

CARACTERIZAÇÃO DE PEDESTRES OBEDIENTES E OPORTUNISTAS EM TRAVESSIAS SEMAFORIZADAS DE FORTALEZA

Kaio Gefferson de Almeida Mesquita
Francisco Altanízio Batista de Castro Júnior
Moisés Gomes de Holanda Cunha
Universidade Federal do Ceará

RESUMO

O crescente aumento da taxa de motorização em países em desenvolvimento aumentou o risco de acidentes para usuários de modos de transporte vulneráveis, como os pedestres. Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo caracterizar o comportamento dos pedestres obedientes e oportunistas em travessias semaforizadas de Fortaleza. Para realizar essa caracterização foram utilizados dados coletados através de vídeos gravados pelas câmeras de monitoramento da Prefeitura do município. Foram selecionadas travessias estratégicas, que possuem um maior fluxo de pedestres e de carros. Hipóteses foram testadas a fim de conhecer melhor o fenômeno a ser estudado. Para os testes dessas hipóteses foram utilizadas ferramentas como: tabela de contingência, teste chi-quadrado, análises descritivas e modelo *logit*. Os resultados revelam que não há correlação de dependência entre o sexo dos pedestres e o seu comportamento, mas há uma maior tendência de pedestres com faixa etária avançada serem mais obedientes.

ABSTRACT

The increase on the motorization level in the developing nations has played an important role in the rise of the accident risk for the transportation system's most vulnerable users, like pedestrians. Hence, this paper has as objective, characterizing the obedience behavior of pedestrians in signalized crossings in Fortaleza. To undertake this analysis, it was adopted data collected from videos recorded by traffic monitoring cameras of the city. The crossings selected for this study were the ones with the highest flow of vehicles and pedestrians. Hypotheses were tested to better understand the studied phenomenon. To test these hypotheses, it was adopted tools such as the contingency table, the chi-square statistical test, descriptive analysis and the logit model. The results revealed that there is no correlation between the gender and the obedience behavior. However, the results exposed there is a trend of obedience among the elderly pedestrians.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Organização Mundial de Saúde, uma estratégia chave para alcançar um sistema seguro é minimizar os conflitos entre pedestres e veículos. Nesse contexto, a avaliação dos riscos de colisão entre pedestres e automóveis oferece uma ferramenta poderosa e informativa nos regimes de planejamento urbano e pode ser aproveitada para informar o posicionamento adequado de melhorias e projetos de tratamento para melhorar a segurança dos pedestres (MURPHY *et al.*, 2017).

Segundo Zhang (2005), acidentes de trânsito envolvendo pedestres tornaram-se um grande problema de segurança em todo o mundo, principalmente nos países em desenvolvimento, como o Brasil, devido à alta densidade populacional, rápida urbanização e falta de aderência às regras de trânsito por motoristas e pedestres. As estatísticas indicam que um terço dos acidentes de trânsito em todo o mundo envolvem pedestres, os quais têm a gravidade definida predominantemente pela velocidade veicular conflitante no momento de sua ocorrência. Para um veículo trafegando a 40 km/h, a distância de parada é 23% menor do que um veículo trafegando a 48km/h, ou seja, a redução de velocidade implica que muitos acidentes podem ser evitados (WRI BRASIL, 2015).

Os pedestres em interseções semaforizadas podem ser classificados em dois tipos: os obedientes

à semaforização e os oportunistas. Os oportunistas decidem realizar a travessia durante o tempo de vermelho do sinal, desrespeitando o tempo semafórico reservado à passagem de veículos e não de pedestres. Tal comportamento é influenciado por vários fatores, os quais se configuram como requisitos para sua compreensão (Liu *et al.*, 2000; Yang *et al.*, 2006). Jacobsen (2011) descreve que esse comportamento violador tem forte relação na movimentação dos pedestres durante os seus deslocamentos. Fatores como a velocidade de deslocamento, a qual dita tempo de travessia, e a interação com outros pedestres, que caracterizam a travessia em grupo, têm relação mútua com esse tipo de comportamento.

A compreensão do comportamento dos pedestres oportunistas é essencial em um contexto em que diversas cidades, localizadas principalmente em países de Terceiro Mundo, têm experienciado consideráveis incrementos na taxa de motorização de suas populações. De acordo com Torres *et al.* (2019), os investimentos em eficiência econômica muitas vezes são realizados com o intuito de melhorar a segurança dos mais vulneráveis, no caso, os pedestres. Apesar disso, nos últimos anos, os deslocamentos a pé estão se tornando cada vez mais perigosos em muitas cidades ao redor do mundo.

