

Fatores que influenciam na ocorrência de ultrapassagens perigosas para ciclistas

Factors Influencing hazardous overtaking of cyclists

Factores que influyen en adelantamientos peligrosos para ciclistas

Thiago Vinícius Louro

Mestrando, UEL, Brasil.
tvinius.louro@uel.br

Heliana Barbosa Fontenele

Professora Doutora, UEL, Brasil.
heliana@uel.br

Carlos Alberto Prado da Silva Júnior

Professor Doutor, UEL, Brasil.
cprado@uel.br

RESUMO

Em muitas cidades, devido à falta de infraestrutura adequada, os ciclistas têm de compartilhar as vias com veículos motorizados, o que gera diversos conflitos e afasta possíveis novos usuários. O objetivo deste estudo foi analisar os locais em que um ciclista foi ultrapassado por um veículo que trafegava acima de 90km/h ou acima da velocidade média dos demais veículos da via e com distância lateral menor do que 1,5 metros. Foram realizadas 13 viagens de bicicleta em um circuito fechado. Os dados de velocidade foram coletados com um radar e um monitor da Garmin®. A distância lateral foi medida com um sensor ultrassônico instalado no rack traseiro. Cerca de 47% das 1160 ultrapassagens registradas foram realizadas com distância lateral abaixo de 1,5m. Os trechos que apresentaram maior risco em relação à velocidade de ultrapassagem estão localizados na pista marginal de uma rodovia estadual e em vias urbanas com semáforos antes e depois de um vale formado por curvas verticais côncavas. Vias com inclinação negativa maior do que 5% favorecem a ocorrência de ultrapassagens com menos de 1,5 metros de distância lateral. Os resultados indicam a necessidade de maior fiscalização e conscientização, além da implementação de infraestrutura cicloviária, principalmente em trechos com rampas.

ABSTRACT

In many cities, due to the lack of adequate infrastructure, cyclists have to share roads with motor vehicles, which creates many conflicts and alienates potential new users. The aim of this study was to characterize the locations where dangerous motor vehicle overtaking occurs in relation to cyclists. There were 13 trips in a closed circuit. Speed data were collected with a radar and a Garmin® monitor. Lateral distance was measured with an ultrasonic sensor installed in the rear rack. About 47% of the 1160 recorded overtakes were made with a lateral distance below 1.5m. The sections with the highest risk for overtaking speed are located on the marginal lane of a state highway and on urban roads with traffic lights before and after a valley formed by concave vertical curves. Roads with negative inclination greater than 5% favor overtaking less than 1.5 meters sideways. The results indicate the need for greater supervision and awareness, as well as the implementation of cycling infrastructure, especially in ramp sections.

RESUMEN

En muchas ciudades, debido a la falta de infraestructura adecuada, los ciclistas tienen que compartir caminos con vehículos automotores, lo que genera varios conflictos y elimina posibles nuevos usuarios. El objetivo de este estudio fue analizar los lugares donde un ciclista fue superado por un vehículo que viajó por encima de 90 km / ho por encima de la velocidad promedio de los otros vehículos en la carretera y con una distancia lateral inferior a 1,5 metros. Se realizaron 13 viajes en bicicleta en un circuito cerrado. Los datos de velocidad se recopilaron con un radar y monitor Garmin®. La distancia lateral se midió con un sensor ultrasónico instalado en el bastidor trasero. Aproximadamente el 47% de los 1160 adelantamientos registrados se realizaron con una distancia lateral inferior a 1,5 m. Los tramos que presentaron el mayor riesgo en relación con la velocidad de adelantamiento se ubican en el carril marginal de una carretera estatal y en caminos urbanos con semáforos antes y después de un valle formado por curvas verticales cóncavas. Las carreteras con una inclinación negativa superior al 5% favorecen la aparición de adelantamientos con menos de 1,5 metros de distancia lateral. Los resultados indican la necesidad de una mayor inspección y conciencia, además de la implementación de infraestructura para bicicletas, especialmente en secciones con rampas.

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento das frotas de veículos motorizados, congestionamentos, alterações no uso do solo em áreas periféricas, poluição e problemas ambientais, os desafios ligados à mobilidade urbana nas cidades se tornam cada dia maiores. De acordo com Laranjeiro *et al.* (2019), os desafios relacionados ao espaço urbano são ainda maiores em grandes cidades localizadas em países emergentes, onde os problemas de mobilidade têm de ser resolvidos em um contexto de alta densidade urbana, congestionamentos, exclusão social, problemas de segurança, entre outros. Com o objetivo da diminuição do uso de automóveis nos centros urbanos, tem-se discutido alternativas para que as pessoas possam realizar as suas atividades diárias sem a necessidade de utilizar veículos motorizados.

