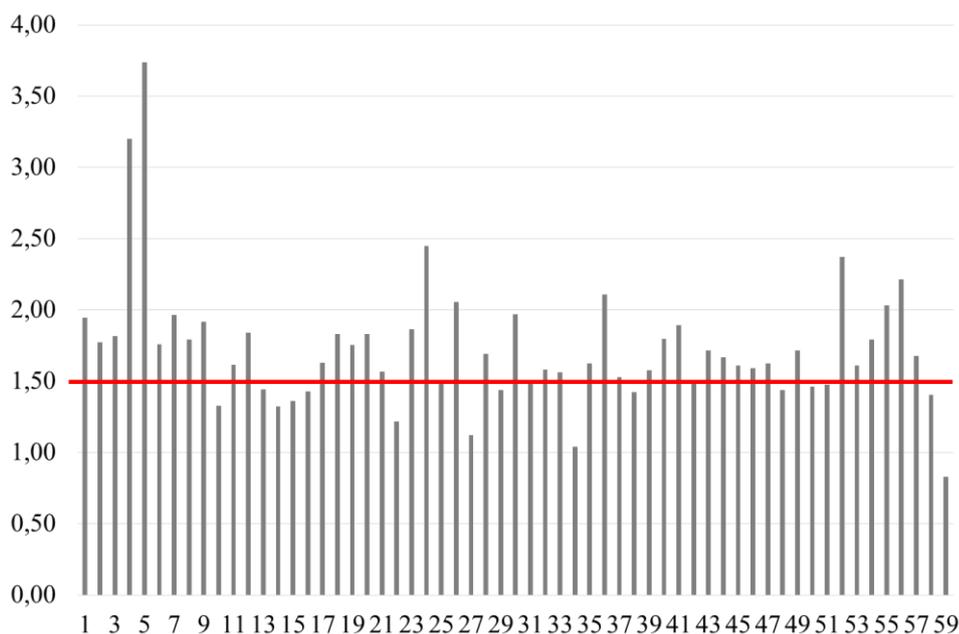


Figura 5: Distância médias de ultrapassagens dos 59 trechos do percurso experimental.

4.3. Ultrapassagens com velocidades acima da média

As vias que compuseram o percurso experimental estavam divididas nos seguintes tipos: via marginal de uma rodovia (*Seção 2*); via de acesso da rodovia à área urbana (*Seção 3*) e vias

urbanas (*exceto as Seções 2 e 3*), conforme a Figura 6. As ultrapassagens com velocidades acima da média em relação ao ciclista aconteceram, principalmente, na única via marginal do percurso, *Seção 2*, e nas vias urbanas representadas pelos *Seções 6, 8 e 10*. Estas seções de vias urbanas possuem em comum o perfil longitudinal e a sinalização semafórica conforme a Figura 7.



Figura 6: Locais com velocidades de ultrapassagem acima da média do fluxo de tráfego de veículos motorizados

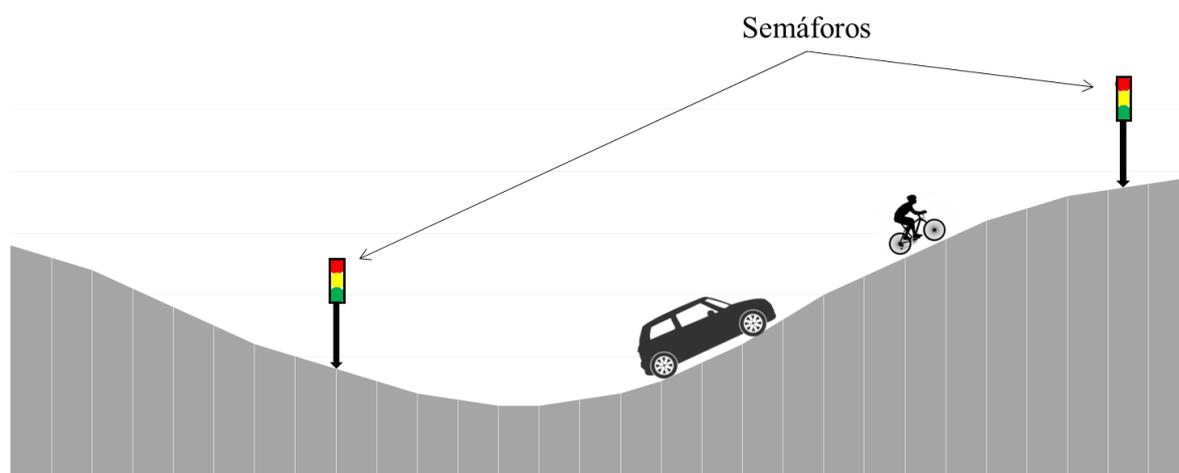


Figura 7: Perfil dos trechos urbanos que mais apresentaram velocidades de ultrapassagem acima da média