Diante do exposto, o objetivo desse trabalho é caracterizar o comportamento dos pedestres em oportunistas e obedientes, dentro da região centro-comercial de Fortaleza. Para contemplar esse objetivo, o trabalho está dividido em sete tópicos. Passando pela introdução e desenvolvimento da problemática, e revisão da literatura a respeito dos fatores que influenciam nesse comportamento, no tópico 2. Nos tópicos 3, 4, 5 e 6 serão apresentado o método de análise, separados em contextualização da região de estudo, análises exploratórias e modelagem, respectivamente. Por fim, serão apresentadas as considerações finais no tópico 7 e a proposição de pesquisas complementares.

2. FATORES QUE INFLUENCIAM O COMPORTAMENTO DE PEDESTRES

Múltiplos fatores podem influenciar o comportamento dos pedestres nas travessias. Para Jacobsen (2011) os atributos que podem influenciar a maneira como os pedestres se movimentam podem ser subdivididos em dois grupos: i) características dos pedestres, como idade, gênero e motivo do deslocamento e ii) características do ambiente, como declividade, número de faixas e a possibilidade de conflito com outros modos em caso de travessia.

Jay *et al.* (2020) estudou o comportamento de hesitação e aceleração na travessia de pedestres na França e no Japão em travessias durante tempo de vermelho. Foi descoberto que existe uma tendência dos pedestres a aumentar a velocidade de caminhada quando existem mais pessoas realizando a travessia. Além disso, o estudo também evidenciou que os pedestres japoneses têm um período mais longo de incerteza e hesitam mais em violar o sinal vermelho comparados com os pedestres franceses.

Zafri *et al.* (2020) realizaram um estudo em Bangladesh, na cidade de Dhaka, usando um modelo de regressão logístico para encontrar os fatores que mais influenciam no comportamento de risco na travessia. Os fatores apontados foram o tipo de controle da interseção, o tamanho da via, o fluxo veicular, a brecha disponível, a idade, o número de pessoas atravessando e se atravessavam na faixa de pedestres. Esse trabalho demonstrou que pessoas mais novas têm cinco vezes mais chances de realizar uma travessia perigosa.

Alguns estudos se concentraram na investigação da influência das características dos pedestres

na travessia em tempo de vermelho em interseções semaforizadas. Bernhoft *et al* (2008) descobriram em seu estudo que pedestres mais velhos tendem a ser mais cautelosos que pedestres mais novos. No estudo dos autores Rosenbloom *et al.* (2004), pedestres do sexo masculino são mais suscetíveis a violar a sinalização do que pedestres do sexo feminino.

Estudos demonstram a influência da atitude de violação da sinalização dos fatores do ambiente construído. Esses fatores são o uso do solo, a densidade de pedestres, as condições do pavimento, existência de faixas de pedestres e canteiros (Mukherjee e Mitra, 2020; Vignali *et al.*, 2020; Zhang *et al.*, 2019). Outro fator importante é o tempo disponível de travessia, onde diversos estudos demonstram a sua importância (Koh e Wong, 2014; Mukherjee e Mitra, 2019, 2020; Patra *et al.*, 2019).

Com relação às características do ambiente, Bandeira (2019) lista alguns outros atributos, além dos fatores descritos anteriormente, são eles: programação semafórica, demanda de pedestres, fluxo veicular e presença de veículos estacionados. De acordo com Yang *et al.* (2006) e Zhuping *et al.* (2011), a obediência dos pedestres está relacionada à pressa dos indivíduos e fluxo veicular baixo. É importante ressaltar que a pressa dos usuários, fluxo veicular e a presença de veículos estacionados são características que estão relacionadas com as atividades realizadas nas vizinhanças. Portanto, acredita-se que ainda é importante acrescentar uma outra característica na categoria de características do ambiente, o uso do solo na vizinhança. Outros estudos analisaram o comportamento dos pedestres pela teoria do comportamento planejado (TPB), utilizando questionários, assim, obtendo uma resposta através da percepção dos próprios usuários da via (Demir *et al.*, 2019; Zhou *et al.*, 2016).

3. METODOLOGIA

A metodologia proposta para esse trabalho consistiu em 4 fases: Contextualização, Análise Exploratória, modelagem e, por fim, considerações finais. Na primeira etapa da contextualização, foram elaboradas as hipóteses que orientam esse estudo, baseando-se na análise de revisão da literatura empreendida anteriormente, na qual essas hipóteses são apresentadas. Em seguida, os dados referentes às travessias e aos pedestres foram coletados. No final, foi efetuada uma caracterização de cada interseção do estudo quanto ao uso do solo nas adjacências e suas medidas geométricas.

A segunda fase, a Análise Exploratória, compreendeu primeiramente uma análise estatística descritiva das variáveis coletadas para então efetuar o teste de correlação estatística categórico, a fim de investigar as hipóteses elaboradas. Em seguida, na modelagem, foi efetuada por meio do modelo *logit* do tipo categórico, para evidenciar questões não representadas na última análise. Por fim, com base nos resultados obtidos, foram elaboradas conclusões a respeito do comportamento de travessia dos usuários. Essa proposta está ilustrada na Figura 1.

