Um Modelo de Simulação de Tráfego para Avaliação do Efeito de "Cruising for Parking" na Região Central de Curitiba

Bruno Tebecherani[1], **Francisco Malucelli**[2], **Ricardo Lüders**[1]

[1]Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Av. Sete de setembro, 3165 – Rebouças – CEP 80230-901 – Curitiba – PR – Brasil

[2]Sweco Sverige AB
Gjörwellsgatan, 22 - 112 60 - Estocolmo - Suécia

bruno_moreno6@hotmail.com, francisco.malucelli@sweco.se

luders@utfpr.edu.br

Abstract. *The cruising for parking phenomenon causes overcrowding in urban roads due to the searching demand for parking space. This overcrowding is characterized by traffic congestion, vehicle travel delays, increased fuel consumption, and greenhouse gas emissions. This article proposes a traffic simulation model of an urban area of Curitiba to evaluate the effect of cruising for parking. The model is implemented in the PTV VISSIM traffic simulation software package. In a scenario with 30% and 50% of vehicles looking for spaces, there is an average increase of 2 and 3 min in the trip delay, respectively. The emission of CO2 has an increase of 42.9% with 50% of vehicles looking for parking spaces.*

Resumo. *O fenômeno de "cruising for parking" causa uma sobrecarga nas vias urbanas devido à procura por vagas de estacionamento. Esta sobrecarga é caracterizada pelo congestionamento do tráfego e alteração no tempo de viagem dos veículos, além de um maior consumo de combustível e emissão de gases de efeito estufa. Este artigo propõe um modelo de simulação de tráfego de uma área urbana da cidade de Curitiba para avaliar o efeito de "cruising for parking". O modelo é implementado no pacote comercial PTV VISSIM de simulação de tráfego. Em um cenário com 30% e 50% de veículos buscando vagas, tem-se um aumento no atraso médio de deslocamento de 2 e 3 min, respectivamente. Já a emissão de CO2 tem um aumento de 42,9% com 50% dos veículos buscando vagas.*

1. Introdução

O tráfego de veículos em grandes centros urbanos tem se tornado um problema em escala mundial. Em diversas localidades, o poder público procura impor restrições ao tráfego de veículos em regiões centrais com o objetivo de reduzir os efeitos dos congestionamentos, dificuldade de locomoção, lotação das áreas de estacionamento, dentre outros efeitos. Recentemente, tem-se observado uma perturbação no tráfego urbano devido à procura de vagas de estacionamento em áreas delimitadas da via pública. Esta perturbação é decorrente de ações tais como a redução da velocidade do veículo e a movimentação em percursos cíclicos ao redor da região de estacionamento que dificultam a movimentação dos demais veículos da rua. Os efeitos causados pela procura de vagas de estacionamento é conhecido na literatura como *cruising for parking*.

O fenômeno de *cruising for parking* é descrito em [Shoup 2006] como um agravamento do congestionamento em vias urbanas devido ao tráfego gerado por veículos que procuram por vagas de estacionamento na rua. Segundo [Shoup 2006], o fenômeno de *cruising for parking* causa 8 a 74% do congestionamento na via, com média de 30%. Nos estudo mais recentes de [Hampshire and Shoup 2018], a média de 30% do congestionamento causado pelo *cruising for parking* é confirmada, sendo que 8 minutos são gastos em média na procura por vagas.

Este artigo propõe um modelo de simulação de tráfego de uma região central de Curitiba. Para tanto, o pacote comercial PTV VISSIM de simulação de tráfego é utilizado, complementando um estudo anterior com o mesmo simulador [IPPUC 2017], desenvolvido pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC). O modelo proposto define o tráfego gerado pelo *cruising for parking* como uma porcentagem do tráfego normal de veículos (observado sem as vagas de estacionamento), assim como a definição das regras de movimentação dos veículos e a coleta dos indicadores de interesse.

As principais contribuições deste trabalho são: i) modelagem do tráfego de estacionamento de veículos em uma simulação pré-ajustada para Curitiba; ii) avaliação quantitativa do impacto de *cruising for parking* no tempo de viagem, velocidade média, consumo de combustível e emissão de CO_2. Embora os resultados obtidos sejam de uma determinada área urbana de Curitiba, a metodologia adotada pode ser estendida para outras cidades quando se dispõe de um modelo de simulação de tráfego previamente ajustado para o fluxo normal de veículos. Os resultados obtidos podem ser utilizados por gestores públicos na definição dos locais de estacionamento das vias urbanas, visando reduzir a perturbação no fluxo normal de veículos. Como o efeito de *cruising for parking* em geral aumenta o consumo de combustível fóssil, este trabalho pode contribuir para a redução de gases de efeito estufa, melhorando os indicadores das cidades sustentáveis.