Uma das alternativas é a bicicleta, modo de transporte conhecido por sua eficiência e sustentabilidade. Já muito utilizada em alguns países Europeus, este modo de transporte ainda encontra barreiras para que o seu uso seja amplamente difundido no Brasil. São diversos os fatores que influenciam na baixa utilização da bicicleta. Um dos fatores mais importantes é a segurança viária, já que na maioria das cidades, devido à falta de infraestrutura adequada, os ciclistas têm de compartilhar as vias com veículos motorizados. Estudos já mostraram que a necessidade de dividir a via com veículos motorizados e a ocorrência de ultrapassagens com distância lateral baixa em relação ao ciclista são fatores que criam uma sensação de maior risco e, conseqüentemente, impedem que mais pessoas possam utilizar esse modo de transporte (Heesch *et al.*, 2012, 2011; Chataway *et al.*, 2014).

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 conseqüências 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.

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

Diversos estudos têm sido realizados com o objetivo de compreender melhor a dinâmica de ultrapassagem de veículos motorizados em relação à ciclistas, seja na área rural, como em Dozza *et al.* (2016); Llorca *et al.* (2017); Chapman e Noyce (2014), seja na área urbana, como em Foletta *et al.* (2015), Kassim *et al.* (2017, 2018); Mehta *et al.* (2015, 2019), entre outros. Estudos anteriores utilizaram uma bicicleta equipada com sensores (Shackel e Parkin, 2014; Beck *et al.*, 2019); câmeras fixas em algum ponto específico da cidade (Haworth *et al.* 2018) ou câmeras e sensores instalados na parte de dentro dos veículos motorizados (Feng *et al.*, 2018; Kovaceva *et al.*, 2018).

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 têm-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 análise de dois fatores de risco: velocidade e distância lateral no momento da ultrapassagem em relação à bicicleta e seu condutor.

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 em leis que possam inibir os motoristas de se aproximarem perigosamente ao ultrapassar os ciclistas.

Um experimento conduzido por Lahrmann *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.

Segundo Vayalamkuzhi e Amirthalingam (2016) uma melhor compreensão dos fatores relacionados à geometria das vias e que estão relacionados 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 andar individual ou em grupo não apresentaram correlação estatisticamente significativa para os eventos de ultrapassagem. Em relação à variável velocidade da bicicleta, Apasnore, P. *et al.* (2017) identificaram que a relação entre distância lateral e velocidade da bicicleta é inversa, ou seja, quanto maior a velocidade da bicicleta, menor a distância lateral fornecida pelo ciclista. Os autores acreditam que isso se dá pelo fato de os motoristas entenderem que um ciclista é mais experiente por pedalar em uma velocidade mais elevada. Não há consenso na literatura sobre a relação de variáveis como hora do dia, presença de infraestrutura cicloviária, largura da via e velocidade do veículo com a distância lateral deixada por motoristas de veículos motorizados em relação aos ciclistas. Stewart e Mchale (2014); Kassim *et al.* (2019); entre outros.

Os eventos de ultrapassagem de veículos motorizados em relação aos ciclistas ainda precisam ser mais estudados, principalmente aqueles aspectos relacionados a 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 analisar as ultrapassagens de veículos motorizados em relação a um ciclista. O local de estudo compreendeu a área urbana da cidade de Londrina/PR, caracterizada como de porte médio. Para a coleta de dados das ultrapassagens foi utilizado um sensor de distância ultrassônico, com o qual foi possível medir a distância lateral de ultrapassagem, e o equipamento Varia-Radar®, da empresa Garmin, com o qual foi possível saber se o veículo ultrapassou a bicicleta com velocidade acima de 90km/h ou com velocidade acima da média dos demais veículos em um determinado trecho. Para a distância lateral, foi utilizada como referência a distância de 1,5 metros, determinada pelo Código de Trânsito Brasileiro – CTB. O método compreendeu as seguintes etapas: i) caracterização da área de estudo; ii) realização de 13 viagens em um circuito fechado; iii) análise dos dados.

3.1. Área de Estudo

O estudo foi realizado na cidade de Londrina-PR, Brasil, com população estimada em 569.733 pessoas segundo o IBGE (2019). De acordo com a pesquisa origem-destino realizada no ano de 2019, apenas 1% das viagens realizadas no município são feitas por bicicleta. Segundo o IPPUL – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Londrina, a cidade possui atualmente uma rede cicloviária de 41km. No entanto, grande parte desta rede foi implantada como contrapartida à construção de polos geradores de viagem, como shoppings e universidades. Isso faz com que a infraestrutura cicloviária não seja conectada, o que torna improvável que um ciclista consiga percorrer o trajeto completo entre sua origem e destino sem dividir em algum momento a via com veículos motorizados. A falta de infraestrutura adequada faz com que os ciclistas tenham de dividir as vias comuns com veículos motorizados, o que pode gerar diversas situações perigosas, além de inibir uma maior utilização da bicicleta pela população.