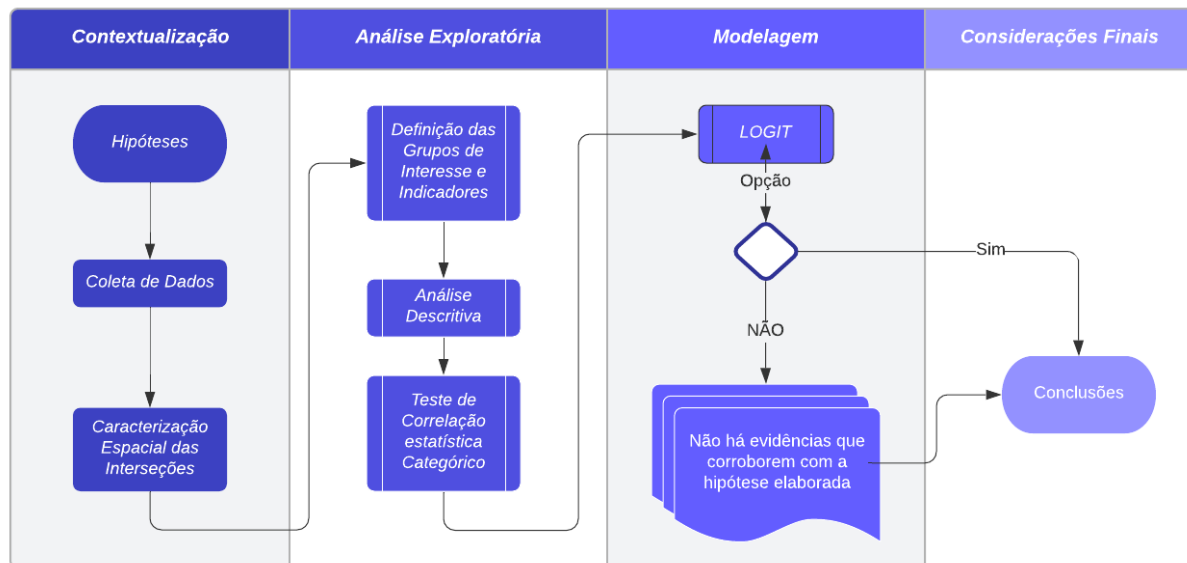


Figura 1: Método de caracterização da obediência de pedestres em travessias semaforizadas em Fortaleza.

Caso não fossem encontradas evidências que corroboram com uma dada hipótese, foi considerado que não haviam evidências estatísticas significativas o suficiente para atestar a validade desta hipótese. Na última fase do estudo, a modelagem, modelos categóricos do tipo *logit* foram desenvolvidos para avaliar as chances dos pedestres serem oportunistas. Considerando variáveis explicativas como sexo, idade, se estava realizando a travessia sozinho ou em grupo, a velocidade de travessia e a interseção.

Duas medidas de ajuste foram implementadas para se avaliar a qualidade dos modelos *logit*: (i) Pseudo R², baseado no R² de McFadden; e (ii) teste da razão de verossimilhança, que compara a verossimilhança do modelo proposto com a do modelo restrito (nulo). Nos modelos, se adotou nível de confiança de 90% para as variáveis. A variável dependente foi o comportamento de obediência de pedestres, enquanto que as variáveis independentes foram de acordo com cada hipótese proposta sobre o fenômeno, variando de atributos individuais como gênero e idade a aspectos geométricos e de uso do solo das redondezas dos cruzamentos. As variáveis que apresentaram todas as categorias não significativas foram retiradas e novos coeficientes foram estimados. No entanto, aquelas que apresentaram pelo menos uma categoria significativa foram mantidas.

4. CONTEXTUALIZAÇÃO

Nessa primeira fase do estudo foram elaboradas as hipóteses que embasam as análises posteriores. Além disso, nessa etapa os dados para a investigação das hipóteses foram coletados, bem como a caracterização geométrica das interseções e das atividades que acontecem na vizinhança das interseções, analisando os usos dos lotes nas proximidades.

4.1 Hipóteses sobre o comportamento de pedestres em travessia de Fortaleza

A partir da análise de revisão da literatura deste trabalho, foram levantadas hipóteses sobre o comportamento dos pedestres obedientes e oportunistas a serem testadas a partir de ferramental estatístico. As hipóteses levantadas estão descritas a seguir:

- 1) Existe uma relação de dependência entre o sexo do pedestre e a obediência;
- 2) Quanto maior a faixa etária dos pedestres mais propenso a respeitar a sinalização;

- 3) Quanto maior a distância de travessia, menor é a porcentagem de pedestres oportunistas;
- 4) Os pedestres oportunistas tem uma velocidade de caminhada superior à dos pedestres obedientes.