O artigo é organizado em seções que descrevem os trabalhos relacionados na Seção 2, o modelo de simulação proposto e a metodologia de modelagem utilizada na Seção 3, os resultados de simulação na Seção 4 e a conclusão na Seção 5.

2. Trabalhos Relacionados

Esta seção contém trabalhos relacionados à simulação de tráfego (macro e micro), aspectos comportamentais na condução dos veículos em busca de vagas de estacionamento e trabalhos relacionados diretamente ao efeito de *cruising for parking*.

Em [Madushanka et al. 2020], uma microssimulação de tráfego no software PTV VISSIM é realizada para avaliar o *cruising for parking* no Sri-Lanka. Uma avenida principal da capital com vagas de estacionamento públicas e paralelas à via é usada como estudo de caso. Os resultados mostram que, a cada 100 veículos que procuram estacionar, o congestionamento da avenida aumenta em 7%. Em [Benenson et al. 2008], um modelo multiagente PARKAGENT é construído como uma aplicação GIS (*Geographic Information System*), cuja função é simular o comportamento de cada condutor. O estudo é alimentado com dados provenientes de pesquisas realizadas nos anos de 2005 e 2006 e mostra a relação entre o ocupante da vaga de estacionamento com morador próximo ou visitante.

Em [Lopez et al. 2019], a análise do impacto de veículos de carga e descarga (caminhões e veículos utilitários leves) é considerada, apresentando modelos no PTV VIS-

SIM para identificação de rotas e atratividade de vagas de estacionamento. Neste estudo, o vício de estacionamento conhecido como "estacionar em faixa dupla" também é considerado. Neste caso, optar por "estacionar" na faixa de rodagem, quando não há vagas disponíveis, é um hábito que impacta negativamente o tráfego nas vias.

O trabalho de[Gu et al. 2021] detalha a análise micoscópica do tráfego urbano ao considerar veículos que estacionam em vagas paralelas à via, replicando alguns vícios de estacionamento dos motoristas. Os autores concluem que é relevante considerar o comportamento particular de cada veículo que procura por vaga, pois trafega em velocidade diferente dos demais veículos e utiliza táticas para buscar vagas próximas aos pontos de interesse.

Preocupações de sustentabilidade são consideradas em [Paidi et al. 2022] ao avaliar as emissões de CO_2 de veículos buscando vagas em um estacionamento privado. O trabalho compara emissões de veículos cujos motoristas possuem conhecimento prévio das vagas livres com veículos que gastam tempo procurando por vagas.

Uma abordagem muito similar à adotada em [Sui et al. 2022] foi utilizada no presente trabalho. Um modelo de simulação desenvolvido no VISSIM é proposto para avaliar o efeito de veículos procurando por vagas no tráfego normal de veículos e na emissão de CO_2. Porém, a calibração do modelo foi feita com dados de GPS dos veículos e imagens de câmeras. Além disso, um melhor posicionamento da entrada de estacionamentos privados é considerada para mitigar o efeito negativo no tráfego normal de veículos.

3. Modelo de Simulação Proposto

Um modelo de simulação procura reproduzir o comportamento real do tráfego na área selecionada. Para tanto, é necessário definir parâmetros de entrada da simulação, tais como o local e taxa de chegada dos veículos, e a lógica de comportamento dos veículos (rotas, aceleração e desaceleração, paradas em semáforos, etc.). Além disso, devem ser definidas as variáveis de desempenho que coletam medidas de interesse, tais como tempo de atraso, velocidade, emissão de poluentes, dentre outras. A metodologia utilizada neste trabalho é a de microssimulação de tráfego desenvolvida no pacote de software PTV VISSIM [1]. Dentre outras características, o PTV VISSIM permite a avaliação do nível de serviço das vias, dos planos semafóricos, geração de dados de velocidade média, tempo de congestionamento da via e aceleração média.

O modelo de simulação foi inicialmente desenvolvido pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC) [IPPUC 2017]. A função "Bureau of Public Roads" foi utilizada para calibrar o modelo, associando o tempo de percurso ao fluxo e capacidade da via. Ajustes manuais foram ainda necessários para adequação de características físicas das vias, tais como sentido de circulação, velocidade regulamentada, conversões proibidas nas interseções, além de outras configurações.