3.2. Coleta de dados

Foram realizadas 13 viagens por um único ciclista em seu trajeto casa-trabalho-casa. As viagens do período da manhã iniciaram por volta de 7h30 e do período da tarde por volta de 17h30. O percurso de ida e volta teve 9 km de extensão e foi dividido em 55 trechos. Foram coletados dados referentes à distância lateral de ultrapassagem e à velocidade de ultrapassagem dos veículos. 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. As distâncias laterais eram estimadas pelo sensor e armazenados no SD Card. O dispositivo foi instalado no rack traseiro da bicicleta. Os valores de distância lateral de ultrapassagem foram considerados em relação a ponta da manopla esquerda da bicicleta. Como 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.

As informações das velocidades de ultrapassagem em relação à bicicleta foram detectadas por meio do Varia Radar, do fabricante Garmin®. Neste experimento o Varia Radar foi utilizado com o monitor que permite visualizar se a aproximação do veículo está ocorrendo a uma velocidade normal ou perigosa. O monitor exibe uma luz vermelha sob as seguintes condições: veículo que se aproxima acima de 90 km/h em relação à bicicleta ou veículo que trafega acima da velocidade média dos demais veículos que ultrapassaram a bicicleta. Não foi possível identificar a velocidade exata de cada veículo que ultrapassou a bicicleta. Foi utilizado o GPS Garmin® Edge 200, de forma que fosse possível georreferenciar os dados posteriormente.

O monitor do radar e a tela do GPS foram filmados com uma câmera GoPro®. Esse procedimento foi necessário pois não era possível transferir as informações do radar diretamente para o microcontrolador Arduino. Desse modo, foi necessário que o georreferenciamento das informações de velocidade fosse feito manualmente, a partir da análise da filmagem. Para realizar o georreferenciamento das informações de distância lateral de ultrapassagem, o sensor ultrassônico foi sincronizado com o GPS Garmin® Edge 200.

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.

3.3. Análise dos dados

Inicialmente foram avaliados os dados gerados pelo Varia Radar. Foi gerado um índice que relaciona o número de ultrapassagens consideradas perigosas pelo Varia Radar e o comprimento do trecho. Desse modo foi possível identificar os locais críticos em relação à velocidade de ultrapassagem. Foi gerado um modelo de regressão linear múltipla, com o valor do índice como variável dependente e as variáveis inclinação longitudinal, limite de velocidade da via, possível presença de fluxo em dois sentidos, presença ou não de estacionamento e presença de ciclofaixa como variáveis independentes.

Para os dados de distância lateral, foi feita a estatística descritiva de todos os dados de ultrapassagem para o trajeto completo e para cada um dos trechos. Desse modo foi possível identificar os locais críticos em relação à distância lateral de ultrapassagem. Foi gerado um índice que relaciona a quantidade de ultrapassagens abaixo de 1,5 metros pelo tamanho do trecho e pela quantidade total de ultrapassagens registradas no trecho. Foram gerados modelos de regressão linear múltipla para esses valores. As variáveis independentes do modelo foram as mesmas utilizadas no modelo com os dados do Varia Radar.

Os dados de inclinação longitudinal foram obtidos no *Google Earth Pro*. Os dados sobre a presença ou não de ciclovia, estacionamento e de possível fluxo no sentido contrário foram obtidos através do *Google Street View*. Foi feita a análise do perfil longitudinal dos trechos que

apresentaram mais ultrapassagens perigosas, tanto em relação à distância lateral, como em relação à velocidade.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os resultados referentes aos dados de velocidade de ultrapassagem e de distância lateral de ultrapassagem. Foram identificados os trechos que obtiveram uma maior incidência de ultrapassagens realizadas com o veículo acima de 90km/h ou acima da velocidade média dos demais veículos no trecho. Esses trechos estão localizados na pista marginal de uma rodovia estadual e em vias urbanas com semáforos antes e depois de um vale formado por curvas verticais côncavas. Foram encontradas evidências de que em trechos que não possuem estacionamento para veículo e possuem tráfego em apenas um sentido, o ciclista corre mais risco de ser ultrapassado com velocidade acima de 90km/h ou acima da média dos demais veículos. Foram identificados os locais em que o ciclista foi ultrapassado mais vezes com uma distância lateral menor do que 1,5 metros. Esses trechos estão localizados em duas vias locais, com limite de velocidade de 40km/h, estacionamento para veículo e tráfego nos dois sentidos e em uma via arterial, com limite de velocidade de 50km/h e tráfego em apenas um sentido. Foram encontradas evidências de que vias com inclinação negativa maior do que 5% favorecem a ocorrência de ultrapassagens com menos de 1,5 metros de distância lateral.