As duas primeiras hipóteses dizem respeito a uma característica do pedestre, que já foram salientadas em outros estudos (Rosenbloom *et al.*, 2004; Bernhoft *et al.*, 2008), a fim de verificar sua validação para a região de estudo do município de Fortaleza. A terceira hipótese está relacionada a uma característica da interseção, assim como definido no estudo de Bandeira (2019). A quarta hipótese está relacionada a uma característica dos pedestres, que embora já tenha sido citado em outros estudos (Jacobsen, 2011; Zafri *et al.*, 2020), não houve confirmação de sua influência no comportamento dos pedestres. É válido ressaltar que embora essas hipóteses tenham sido testadas em outros estudos, o fenômeno pode mudar de acordo com a região em análise.

4.2. Coleta de Dados

Os primeiros dados a serem coletados foram os dados referentes ao comportamento dos pedestres. Estes foram coletados das câmeras de videomonitoramento do CTAFFor (instituição municipal responsável por monitorar e gerenciar o tráfego e os semáforos em Fortaleza). As informações obtidas foram referentes a demanda (fluxo de pedestres por hora) durante os intervalos de coleta, padrão de chegada, atraso (segundos), formação de pelotão, tipo de travessia (durante verde, verde intermitente e vermelho) e características dos pedestres (gênero e idade). Em específico a variável de idade, foi possível identificar por meio da observação, já que as faixas etárias definidas estavam bastante espaçadas (<18; 19-59; >59). Os dados foram coletados por um grupo de 8 pessoas, com contagens do período da hora pico da tarde (13:00 às 14:00), durante dias úteis de uma semana. Posteriormente foram levantados os dados de taxa de chegada, baseado no tempo de espera dos pedestres, em segundos, por contagem utilizando macros. Vale ressaltar que foram evidenciados apenas veículos individuais motorizados, ônibus e caminhões durante o período de vermelho para os pedestres como fator de influência de travessia.

Os dados referentes ao uso do solo e à geometria das interseções foram obtidos através da base georreferenciada de uso do solo (em formato *shape file*) da SEFIN (Secretaria de Finanças do município de Fortaleza) e do Google Maps, onde foi possível coletar dados como largura das travessias, número de faixas e existência de canteiros, medida em metros, como largura total, por meio da ferramenta de régua do Google Earth. Por último, foi utilizada uma base de dados dos usos por lote proveniente da Secretaria de Finanças do Município, referente ao ano de 2015 para caracterizar o uso do solo nas proximidades. Vale ressaltar que após a coleta da largura de travessia e o respectivo tempo de travessia de cada pedestre, foi possível delimitar uma velocidade média por interseção.

4.3. Caracterização Espacial das Interseções

A terceira subetapa da caracterização comportamental dos pedestres foi a contextualização preliminar dos cruzamentos, quando foi analisado aspectos geométricos dos cruzamentos e de uso do solo não-residencial nos lotes próximos às travessias, se baseando nas hipóteses de estudo relacionadas a esses atributos. A porcentagem de uso do solo não residencial, as representações dos logradouros de cada interseção, assim como o tamanho das pistas, e número de ciclofaixas estão dispostas respectivamente na Tabela 1, a seguir:

Tabela 1: Cruzamentos analisados

Código	Logradouro A	Logradouro B	Ciclof aixas	Não Residencial	Faixas	Distância Travessia (m)
C12	Av. Dom Luís	Av. Des. Moreira	1	86%	4	15,75
C06	Av. Dom Manuel	Av. Monsenhor Tabosa	0	81%	3	17,5
C21	Av. da Universidade	Av. 13 de maio	0	100%	4	17,5
C31	Av. Des. Moreira	Av. Antônio Sales	1	100%	3	12,5
C35	Abolição	Av. Barão de Studart	0	82%	4	19

Um aspecto interessante de ser apontado é que as interseções C06 e C31 detêm uma ciclofaixa cada, alterando o espaço de travessia. Essa característica foi englobada no espaço geométrico da análise. Vale ressaltar que a região de estudo é compreendida pela zona central de Fortaleza, tendo alta monitorização e disponibilidade de dados, característica pelo forte comércio e alto fluxo de pedestres devido a concentração das atividades, estando as interseções C21 e C31 em lotes totalmente não-residenciais. A Figura 2, evidencia a divisão entre aspectos do uso do solo do centro de Fortaleza, tendo uma maior distribuição no tipo Comercial, Misto e Residencial.



Figura 2: Distribuição do Uso do Solo na região de estudo

Diante dos dados acima, nota-se que o cruzamento C06, Av. Dom Manoel com Monsenhor Tabosa é o que possui maior uso residencial dentre os cruzamentos analisados. Já as interseções C21, Av. Da Universidade com Av. 13 de Maio e C31, Av. Des. Moreira com Av. Antônio Sales são os cruzamentos com a maior porcentagem de uso do solo não residencial. A proporção referente a Av. 13 de maio, provavelmente se deve ao fato desse cruzamento estar situado muito próximo ao campus do Benfica da UFC (Universidade Federal do Ceará) e ao Shopping Benfica. O maior comprimento de travessia encontra-se na avenida Abolição, C31, medindo aproximadamente 19m. A menor distância de travessia corresponde a interseção da avenida Antônio Sales com a Des. Moreira, com 9 m de comprimento.