A Figura 1 que mostra a área urbana na simulação. Esta área corresponde a uma região central de Curitiba com 44 cruzamentos, limitada à esquerda pela Rua Vinte e Quatro de Maio, à direita pela Av. Mariano Torres, acima pela Rua André de Barros e abaixo pela Av. Silva Jardim. Para a elaboração do modelo foi necessário a criação de 714 *links*, que são segmentos de 31 ruas da área considerada. A partir dos dados de equi-

[1] https://www.myptv.com/en/mobility-software/ptv-vissim

pamentos de radar da Secretaria de Trânsito (SETRAN) do município, foram utilizados dados de tráfego de 2012 atualizados com dados de 2017. O horário de pico está situado entre 17:15h e 18:15h em intervalos de 15 minutos nos 44 cruzamentos, considerando um volume de tráfego de 152.065 veículos/hora distribuídos proporcionalmente na rede.

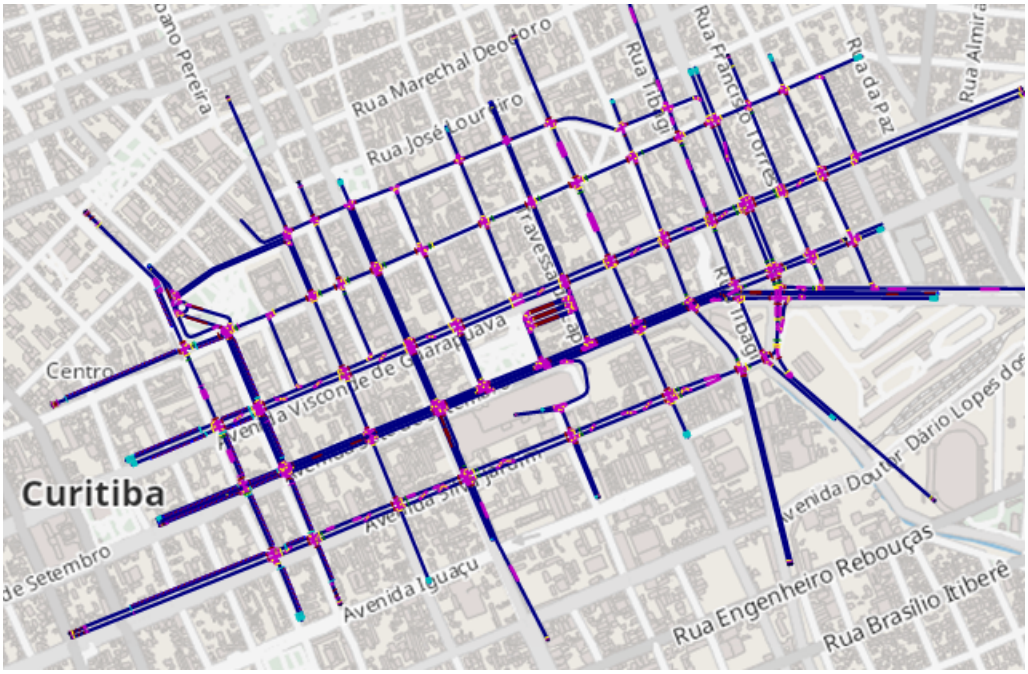

Figura 1. Região central de Curitiba considerada na simulação.

Neste artigo, o modelo inicial do IPPUC é um *baseline*, que foi modificado com vagas de estacionamento e veículos procurando por vagas. Uma matriz de origem e destino é definida com base no conhecimento do tráfego local, estabelecendo as entradas (*Vehicle Inputs* - VIN) e saídas (*Vehicle Outputs* - VOUT) de veículos. Um VIN é criado na extremidade de alguns *links* pré-definidos como, por exemplo, estacionamento de shoppings e alimentam a rede viária. Um VOUT é um ponto final da rota de um veículo que atrai um número pré-determinado de veículos que deixam a simulação. No total, a simulação possui 18 VINs e 17 VOUTs.

O VISSIM conta com 7 tipos de rotas de viagem. Para este modelo, foram utilizadas rotas estáticas e rotas de estacionamento. O modelo contém 205 rotas estáticas que foram definidas no modelo inicial do IPPUC e correspondem ao caminho percorrido por um veículo deste sua entrada em VIN até sua saída em VOUT. Os veículos podem percorrer mais de uma rota estática durante a simulação.

As rotas de estacionamento, detalhadas na Seção 3.2, definem o comportamento de um veículo que procura por vagas na área considerada. Para adaptar o modelo inicial do IPPUC, foram criadas um total de 91 rotas de estacionamento. As vagas de estacionamento foram criadas ao longo das vias para recriar parcialmente as vagas reais de estacionamento da região. A área considerada na simulação apresenta fluxo intenso de veículos, sendo que as vagas de estacionamento interferem não apenas na circulação normal dos veículos, mas também propagam este efeito pelas regiões vizinhas.