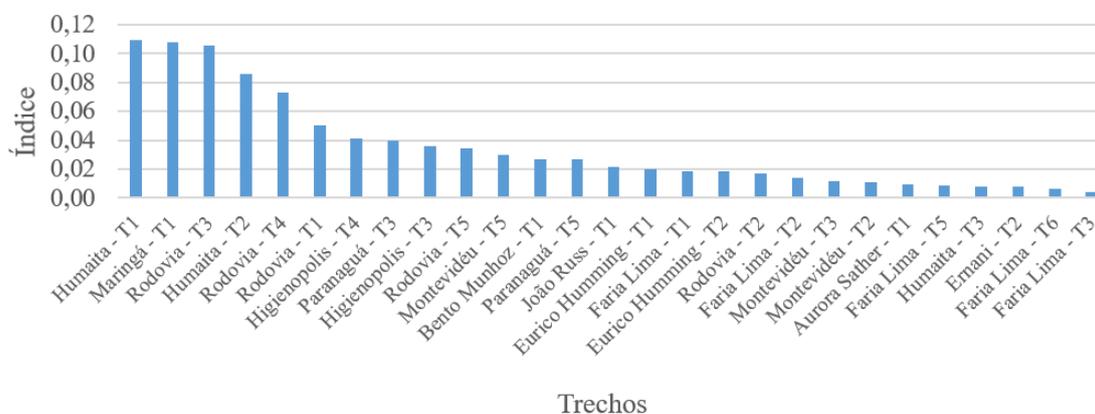
4.1. Velocidade de ultrapassagem

O Varia Radar identificou 2700 ultrapassagens ao longo das 13 viagens realizadas. Foram indicadas no monitor como perigosas 173 (6%) das 2700. Em 27 (46%) das 55 seções estudadas ocorreu ao menos uma ultrapassagem indicada como perigosa no monitor do Varia.

4.1.1. Índice

Foi calculado um índice que relaciona o número de ultrapassagens perigosas identificadas pelo monitor pelo tamanho do trecho. A Figura 1 mostra o valor do índice de cada um dos 27 trechos nos quais ocorreram ao menos uma ultrapassagem com velocidade acima de 90km/h ou acima da média dos demais veículos na via.

Figura 1: Trechos com ocorrência de ultrapassagem perigosa



Os locais que apresentaram índice mais elevado foram a via marginal da Rodovia Celso Garcia Cid, local que correspondeu por 79 das 173 ultrapassagens indicadas como perigosas, a rua Humaitá, a Avenida Maringá e a Avenida Higienópolis, as quais corresponderam por 24, 7 e 13 ultrapassagens perigosas respectivamente.

A Rodovia Celso Garcia Cid (PR-445) é uma rodovia estadual de pista dupla e velocidade de operação de 80 km/h no trecho estudo, enquanto na via marginal a velocidade de operação é de 60 km/h. Não existe controle de velocidade por meio de radares fixos e/ou móveis na rodovia e na marginal. De acordo com a hierarquia viária do município de Londrina, a rua Humaitá e as Avenidas Higienópolis e Maringá são, respectivamente, via arterial projetada, via arterial e via estrutural. Possuem limite de velocidade de 40km/h, 50km/h e 40km/h, respectivamente.

Em relação à marginal da Rodovia, foi possível perceber que os condutores que saem ou entram na rodovia tendem, respectivamente, a manter ou a aumentar a velocidade dos seus veículos por conta da saída ou entrada na via. Este comportamento expõe os ciclistas à graves riscos, inclusive fatais, devido à possibilidade de colisão com um veículo motorizado trafegando em alta velocidade.

A rua Humaitá e as Avenidas Maringá e Higienópolis possuem um perfil longitudinal semelhante, além da presença de semáforos. As Figuras 2, 3 e 4 mostram a localização e o perfil longitudinal desses três trechos.