Essas características, principalmente o comprimento de travessia, podem impactar em como os pedestres se comportam. Outro atributo que pode influenciar o comportamento de travessia de pedestres é o tempo semafórico, que varia conforme a interseção. Acredita-se ainda que características de distribuição espacial de atividades da vizinhança, possam, igualmente, influenciar esse comportamento, sendo essa análise prévia, portanto, essencial para a compreensão do comportamento dos pedestres.

5. ANÁLISE EXPLORATÓRIA

Nesta etapa de análise é preciso tornar evidente que os dados agrupados são valores amostrais, sendo delimitada como população os pedestres da região do comércio central de Fortaleza na hora pico da tarde. Nesta etapa, se fez uso de técnicas de análise estatísticas que fornecessem parâmetros para que fosse possível tomar uma decisão sobre a validade das hipóteses propostas, iniciando por uma análise descritiva, e finalizando com a criação de tabela de contingência e o teste Chi-quadrado. Essas técnicas foram selecionadas pelo fato de serem as mais adequadas para analisar variáveis do tipo categóricas. O teste Chi-quadrado foi feito com o auxílio do *software* estatístico *R Studio*.

5.1. Definição dos grupos de interesse e Indicadores

A primeira etapa da análise exploratória foi a definição das categorias de interesse. Isso é necessário, uma vez que as características as quais serão analisadas neste trabalho são de ordem qualitativa, e é necessário definir essas categorias primeiro, com base nas hipóteses levantadas, para que seja possível investigar cada grupo de interesse, e se comportam-se de maneira distinta ou não. Portanto, de posse das hipóteses levantadas anteriormente, definiu-se as seguintes categorias de interesse, que deram margem aos indicadores por categoria: faixa etária, agrupamento de travessia e gênero dos indivíduos. Adotou-se ainda o indicador de velocidades médias dos pedestres (relação entre a distância de travessia e o tempo de travessia) para testar a hipótese relativa à velocidade de caminhada dos pedestres, além da distância de travessia, englobando o aspecto do ambiente.

5.2. Análise Descritiva

Foi realizado uma descrição das variáveis, a nível de agregação decimal, divididas em grupos, por se tratarem de variáveis categóricas, além de uma análise de forma, valendo ressaltar que para esta última, apenas as velocidades dos pedestres foram consideradas. Na Figura 3, está um resumo do levantamento das variáveis divididos quanto a característica da travessia (modo semafórico, durante a travessia), características do pedestre (gênero, idade e grupo), além do próprio ciclo semafórico representados pelas cores marrom, azul e cinza, respectivamente.

Variáveis		C12	C06	C21	C31	C35
Número de Pedestres em Travessia	Verde	0,97	0,83	0,96	0,32	0,65
	Intermitente	0,02	0,02	0,01	0,03	0,03
	Vermelho	0,02	0,15	0,03	0,09	0,30
	Não Informado	0,00	0,00	0,01	0,55	0,03
Gênero	Masculino	0,50	0,63	0,40	0,51	0,68
	Feminino	0,51	0,37	0,60	0,49	0,33
Idade	<18	0,05	0,02	0,01	0,14	0,10
	19-59	0,81	0,87	0,96	0,81	0,85
	>59	0,15	0,11	0,03	0,05	0,05
Grupo	Sozinho	0,32	0,61	0,74	0,50	0,38
	2 ou mais	0,68	0,39	0,26	0,50	0,63
Ciclo Semafórico - carros (s)	Vermelho	65	73	109	62	73
	Intermitente	3	3	3	3	3
	Verde	80	55	46	66	54

Figura 3: Proporção das variáveis levantadas por interseção

A Figura 3 pode ser analisada por grupo de interesse ou por linha demonstrando a relação de cada componente em todas as interseções. Fica evidente que as interseções C06 e a C35 tiveram valores maiores de pedestres atravessando no sinal vermelho, onde as duas citadas correspondem a uma região com uso do solo parcialmente residencial e a segunda com

interseção de maior distância de travessia, tendo possivelmente um maior fluxo de veículos e maior tempo de atraso dos pedestres. A partir da tabela, também, é possível evidenciar que mais de 80% dos pedestres dessa hora pico estão na faixa etária entre 19 e 59 anos. Existe um maior fluxo de pessoas caminhando em grupos nas travessias de maior distância. As duas interseções com maiores número de pedestres oportunistas, detém ciclos semaforicos com tempos de vermelho altos e tempos de verde menores que 1 minuto, ou seja, embora a travessia C21 contrarie esse levantamento, há evidências que para outras interseções o ciclo semaforico pode ter influência sobre a travessia dos pedestres, referente ao curto espaço de tempo para atravessar, e longo período de espera.