A *Seção 2* é uma via marginal de uma rodovia estadual de pista dupla. Na Rodovia a velocidade de operação é 80 km/h, enquanto na via marginal é de 60 km/h, mas não existe

controle de velocidade por meio de radares fixos e/ou móveis. Com base no experimento realizado, pode-se afirmar que os condutores que saem ou entram na rodovia tendem, respectivamente, a manter ou a aumentar a aceleração dos seus veículos por conta da saída ou entrada na via. Este procedimento expõe os ciclistas a graves riscos, inclusive fatais, devido à possibilidade de colisão a velocidades relativamente elevadas. As *Seções 6, 8 e 10*, que possuem o perfil longitudinal e a presença de semáforos dispostos conforme a Figura 8, parecem induzir os condutores de veículos a manter a aceleração mesmo com a presença de um ciclista no lado direito da faixa de tráfego. Esta ação também pode aumentar o risco de acidentes e lesões graves aos ciclistas.

4.4. Ultrapassagens perigosas

A análise espacial conjugada dos dados de distâncias laterais e pontos de ultrapassagens com velocidades acima da média do fluxo de veículos permitiu identificar as características geométricas e operacionais dos trechos de vias com maior risco aos ciclistas. Na Figura 8 pode-se observar que na via marginal da Rodovia PR 445, na Rua Humaitá, na Avenida Higienópolis e na Rua Eurico Humming estão os trechos que mais oferecem riscos aos ciclistas devido às ultrapassagens. Na via marginal, este risco está associado ao fato de que os condutores de veículos motorizados praticam as mesmas velocidades da rodovia. Isto ocorre tanto no momento de saída quanto de entrada na rodovia. O agravante neste caso é que na maioria dos trechos da via marginal as ultrapassagens foram realizadas com distâncias laterais relativamente próximas a 1,5 metros, salvo no trecho de esquina com a Rua Ulrico Zuinglio. Sendo assim, na via marginal as ultrapassagens com velocidades acima da média e muito próximas a ela expõem os ciclistas a graves acidentes e até mesmo risco de morte.