Figura 2: Localização e perfil longitudinal da Avenida Maringá

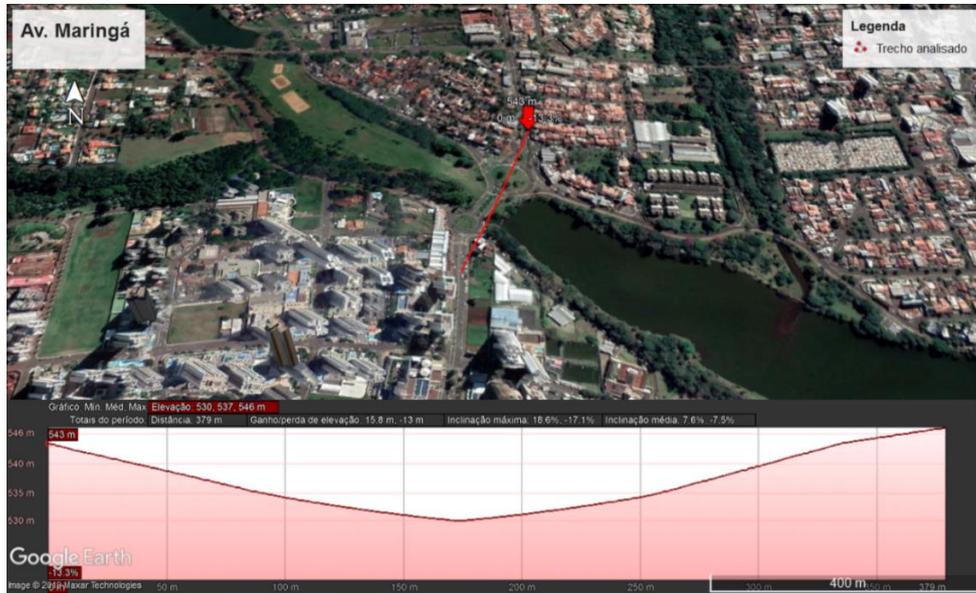


Figura 3: Localização e perfil longitudinal Avenida Higienópolis

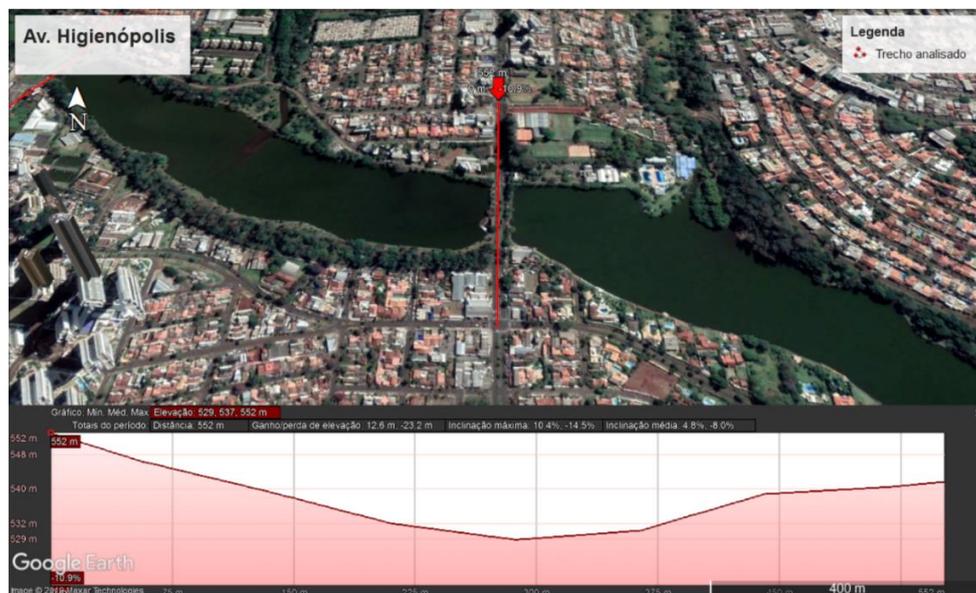
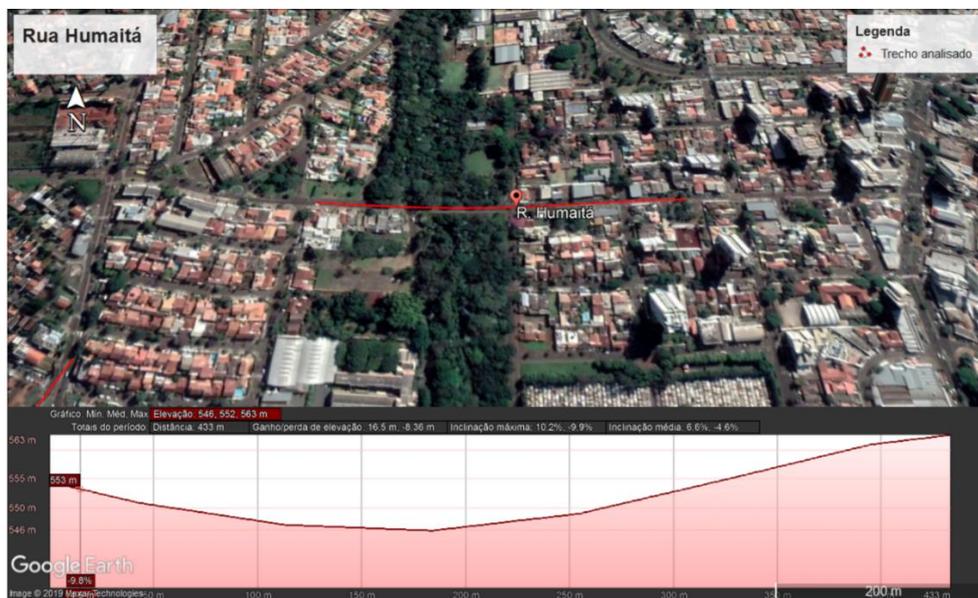


Figura 4: Localização e perfil longitudinal da rua Humaitá



Esse perfil parece induzir os condutores de veículos a manter a aceleração mesmo com a presença de um ciclista no lado direito da faixa de tráfego, o que pode aumentar o risco de acidentes e lesões graves aos ciclistas. Foi possível perceber um padrão de comportamento dos motoristas nesses três locais: 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, estes ao serem liberados tendem a acelerar ao máximo possível para alcançar maiores velocidades nas rampas de subida que possuem inclinações de 8,1%, 8,8% e 7,8% respectivamente para a Rua Humaitá, Avenida Higienópolis e Avenida Maringá, e passar pelo segundo semáforo ainda no verde.