Além disso, se investigou as diferenças entre as velocidades de caminhada de pedestres obedientes e de pedestres oportunistas. Para isso, se construiu gráficos do tipo *Box Plot* com as velocidades de caminhada de cada uma dessas categorias de pedestres. Esses gráficos podem ser melhor observados na Figura 4, abaixo.

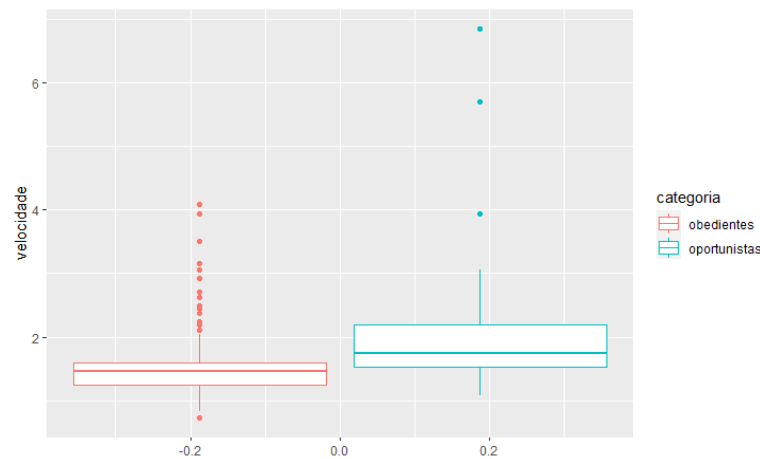


Figura 4: Relação entre a velocidade (m/s) de pedestres obedientes e oportunistas

Ao comparar os *Box Plot's* da velocidade de caminhada dos pedestres obedientes com a dos pedestres oportunistas, se pode notar que a velocidade dos pedestres oportunistas é maior que a de pedestres obedientes, uma vez que o primeiro quartil do *Box Plot* da velocidade de caminhada dos pedestres oportunistas está próximo do terceiro quartil do *Box Plot* dos pedestres obedientes, indicando que os pedestres oportunistas podem caminhar mais rápido do que os pedestres obedientes nesses cruzamentos. Isso ocorre muito provavelmente devido a pressa para aproveitar a brecha deixada entre os veículos e atravessar a rua, enquanto que os pedestres obedientes não precisam se preocupar com isso, pois tem a sinalização a seu favor. Vale ressaltar também que a variabilidade das velocidades dos pedestres oportunistas é superior a dos pedestres obedientes.

5.3 Análise de Correlação Estatístico Categórico

Nesta subetapa foram realizados testes estatísticos para variáveis categóricas a fim de investigar a validade das hipóteses propostas. O teste adotado foi o teste chi-quadrado realizado a partir das tabelas de contingência. Foram realizados dois testes, um para a hipótese de que há uma influência do sexo sobre a tendência de serem violadores, e um outro em relação a quanto maior a distância de travessia que uma via tiver, menor será o número de pedestres violadores. A hipótese à respeito da idade dos pedestres influenciar na obediência, foi contemplada na modelagem *logit*. A seguir na Tabela 2 estão a relação dos valores para gênero e local.

Tabela 2: Tabela de Contingência para locais e gênero

Variáveis	Obedientes	Oportunistas	Total
C12	132	4	136
C06	39	7	46
C21	196	4	200
C31	248	26	274
C35	28	12	40
Masculino	337	32	369
Feminino	306	21	327

Para testar a hipótese de que homens tendem a ser mais violadores que mulheres, foram retirados os dados coletados com a categorização de semáforo não informado, estando apenas nesta análise os pedestres que atravessam no sinal verde, intermitente e vermelho. Posterior a construção da tabela de contingência, foi realizado o teste de independência com chi-quadrado, a fim de verificar uma possível relação de dependência das variáveis categóricas com o comportamento dos pedestres. A Tabela 3 demonstra os resultados por categoria.

Tabela 3: Resultados do teste de chi-quadrado

Relação	x-squared	df	p-value
Gênero	0,9483	1	0,3302
Local	46,824	4	1,659e-09

Considerando que o teste aceita a hipótese de dependência quando o índice de *p-value* é inferior a 5%, ou seja, os dados estariam estatisticamente dentro do intervalo de nível de confiança. Primeiramente analisando o resultado por gênero, onde o *p-value*, foi de 0,3302 (33,02%), muito acima do valor de 0,05(5%) demonstrado que não há evidências suficientes para se alegar dependência do gênero dos pedestres com o fato deles serem oportunistas. Esse fato pode decorrer tanto por não existir uma relação de causa e efeito, quanto pelo contingente de dados levantados não ser o suficiente para demonstrar uma relação de dependência. Enquanto que o teste para a relação da distância de travessia com o comportamento retornou um *p-value* de 1,659e-09 dando evidências de que existe uma relação entre a distância das travessias com o comportamento do pedestre.