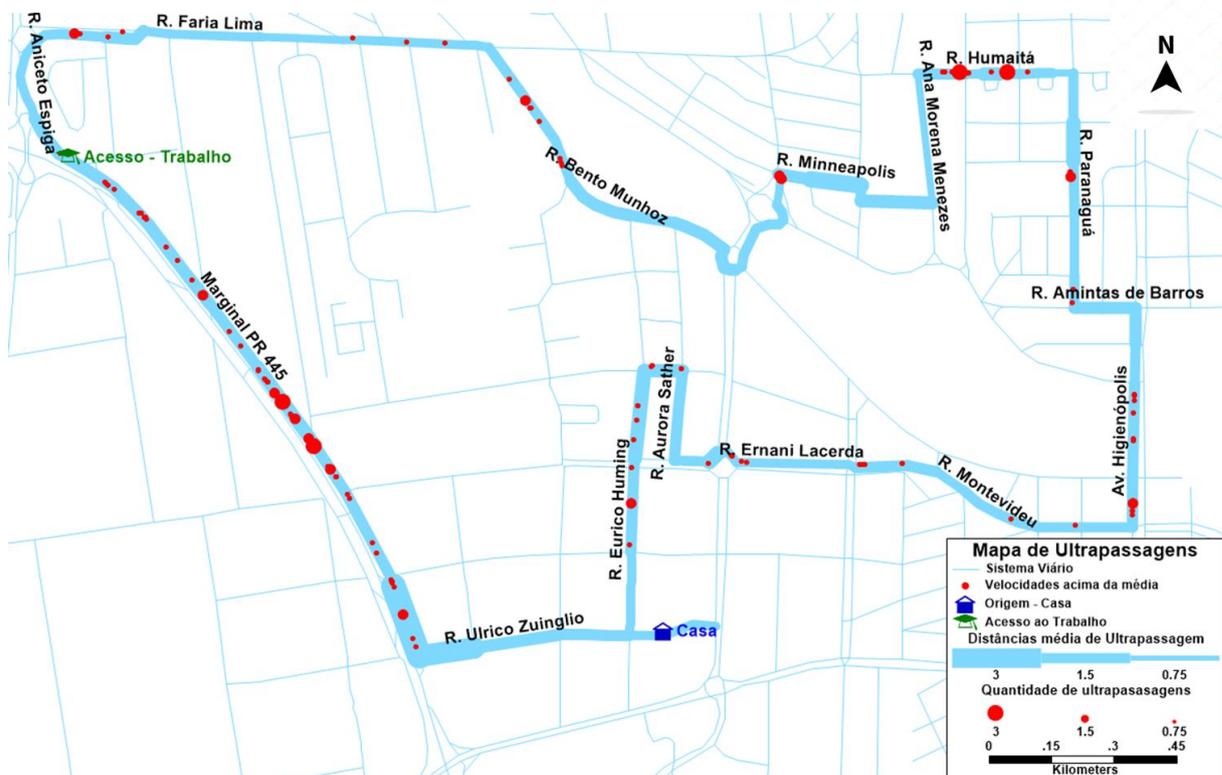


Figura 8: Pontos de ultrapassagem com velocidade acima da média e representação das distâncias laterais médias de ultrapassagem

No caso da Rua Humaitá, Avenida Higienópolis e Rua Eurico Humming, há similaridade no perfil longitudinal e na disposição da sinalização semafórica nos trechos críticos destas vias, como pode ser visto nas Figuras 7 e 8. Conforme as estimativas das velocidades de aproximação, distâncias laterais de ultrapassagem, observações e relatos do ciclista que conduziu a bicicleta nestes locais, os condutores procedem da seguinte maneira: i) ao visualizarem o primeiro semáforo no verde os condutores tendem a aumentar a velocidade para passar a sinalização e permanecem acelerando ao longo do percurso até o próximo semáforo; e ii) no caso dos condutores que ficaram retidos no vermelho, ao serem liberados, tendem a acelerar ao máximo possível para alcançar maiores velocidades nas rampas de subida que possuem inclinações de 8,1%, 5,2% e 8,8%, respectivamente para a Rua Humaitá, Avenida Higienópolis e Rua Eurico Humming, e passar pelo segundo semáforo ainda no verde.

Estes dois comportamentos criam uma situação altamente perigosa para um ciclista, uma vez que a Rua Humaitá e a Avenida Higienópolis são vias de mão única e com duas faixas de tráfego de 3,6 metros de largura cada. Desta forma, os condutores que trafegam pela faixa da direita, ao visualizarem um ciclista na direita desta faixa, deveriam deslocar-se para a faixa esquerda adjacente para ultrapassar o ciclista e, caso ela estivesse ocupada por outro veículo, deveriam reduzir a velocidade e esperar para realizar a manobra de ultrapassagem. Na prática, conforme verificado no local e descrito pelo ciclista que realizou o experimento, isto não ocorre. Os condutores que estão à direita mantêm suas velocidades de aproximação, caso haja possibilidade deslocam-se para a faixa da esquerda e realizam as ultrapassagens, caso contrário é deixado o espaço possível entre o veículo e o ciclista, que, para o caso específico deste estudo, nestas vias, foi em média 1,56 metros, porém existem valores entre 1,04 metros a 1,97 metros.

A Rua Eurico Humming é uma via de mão dupla com duas faixas de rolamento de 3,6 metros cada. Os procedimentos de ultrapassagem neste trecho foram realizados de forma mais agressiva em relação ao ciclista. Neste caso, os condutores mantinham a velocidade acima da média devido à rampa de subida e quando a faixa do contra fluxo estava livre a ultrapassagem era feita, mas quando havia aproximação de um veículo no contra fluxo, ao ciclista era deixada em média uma distância lateral de 1,53 metros, porém houve valores de distância lateral entre 0,83 metros e 2,21 metros.