Na Figura 2, as vagas de estacionamento estão destacadas em azul. Cada setor

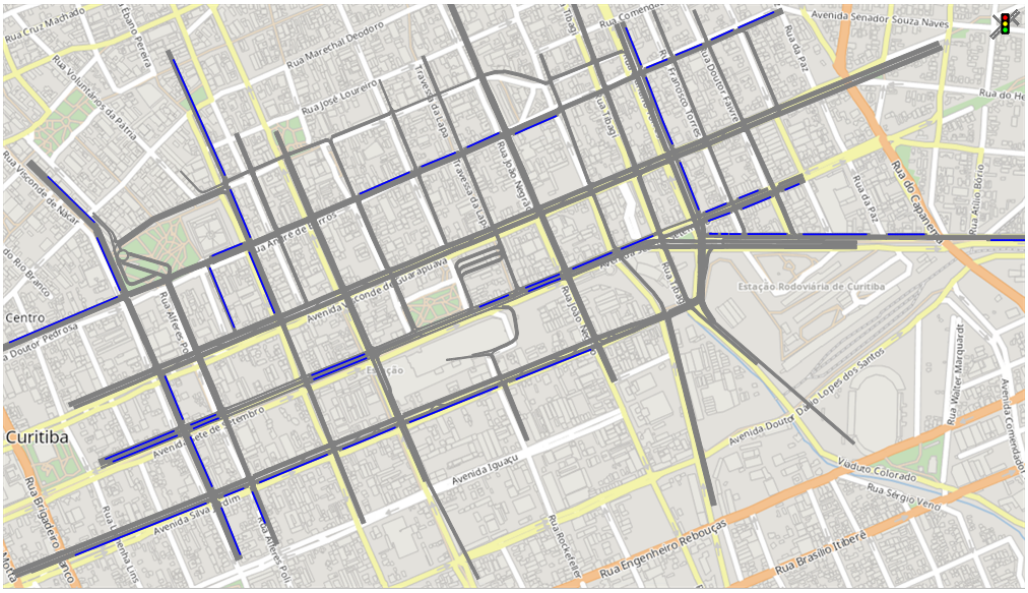

Figura 2. Posicionamento das vagas de estacionamento em azul.

de estacionamento conta com vagas individuais paralelas ao meio fio que permitem que o veículo se desloque para a vaga de sua preferência. A Tabela1 mostra a distribuição das vagas de estacionamento ao longo das vias.

Tabela 1. Número de vagas de estacionamento na região considerada

Via	# Vagas
Avenida Mariano Torres	65
Avenida Presidente Affonso Camargo	79
Avenida Sete de Setembro	238
Avenida Silva Jardim	191
Rua Alferes Poli	14
Rua André de Barros	64
Rua Desembargador Westphalen	96
Rua Doutor Pedrosa	48
Rua Nilo Cairo	60
Rua Vinte e Quatro de Maio	109
Travessa Frei Caneca	26
Total	990

O tempo de ocupação da vaga é dado por uma variável aleatória, cuja distribuição de probabilidade cumulativa é dada pela Figura 3. A maior parte das vagas são ocupadas por até 2 minutos para privilegiar a rotatividade das vagas, podendo chegar a 25 minutos de ocupação, embora em número bem menor.

Uma vez definidas as posições das vagas de estacionamento da área considerada, é preciso especificar na simulação quais veículos farão o uso das vagas, a partir de quais rotas (indicando inclusive a rota a ser seguida em caso de vaga ocupada), e os parâmetros de coleta de dados para gerar os resultados da simulação. Isso é descrito a seguir.