6. MODELAGEM

A seguir, são apresentados e discutidos os resultados dos modelos de regressão logística desenvolvidos, os quais a variável resposta de todos os modelos é zero para pedestres não oportunistas e um para pedestres oportunistas. O modelo da Tabela 4, com 541 observações, refere-se aos pedestres oportunistas de todas as interseções em conjunto, optando-se em usar todas as variáveis neste modelo. A análise dos resultados do modelo sugere que, mantendo-se todas as outras variáveis constantes, os pedestres com 19 a 59 anos têm menos chances de serem oportunistas em relação a pedestres com 0 a 18 anos (OR = 0,29) e essa diferença é ainda maior comparando pedestres com mais de 60 anos (OR = 0,16). As variáveis de sexo, grupo e velocidade não foram significativas nesse modelo.

Com relação a variável *interseções*, a C12 foi usada como referência e os resultados do modelo sugerem que todas as outras interseções apresentam uma maior chance de terem pedestres oportunistas, com exceção da interseção C21 (*p*-valor > 0,05). A C06 apresenta 8,79 mais chances de ter pedestres oportunistas, enquanto a C35 tem 18,11 e a C31 tem 11,56. Ao comparar as características dessas interseções, percebe-se que estas possuem ciclos semafóricos com tempos de vermelho altos e tempos de verde menores que um minuto, com exceção da

C31, ou seja, há evidências que para outras interseções o ciclo semaforico pode ter influência sobre a travessia dos pedestres, referindo ao curto espaço de tempo para atravessar e longo período de espera, uma vez que essas interseções têm as maiores distâncias de travessia.

Tabela 4: Modelo *logit* para pedestres oportunistas por variável categórica

Variável	Categoria	Odds Ratio	I.C. (90%)		p-valor
Sexo	(1) Masculino		ref		-
	(2) Feminino	0,70	0,40	1,19	0,27
Idade	(1) 0-18		ref		-
	(2) 19-59	0,29	0,13	0,66	0,01
	(3) 60+	0,16	0,03	0,61	0,04
Grupo	(1) Sozinho		ref		-
	(2) Grupo	0,90	0,52	1,58	0,76
Interseção	Av. Dom Luís x Av. Desembargador Moreira (C12)		ref		-
	Av. Dom Manuel x Av. Monsenhor Tabosa (C06)	8,79	3,02	28,02	0,00
	Av. Abolição x Av. Barão de Studart (C35)	18,11	6,58	56,80	0,00
	Av. Da Universidade x Av. 13 de Maio (C21)	1,49	0,43	5,18	0,59
	Av. Desembargador Moreira x Av. Antônio Sales (C31)	11,56	4,97	32,18	0,00
Velocidade	<i>Variável contínua [m/s]</i>	1,18	0,71	1,91	0,58
McFadden		0,20			
Razão de Verossimilhança (valor p)		0,00			
Número de observações		541			

Foi realizado, também, um modelo geral sem a variável da interseção e um modelo para cada interseção individualmente. As interseções C06 e C21 não tiveram nenhuma variável significativa, por isso, não estão na Tabela 4. Nestes modelos só foram usadas as variáveis que tinham pelo menos uma categoria significativa e as categorias não significativas estão representadas pelo elemento “-” na Tabela 5. O modelo T é o modelo com todas as interseções sem a variável do local. O modelo da interseção C35 tem 38 observações e sua única variável significativa é a velocidade dos pedestres, porém o modelo apresenta um baixo número de observações, devido ao fluxo baixo de pedestres nesta interseção, mesmo sendo realizado em hora-pico e o modelo C31 não apresentou métricas de ajuste adequadas, portanto, não será analisado.

Tabela 5: Modelo *logit* por interseção

Variável	Categoria	Modelo T	Modelo C35	Modelo C31	Modelo C12
		Odds Ratio	Odds Ratio	Odds Ratio	Odds Ratio
Sexo	(1) Masculino	-	-	-	-
	(2) Feminino	-	-	-	-
Idade	(1) 0-18	ref	-	ref	ref
	(2) 19-59	0,25	-	0,33	0,03
	(3) 60+	0,12	-	-	-
Grupo	(1) Sozinho	-	-	-	-
	(2) Grupo	-	-	-	-
Velocidade	<i>Variável contínua [m/s]</i>	1,84	0,02	-	6,05
McFadden		0,07	0,24	0,03	0,37
Razão de Verossimilhança (valor p)		0,00	0,00	0,16	0,00
Número de observações		541	38	123	200