Conforme constatado pelas medições de velocidades de aproximação e distâncias laterais de ultrapassagem, o perfil longitudinal da via e a sinalização semafórica parecem motivar os condutores de veículos a realizarem ultrapassagens perigosas em relação ao ciclista que conduziu a bicicleta no experimento. Apesar das distâncias médias das ultrapassagens serem maiores que 1,5 metros, ainda assim pode-se afirmar que há riscos conjugados consideráveis, por se tratar de distâncias médias e haver valores de distância laterais de ultrapassagem menores que 1,5 metros.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O perfil visual da maioria dos ciclistas não está de acordo com as recomendações de segurança tanto em termos de equipamentos pessoais quanto em termos de acessórios para a bicicleta. A maioria dos ciclistas do local de estudo não seguia as regras de circulação, não usava capacete, luvas, farol dianteiro e luz traseira. Apesar desta constatação, o ciclista que realizou o experimento o fez conforme a legislação de trânsito e usava equipamentos pessoais

de proteção, e a bicicleta estava equipada com acessórios luminosos e refletivos. Desta forma, o experimento foi conduzido em uma situação mais favorável à segurança, mas que não representa a situação dos ciclistas de transporte do local de estudo.

Há evidências de que em 1/3 dos trechos percorridos as ultrapassagens ocorrem a uma distância lateral menor que 1,5 metros. Sendo assim, pode-se afirmar que existe substancial perigo aos ciclistas nestas vias urbanas. Também ficou evidente que apenas o uso do sensor de distâncias laterais HC-SR04 não garante uma estimativa confiável de todas as distâncias de ultrapassagens dos veículos motorizados em relação ao ciclista. Para que este sensor seja usado é necessário associá-lo a outro equipamento que permita estimar o rendimento da quantidade de medidas efetivamente feitas.

Foi possível identificar as vias onde os condutores de veículos motorizados realizaram mais ultrapassagens com velocidades acima da média dos demais veículos em relação ao ciclista. Estas ultrapassagens foram associadas à pista marginal de uma rodovia estadual e, principalmente, às vias urbanas com semáforos antes e depois de um vale formado por curvas verticais côncavas.

Foi possível caracterizar os locais com maior risco conjugado em termos de velocidade e distância lateral de ultrapassagem em relação ao ciclista. Para o caso específico deste estudo, estas ultrapassagens perigosas foram associadas aos trechos de vias com condições relacionadas a uma rodovia, sinalização semafórica e perfil longitudinal com rampas relativamente altas para vias urbanas. Estas condições parecem induzir os condutores dos veículos motorizados a aumentarem a aceleração mesmo com a presença de um ciclista, que neste caso usava equipamentos de proteção, luz traseira intermitente, respeitava as regras de circulação e estava mais visível que os demais ciclistas que circulam no local de estudo.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES pelo auxílio na forma de bolsa de mestrado e à Universidade Estadual de Londrina pela infraestrutura disponibilizada para a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Dozza, M.; R. Schindler; G. Bianchi-Piccinini e J. Karlsson (2016) How do drivers overtake cyclists? *Accident Analysis and Prevention*, v. 88, n. 1, p.29-36.
- Debnath, A. K.; N. Haworthb; A. Schrammb; K. C. Heeschc; K. Somoray (2018) Factors influencing noncompliance with bicycle passing distance laws. *Accident Analysis and Prevention*, v. 115, n. 1, p. 137-142.
- INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO DE LONDRINA - IPPUL (2013). <http://ippul.londrina.pr.gov.br/index.php/rede-ciclovitaria-de-londrina.html>.
- Lahrman, H.; T. K. O. Madsen; A. V. Olesen; J. Chr. O. Madsen e T. Hels (2018) The effect of a yellow bicycle jacket on cyclist accidents. *Safety Science*, v. 108, n. 1, p. 209-217.
- Vayalamkuzhi, P. e V. Amirthalingam (2016) Influence of geometric design characteristics on safety under heterogeneous traffic flow. *Journal of traffic and Transportation Engineering*, v. 3, n. 6, p. 559-570.
- Walker, I.; I. Garrard e F. Jowitt (2014) The influence of a bicycle commuter's appearance on drivers' overtaking proximities: An on-road test of bicyclist stereotypes, high-visibility clothing and safety aids in the United Kingdom. *Accident Analysis and Prevention*, v. 64, n. 1, p. 69-77.

Thiago Vinicius Louro (tviniucius.louro@uel.br)

Heliana Barbosa Fontenele (heliana@uel.br)

Carlos Alberto Prado da Silva Junior (cprado@uel.br)

Departamento de Construção Civil, Centro de Tecnologia e Urbanismo, Universidade Estadual de Londrina.

Rodovia Celso Garcia Cid - PR 445, Km 380 - Campus Universitário - CEP 86057-970 - Londrina, PR, Brasil.