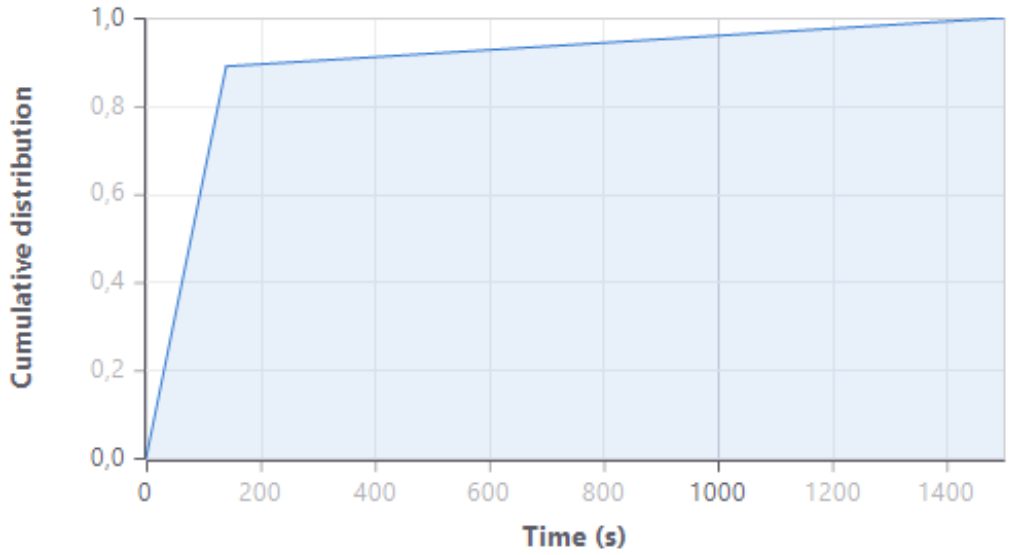

Figura 3. Distibuição do tempo de ocupação das vagas de estacionamento. A maioria das vagas são ocupadas por até 2 min (120 s).

3.1. Classes de veículos

No modelo de simulação, a classe de um veículo é necessária para individualizar o comportamento do veículo. Neste trabalho, foram definidas três classes de veículos: i) veículos VNORM que seguem uma rota regular; ii) veículos VPARK que buscam por vagas; e iii) veículos VROUND que fazem a volta na quadra em busca de vagas de estacionamento. A classe de um veículo determina sua escolha de rotas e comportamento na busca ou não por vagas

A simulação é alimentada exclusivamente por veículos da classe VNORM. As demais classe de veículos são definidas durante a simulação a partir de uma ferramenta de atribuição de decisão (FAD) do VISSIM. Assim, uma porcentagem de veículos VNORM são atribuídos à classe VPARK em algumas FAD, ou seja, passam a procurar vagas de estacionamento em regiões desejadas.

Além disso, 40% dos veículos VPARK que não encontram vagas tornam-se VROUND e devem executar 1 a 4 voltas na quadra, respeitando as condições das rotas pré-definidas descritas na próxima seção. Este porcentual de 40% foi fixado experimentalmente, de forma a expandir parcialmente o tráfego de veículos procurando vagas com voltas na quadra, sem entretanto congestionar demasiadamente as vias. Quando um veículo VPARK ou VROUND estaciona, uma nova FAD é acionada para mudar sua classe para VNORM. Isso evita que haja uma sobrecarga de VPARK na rede. Desta forma, é possível controlar adequadamente cenários com diferentes taxas de veículos que desejam estacionar.

3.2. Rotas de estacionamento

As rotas de estacionamento modelam o comportamento de um veículo VPARK que procura por vaga. De acordo com [Gu et al. 2021], motoristas que bucam por vagas de estacionamento, e não encontram, costumam “dar uma volta na quadra”. Ou seja, após não encontrarem a vaga de sua preferência, o motorista faz uma volta na quadra na esperança

de localizar uma vaga disponível, gerando congestionamento na vizinhança. O Algoritmo 1 implementa o comportamento de um veículo VPARK.

Algorithm 1 Busca por vagas de estacionamento ("cruising for parking")

```
1:  Veiculo = VPARK // veículo procurando vaga
2:  CarroEstacionou = 0
3:  if Vaga disponível then
4:      CarroEstacionou = 1 // conta tempo de estacionamento
5:  else if random() < 0,4 then
6:      Veiculo = VROUND // veículo dá volta na quadra
7:      for RotaPercorrida=1 a 4 do
8:          if Vaga disponivel then
9:              CarroEstacionou = 1 // conta tempo de estacionamento
10:             Break
11:         end if
12:     end for
13: end if
14: Veiculo = VNORM // veículo retoma rota regular  =0
```

Segundo o Algoritmo 1, um veículo VPARK inicia a procura por vaga (linha 1). Caso encontre, o veículo estaciona (linha 4) e volta à rota regular (linha 14) após decorrido o tempo de estacionamento. Caso contrário, uma escolha aleatória, com probabilidade de escolher 40% dos veículos (linha 5), define um veículo VROUND para dar volta na quadra até o limite de 4 voltas. Neste caso, após o veículo estacionar (linha 9) ou não encontrar vaga após 4 voltas, o veículo volta à rota regular (linha 14).

Devido ao planejamento urbano da região escolhida, nem todas as vagas de estacionamento são elegíveis para uma a rota em volta na quadra. Além das 75 rotas criadas para suprir veículos VPARK, 16 rotas adicionais de estacionamento foram criadas para atender veículos VROUND, totalizando 91 novas rotas de estacionamento concentradas nas vias:

- Avenida Mariano Torres;
- Avenida Presidente Affonso Camargo;
- Avenida Sete de Setembro;
- Rua André de Barros;
- Rua Desembargador Westphalen;
- Rua Nilo Cairo;
- Rua Vite e Quatro de Maio; e
- Travessa Frei Caneca.