4.1.2. Modelo de regressão linear

O modelo de regressão linear gerado utilizou o valor do índice (nº de ultrapassagens perigosas por metro) como variável dependente e as variáveis inclinação longitudinal, limite de velocidade da via, possível presença de fluxo em dois sentidos, presença ou não de estacionamento e de ciclovia como variáveis independentes. O R^2 do modelo foi de 0,58 e as variáveis inclinação (p-valor = 0,02), presença de estacionamento (p-valor = 0,004) e possibilidade de veículo no sentido contrário (p-valor = 0,03) foram consideradas significativas.

A inclinação longitudinal apresentou coeficiente positivo, o que indica que em vias com inclinação positiva existe uma maior chance de uma ultrapassagem ser considerada perigosa pelo monitor do radar, o que é condizente com o perfil longitudinal encontrado na rua Humaitá

e nas Avenidas Higienópolis e Maringá. A presença de estacionamento e da possibilidade de veículo no sentido contrário apresentaram coeficientes negativos, o que indica que em vias sem estacionamento para veículos e com fluxo em apenas um sentido é maior a chance de o monitor indicar uma ultrapassagem perigosa. Esse é o caso da marginal da Rodovia Celso Garcia Cid. Em um estudo realizado por Silva (2018), foi constatado que a Rodovia Celso Garcia Cid é a via que mais registrou acidentes com ciclistas no período entre 2006 e 2016, o que corrobora com o resultado encontrado nesse trabalho.

4.2. Distância lateral de ultrapassagem

O sensor de distância lateral identificou 1391 ultrapassagens. Todas as ultrapassagens realizadas acima de 4,0 metros foram excluídas devido ao entendimento de que nesses casos não houve interação entre o ciclista e o motorista. Trechos de rotatória e um trecho de ciclofaixa à direita de espaço para estacionamento também foram excluídos. Deste modo, foram analisados 1160 dos 1391 eventos de ultrapassagens identificados. Em 44 dos 55 trechos analisados ocorreu ao menos uma ultrapassagem com distância lateral menor do que 1,5 metros. Das 1160 ultrapassagens analisadas, 555 (47,85%) foram realizadas a distâncias abaixo de 1,5 metros. Na Tabela 1 é apresentada estatística descritiva dos dados de distância lateral de ultrapassagem de todos os trechos.

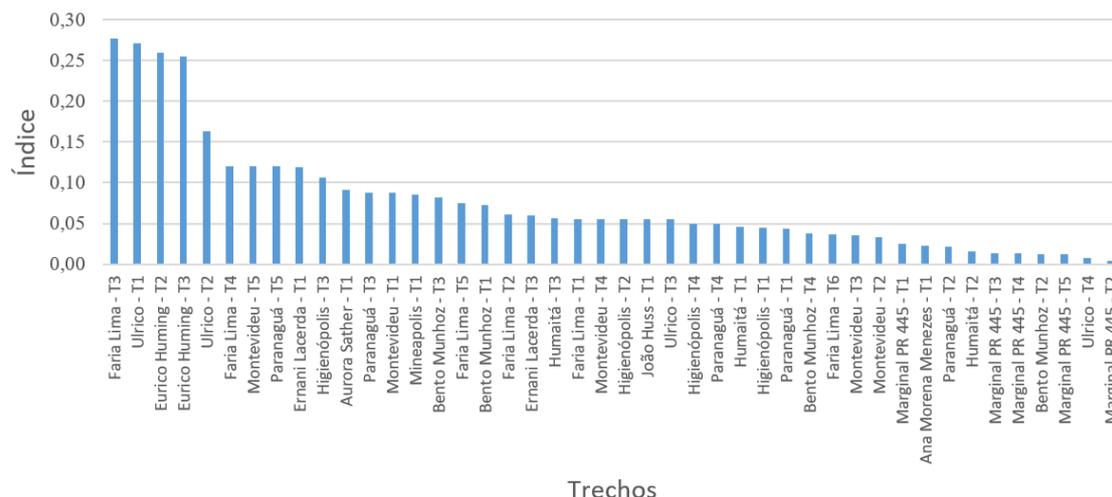
Tabela 1: Estatística descritiva das distâncias de ultrapassagem

Média	Erro padrão	Mediana	Modo	Desvio padrão	Variância	Mínimo	Máximo
1,62	0,024	1,56	2,14	0,81	0,65	0,08	3,99

4.2.1 índice

Foi calculado um índice que relaciona o número de ultrapassagens com distância lateral menor do que 1,5 metros com o comprimento do trecho. A Figura 5 mostra o valor do índice para os 46 trechos em que ocorreram ultrapassagens com distância lateral menor do que 1,5 metros.

Figura 5: Trechos com ocorrência de ultrapassagem realizada com distância lateral menor do que 1,5 metros



Os trechos que apresentaram índice mais elevado (maior do que 0,2) foram as ruas Eurico Humming, Prefeito Faria Lima e Ulrico Zuinglio. As ruas Eurico Humming e Ulrico Zuinglio são vias locais, com limite de velocidade de 40km/h, possuem estacionamento para carros e tráfego em dois sentidos. A rua Prefeito Faria Lima é uma via arterial projetada, com limite de velocidade de 50km/h, não possui estacionamento e possui tráfego nos dois sentidos.