Desta forma, um aumento gradual é esperado no congestionamento ocasionado pelo efeito *cruising for parking* nas regiões delimitadas pela volta na quadra. Este aumento se dá principalmente pela retroalimentação de veículos em uma mesma via. Consequentemente, este problema traz mais veículos ativos na rede, ou seja, veículos que demoram a deixar a área, transformando o tráfego mais congestionado.

4. Resultados e Discussões

Os resultados foram gerados para três cenários de carregamento das vias com tráfego de veículos procurando vagas, conforme a Tabela 2. O cenário 1 corresponde ao estudo ini-

cial realizado pelo IPPUC (*baseline*), onde não há veículos procurando vagas. No cenário 1, tem-se 152.065 veículos/hora entre 17:15 e 18:15 (horário de pico) com 15 minutos de *warm-up*. Neste cenário, 3.891 veículos se acumulam em média na área considerada, ou seja, é o número médio de veículos na rede (balanço entre veículos que entram e deixam a rede).

Tabela 2. Três cenários com diferentes porcentagens de veículos VPARK que desejam estacionar

Cenário	VPARK	No. médio veículos acumulados	Ocupação média vagas
1	0%	3.891	0%
2	30%	4.807	38%
3	50%	5.307	52,38%

Nos cenários 2 e 3, 30% e 50% dos veículos são escolhidos para a classe VPARK, respectivamente. O aumento no número médio de veículos acumulados na rede de 3.891 para 4.807 e 5.307 veículos nos cenários 2 e 3, respectivamente, é devido principalmente à quantidade de veículos estacionados ou procurando vagas. Ou seja, há um acúmulo de veículos na área urbana à medida que aumenta o número de veículos que desejam estacionar. Como consequência, as vagas de estacionamento ficam ocupadas em média 38% e 52,8% nos cenários 2 e 3, respectivamente.

Os resultados da simulação usados para avaliar o efeito de *cruising for parking* são dados em termos do atraso médio de deslocamento (em relação às vias livres), da velocidade média dos veículos, distância total percorrida e da emissão de CO_2, de acordo com [Sui et al. 2022]. Em [Sullivan et al. 2004] obtém-se que a média da emissão de CO_2 com gasolina é de 220 g/km. O Software PTV Vissim disponibiliza a razão em que a emissão de CO_2 aumenta em relação ao *baseline*, 29,2% no Cenário 2 e 42,9% no Cenário 3. A Tabela 3 mostra os resultados obtidos para os três cenários.

Tabela 3. Resultados de cada cenário com os valores das métricas de avaliação do efeito de *cruising for parking*

Cenário	Atraso médio (min)	Velocidade média (km/h)	Distância Total Percorrida(km)	Emissão de CO_2 (g/km)
1	6,1	9,61	22.145,21	220,00
2	8,1	6,44	19.168,29	284,18
3	9,0	5,95	18.427,08	314,45

De acordo com a Tabela 3, um aumento no número de veículos procurando vagas eleva o valor do atraso, consumo e emissão de CO_2 e reduz a velocidade média dos veículos. Este efeito é esperado. Porém, o impacto é diferente nas diferentes métricas. Quando há 30% de veículos procurando vagas no cenário 2, há um aumento de 33% no atraso médio de deslocamento de 6,1 min para 8,1 min e consequente redução de 33% na velocidade média. No cenário 3, com 50% dos veículos procurando vagas, o impacto se agrava e temos um aumento de 47,5% no atraso médio e uma redução de 38,1% na velocidade média em relação ao cenário 1.

As Figuras 4, 5 e 6 mostram a distribuição espacial do atraso relativo na área considerada para os cenários 1, 2 e 3, respectivamente. O atraso é um indicador importante

nos estudos de tráfego urbano, pois mede indiretamente o congestionamento, fazendo com que veículos se acumulem na área considerada. O atraso relativo é a porcentagem de agravo no tempo de viagem em relação ao fluxo livre.Ao comparar as Figuras 4, 5 e 6, nota-se um agravamento do atraso relativo em áreas que já mostram atraso elevado (em tons de vermelho escuro). Porém, nota-se também um agravamento do atraso em vias que não possuem vagas de estacionamento, como é o caso da Av. Visconde de Guarapuava situada no centro da imagem, da esquerda para a direita (veja a Figura 1 para referência). Isso sugere que o efeito de *cruising for parking* tem impacto também na vizinhança das áreas de estacionamento.

5. Conclusão

Este artigo propôs um modelo de simulação de tráfego para avaliar o efeito de *cruising for parking* em uma área central de Curitiba. O modelo de simulação foi desenvolvido no pacote PTV VISSIM. De maneira geral, os resultados mostram que um aumento no número de veículos procurando vagas eleva o valor do atraso de deslocamento, consumo e emissão de CO_2, e reduz a velocidade média dos veículos, conforme esperado. Porém, a variação destas métricas em relação ao cenário sem procura por vagas é diferente. Com 30% de veículos procurando vagas, o atraso de deslocamento aumenta em 2 min em relação ao cenário sem procura por vagas, chegando a cerca de 3 min com 50% de veículos procurando vagas. O consumo de combustível e emissão de CO_2 estão relacionados e sofrem um aumento de 42,9% (em relação ao cenário sem procura por vagas) no cenário com 50% de veículos procurando vagas. Embora o impacto 2 a 3 min possa não ser relevante no deslocamento urbano, 42,9% de aumento nos gases poluentes tem um impacto considerável de escala (em áreas urbanas maiores). Além disso, observa-se um aumento no congestionamento em áreas sem vagas de estacionamento. Isso sugere que o efeito de *cruising for parking* tem impacto também na vizinhança das áreas de estacionamento. Como limitações do trabalho, pode-se citar o uso de dados de 2012, com atualizações de 2017, que não capturam a situação atual de 2023 do tráfego em Curitiba. Além disso, as considerações adotadas de tempo de permanência predominante de 2 min nas vagas e 40% de tráfego de estacionamento pode limitar a relevância dos resultados a casos particulares. Como trabalhos futuros, a propagação do efeito de *cruising for parking* nas vizinhanças das áreas de estacionamento deve ser melhor investigada, assim como a consideração de outros cenários de estacionamento e procura por vagas.

Agradecimentos

B.T. agradece o apoio da CAPES e da empresa PTV do Brasil. Este trabalho é apoiado pelo Projeto *Smart City Concepts in Curitiba*, IPPUC e Prefeitura de Curitiba.

Referências

[Benenson et al. 2008] Benenson, I., Martens, K., and Birfir, S. (2008). Parkagent: An agent-based model of parking in the city. *Computers, Environment and Urban Systems*, 32:431–439.

[Gu et al. 2021] Gu, Z., Safarighouzhdi, F., Saberi, M., and Rashidi, T. H. (2021). A macro-micro approach to modeling parking. *Transportation Research Part B: Methodological*, 147:220–244.

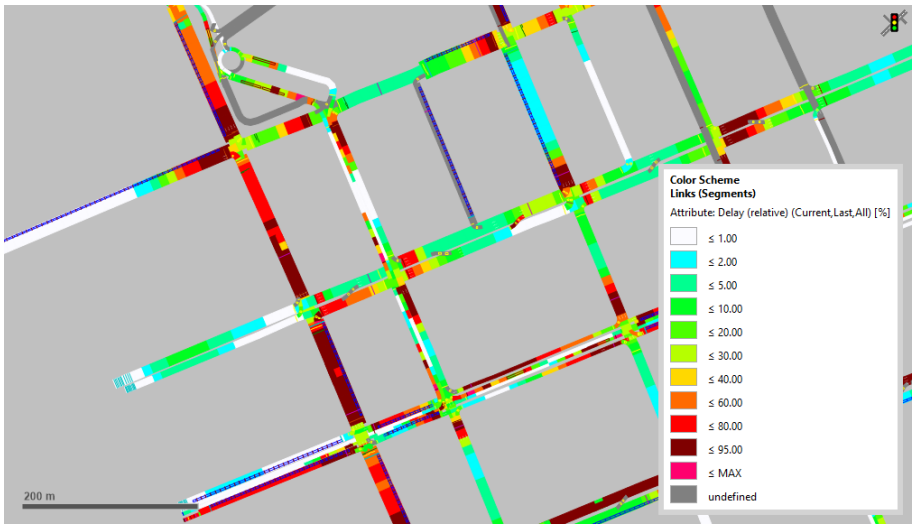

Figura 4. Mapa de calor do aumento porcentual do atraso médio em relação ao fluxo livre no cenário 1.