4.2.2 Modelo de regressão linear

Foi gerado um modelo de regressão linear múltipla com as mesmas variáveis utilizadas nos modelos gerados para os dados de velocidade. O R^2 do modelo foi de 0,15 e nenhuma das variáveis apresentou significância (todas obtiveram p-valor > 0,05). No entanto, foi possível perceber uma maior sensibilidade na variável inclinação. Deste modo, como a inclinação longitudinal máxima recomendada para a utilização da bicicleta é de 5%, foram criados três intervalos de inclinação. Os dados de distância lateral foram divididos em três intervalos: de -5% a 5%, abaixo de -5% e acima de 5%. Foi feito um teste ANOVA para testar a hipótese de que as médias de distância lateral nesses três intervalos de inclinação são iguais. A Tabela 2 a seguir apresenta o resultado do teste.

Tabela 2: Resultados do teste ANOVA

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	7,231328013	2	3,615664007	5,621186186	0,003719925	3,003502302
Dentro dos grupos	744,2064926	1157	0,643220823			
Total	751,4378206	1159				

O teste indica que as médias são diferentes (p -valor $<0,005$). A Tabela 3 a seguir mostra as médias de distância lateral de ultrapassagem para os três intervalos estudados.

Tabela 3: Médias das distâncias laterais de ultrapassagem

Intervalos	-5% a 5%	< -5%	> 5%
Média	1,67	1,41	1,59

Esse resultado indica que em vias com inclinação negativa existe a tendência de a distância de ultrapassagem ser menor do que em vias com inclinação positiva. Esse resultado está de acordo com outros trabalhos da literatura.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível identificar as vias onde os condutores de veículos motorizados realizaram mais ultrapassagens com velocidades acima da média dos demais veículos ou acima de 90km/h em relação ao ciclista. Estas ultrapassagens foram associadas à pista marginal de uma rodovia estadual e às vias urbanas com semáforos antes e depois de um vale formado por curvas verticais côncavas.

Há evidências de que 47% das ultrapassagens analisadas ocorreram a uma distância lateral menor que 1,5 metros. A inclinação longitudinal da via foi a variável estudada que apresentou maior influência na distância lateral de ultrapassagem. Em vias com inclinação negativa maior do que 5% é possível afirmar, para o caso específico deste trabalho, que o ciclista correu mais risco de sofrer uma ultrapassagem com distância lateral menor do que o estabelecido por lei do que em vias mais planas (com inclinação de no máximo 5%) ou com inclinação positiva elevada (acima de 5%).

Os resultados apresentados no trabalho mostram que a falta de infraestrutura cicloviária nesses locais pode colocar o ciclista em uma situação de elevado risco. As baixas distâncias de ultrapassagem e a ocorrência de situações perigosas em relação à velocidade de ultrapassagem mostram que o ciclista tem de enfrentar um ambiente inseguro e violento nos seus deslocamentos. Esse fato certamente impede que mais pessoas optem pela bicicleta como modo de transporte. O baixo ajuste dos modelos indica a existência de outras variáveis importantes que não foram estudadas e da necessidade da aplicação de outros modelos que não os de regressão linear múltipla. Fatores como tipo do veículo, hora do dia, largura da faixa,