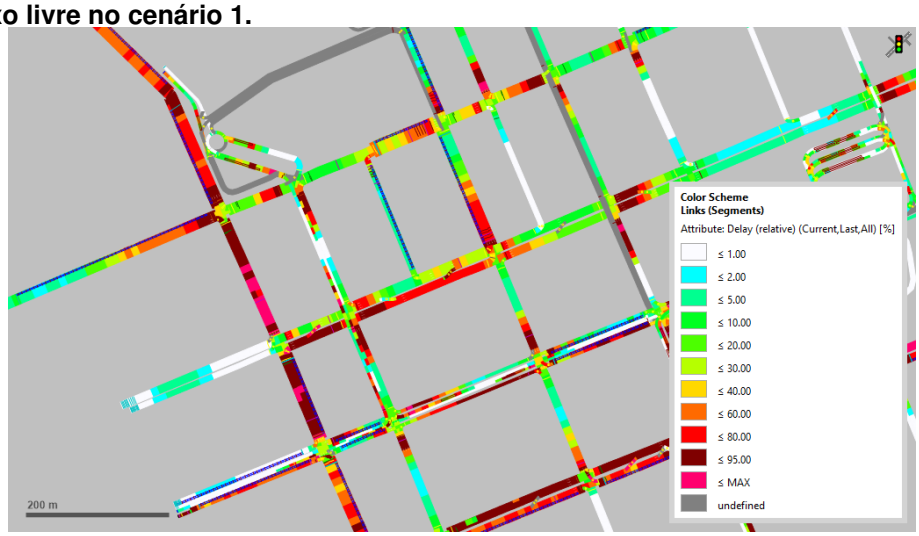

Figura 5. Mapa de calor do aumento porcentual do atraso médio em relação ao fluxo livre no cenário 2.

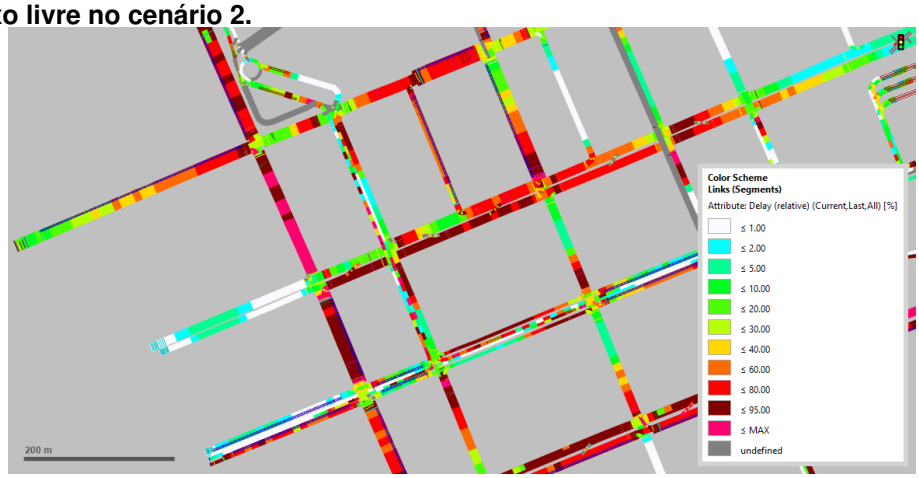

Figura 6. Mapa de calor do aumento porcentual do atraso médio em relação ao fluxo livre no cenário 3.

[Hampshire and Shoup 2018] Hampshire, R. C. and Shoup, D. (2018). What share of traffic is cruising for parking? *Journal of Transport Economics and Policy*, 52(3):184–201.

[IPPUC 2017] IPPUC (2017). Estudo de tráfego: Estação central. Technical report, Curitiba.

[Lopez et al. 2019] Lopez, C., Zhao, C. L., Magniol, S., Chiabaut, N., and Leclercq, L. (2019). Microscopic simulation of cruising for parking of trucks as a measure to manage freight loading zone. *Sustainability (Switzerland)*, 11.

[Madushanka et al. 2020] Madushanka, P. H. S., Jayaratne, D. N. D., and Pasindu, H. R. (2020). Study of the impact roadside parking has on traffic flow characteristics - a vissim simulation based approach. pages 419–424. IEEE.

[Paidi et al. 2022] Paidi, V., Håkansson, J., Fleyeh, H., and Nyberg, R. G. (2022). Co2 emissions induced by vehicles cruising for empty parking spaces in an open parking lot. *Sustainability*, 14:3742.

[Shoup 2006] Shoup, D. C. (2006). Cruising for parking. *Transport Policy*, 13:479–486.

[Sui et al. 2022] Sui, X., Ye, X., Wang, T., Yan, X., Chen, J., and Ran, B. (2022). Microscopic simulating the impact of cruising for parking on traffic efficiency and emission with parking-and-visit test data. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19.

[Sullivan et al. 2004] Sullivan, J. L., Baker, R. E., Boyer, B. A., Hammerle, R. H., Kenney, T. E., Muniz, L., and Wallington, T. J. (2004). CO2 emission benefit of diesel (versus gasoline) powered vehicles. *Environmental Science and Technology*, 38:3217–3223.