comportamento do ciclista e do motorista, entre outros, podem contribuir para uma melhor compreensão do que afeta a distância lateral e a velocidade ultrapassagem em relação ao ciclista. Outro aspecto a ser destacado é que existe a percepção de que a instalação de infraestrutura cicloviária em vias com elevada inclinação longitudinal não é necessária, já que não haveria demanda para a utilização dessas vias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apasnore, P.; K. Ismail.; A. Kassim. Bicycle-vehicle interactions at mid-sections of mixed traffic streets: Examining passing distance and bicycle comfort perception. *Accident Analysis and Prevention*, v. 106, p. 141–148, 2017.
- Beck, B.; D. Chong.; J. Olivier.; M. Perkins.; A. Tsay.; A. Rushford.; L. Li.; P. Cameron.; R. Fry.; M. Johnson. How much space do drivers provide when passing cyclists? Understanding the impact of motor vehicle and infrastructure characteristics on passing distance. *Accident Analysis & Prevention*, v. 128, p. 253–260. 2019.
- Chapman, J. e D. Noyce. Influence of roadway geometric elements on driver behavior when overtaking bicycles on rural roads. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*. v. 1. p. 28-38. 2014.
- BRASIL. Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. *Institui o Código de Trânsito Brasileiro*. Diário Oficial da União, Brasília, DF. 24/09/1997.
- Chataway, E.S., S. Kaplan., T. A. S. Nielsen., C. G. Prato. Safety perceptions and reported behavior related to cycling in mixed traffic: a comparison between Brisbane and Copenhagen. *Transp. Res. Part F Traffic Psychol. Behav.* 23, 32–43. 2014.
- Debnath, A. K.; N. Haworth; A. Schrammb; K. C. Heesch; K. Somoray. Factors influencing noncompliance with bicycle passing distance laws. *Accident Analysis and Prevention*, v. 115, n. 1, p. 137-142. 2018.
- Dozza, M.; R. Schindler; G. Bianchi-Piccinini e J. Karlsson. How do drivers overtake cyclists? *Accident Analysis and Prevention*, v. 88, n. 1, p.29-36. 2016.
- Feng, F.; S. Bao.; R. C. Hampshire.; M. Delp. Drivers overtaking bicyclists—An examination using naturalistic driving data. *Accident Analysis & Prevention*, v. 115, p. 98–109. 2018.
- Foletta, N.; C. Nielson.; J. Patton.; J. Parks.; R. Rees. Green Shared Lane Markings on Urban Arterial in Oakland, California: Evaluation of Super Sharrows. *Transportation Research Record*, v. 2492, n. 1, p. 61–68. 2015.
- Haworth, N.; K. C. Heesch.; A. Schramma.; A. K. Debnath. Do Australian drivers give female cyclists more room when passing? *Journal of Transport & Health*, v. 9, p. 203–211. 2018.
- Heesch, K.C., S. Sahlqvist., J. Garrard. Cyclists' experiences of harassment from motorists: findings from a survey of cyclists in Queensland, Australia. *Prev. Med.* 53 (6), 417–420. 2011.
- Heesch, K.C., S. Sahlqvist., J. Garrard. Gender differences in recreational and transport cycling: a cross-sectional mixed-methods comparison of cycling patterns, motivators, and constraints. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* 9 (1), 106. 2012.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/londrina/panorama>. 2019. Acesso em: 29/08/2019.
- Kassim, A.; A. Culley.; S. Mcguire. Operational Evaluation of Advisory Bike Lane Treatment on Road User Behavior in Ottawa, Canada. *Transportation Research Record*. 2019.
- Kassim, A.; K. Ismail.; S. Mcguire. Operational Evaluation of Central Sharrows and Dooring Zone Treatment on Road User Behavior in Ottawa, Canada. *Transportation Research Record*. 2018.
- Kassim, A.; K. Ismail.; S. Woo. Investigation of the Effect of Super Sharrows on Cyclist and Vehicle Behavior. *Transportation Research Record*. 2017.



- Kovaceva, J.; G. Neri.; J. Bärghman.; M. Dozza. Drivers overtaking cyclists in the real-world: Evidence from a naturalistic driving study. *Safety Science*, v. 119, p. 199-206. 2018.
- Lahrman, H.; T. K. O. Madsen; A. V. Olesen; J. Chr. O. Madsen e T. Hels. The effect of a yellow bicycle jacket on cyclist accidents. *Safety Science*, v. 108, n. 1, p. 209-217. 2018.
- Laranjeiro, P. F.; D. Merchán; L.; A. Godoy; M. Giannotti; H. T. Y. Yoshizaky; M. Winkenbach e C. B. Cunha. Using GPS data to explore speed patterns and Temporal Fluctuations in Urban Logistics: the case of São Paulo, Brazil. *Journal of Transport Geography*, v. 76, p. 114-129. 2019.
- Llorca, C.; A. Angel-Domenech.; F. Agustin-Gomez.; A. Garcia. Motor vehicles overtaking cyclists on two-lane rural roads: Analysis on speed and lateral clearance. *Safety Science*, v. 92, p. 302-310. 2017.
- Mehta, K.; B. Mehran.; B. Hellinga. A methodology to estimate the number of unsafe vehicle-cyclist passing events on urban arterials. *Accident Analysis & Prevention*, v. 124, p. 92-103. 2019.
- Mehta, K.; B. Mehran.; B. Hellinga. Evaluation of the Passing Behavior of Motorized Vehicles When Overtaking Bicycles on Urban Arterial Roadways. *Transportation Research Record*, v. 2520, n. 1, p. 8-17. 2015.
- Shackel, S. C. e J. Parkin. Influence of road markings, lane widths and driver behaviour on proximity and speed of vehicles overtaking cyclists. *Accident Analysis & Prevention*, v. 73, p. 100-108. 2014.
- Silva, M. O. M. Bicicleta e espaço urbano: A realidade das cicloviárias e ciclofaixas como equipamentos de mobilidade urbana na cidade de Londrina/PR. 2018. 107 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2018.
- Stewart, K. e A. Mchale. Cycle lanes: Their effect on driver passing distances in urban areas. *Transport*, v. 29, n. 3, p. 307-316. 2014.
- Vayalamkuzhi, P. e V. Amirthalingam. Influence of geometric design characteristics on safety under heterogeneous traffic flow. *Journal of traffic and Transportation Engineering*, v. 3, n. 6, p. 559-570. 2016.
- Walker, I.; I. Garrard e F. Jowitt. 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. 2014.