Em todos os modelos pessoas mais velhas são sujeitas a não serem oportunistas e as variáveis de sexo e agrupamento de travessia não são significativas. O modelo C12, com 200 observações, tem as variáveis de idade e velocidade significativas, demonstrando que nesta interseção pedestres mais jovens são propensos a serem mais oportunistas e pedestres oportunistas tendem a terem velocidade mais altas (OR = 6,05). A velocidade tem coeficiente maior que um no modelo T e C12, somente no modelo C35 apresentou abaixo de um, entretanto essa interseção possui poucas observações e a média de velocidade dos pedestres é 2,19 m/s, sendo a média dos obedientes de 2,35 e 1,85 dos oportunistas. O valor da velocidade média na C35 é elevado, significando que nesta interseção os pedestres atravessam de forma mais rápida em relação às outras interseções, pelo *boxplot* das velocidades observa-se que estes pedestres obedientes seriam *outliers*. Quanto à significância estatística dos modelos, todos os testes de razão de verossimilhança resultaram em valores-p praticamente iguais a zero, com exceção do C31, confirmando que os modelos são estatisticamente significativos.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados obtidos, houve-se uma maior compreensão do fenômeno do comportamento dos pedestres na região de estudo da cidade de Fortaleza. Os resultados podem auxiliar os tomadores de decisão na elaboração e implementação de políticas públicas eficazes para abordar problemas relacionados à segurança viária. Através das hipóteses testadas se conseguiu determinar as características de pedestres violadores, uma vez que se verificou, por exemplo, que o sexo não importa para definir oportunistas com base nos dados coletados. O teste de qui-quadrado gerado pela tabela de contingência dessa variável categórica, mostrou que essa tendência encontrada é não significativa estatisticamente, uma vez que não há correlação de dependência entre o sexo dos pedestres e o seu comportamento. Os modelos *logit* confirmaram essas hipóteses, os quais todos deram insignificante para o gênero.

O teste estatístico foi útil também, para identificar outros fatores que podem influenciar o comportamento dos pedestres na cidade. De acordo com os resultados do teste chi-quadrado e dos modelos *logit*, se pode afirmar que não há evidências suficientes para descartar a hipótese de que existe relação entre o tamanho da travessia com a obediência dos pedestres. Ainda em relação às características do ambiente, ficou evidente que os locais com maior distância de travessia, detém o menor tempo para travessia, e conseqüentemente as maiores velocidades de caminhada e maior número de oportunistas, sendo uma proposta aos tomadores de decisão reavaliar os ciclos semaforicos dessas interseções. Outros fatores encontrados foram que pedestres mais velhos tendem a ser menos oportunistas e os oportunistas apresentam velocidades mais elevadas. Essas observações fornecem aos tomadores de decisão informações importantes para prover mais segurança nas travessias, pois atestam que características físicas dos pedestres são menos importantes do que mesmo as atividades que são realizadas nas proximidades.

Uma das limitações deste trabalho é não incluir formas mais diversas de uso do solo no estudo, uma vez que a quase totalidade das interseções está em áreas centrais que concentram muito uso do solo não residencial. Além disso, as categorias de tipos de uso foram muito agregadas, separando apenas em residencial e não residencial. No entanto, haviam regiões como, por exemplo, a Avenida da Universidade que é do tipo educacional, o qual pode gerar alguma influência nos resultados, uma vez que os frequentadores desta região são em sua maioria estudantes. Portanto, é recomendável que haja uma análise mais desagregada quanto ao uso do solo, pois esse foi um dos atributos que se mostrou mais relevante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bandeira, T.P. *A Method for Microscopic Modeling of Pedestrian Delay at Signalized Crossings*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza:2019.
- Bernhoft, I. M.; Carstensen, G. *Preferences and behaviour of pedestrians and cyclists by age and gender*. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour 11.2 (2008): 83-95. 16.
- Demir, B., Özkan, T., e Demir, S. (2019) *Pedestrian violations: Reasoned or social reactive? Comparing theory of planned behavior and prototype willingness model*. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 60, 560–572. doi:10.1016/j.trf.2018.11.012
- Jacobsen, A. C. *Microssimulação da Travessia de Pedestres*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul: 2011.
- Jay, M., Régnier, A., Dasnon, A., Brunet, K., e Pelé, M. (2020) *The light is red: Uncertainty behaviours displayed by pedestrians during illegal road crossing*. Accident Analysis and Prevention, 135(November 2019), 105369. doi:10.1016/j.aap.2019.105369
- Koh, P. P., e Wong, Y. D. (2014) *Gap acceptance of violators at signalised pedestrian crossings*. Accident Analysis and Prevention, 62, 178–185. doi:10.1016/j.aap.2013.09.020
- Liu, R.; Silva, J.P.;Seco, A.J.A *bi-modal micro-simulation tool for the assessment of pedestrian delays and traffic management*.9th International Association of Travel Behavior Research Conference., Gold Coast, Australia: 2000.
- Mukherjee, D., e Mitra, S. (2019) *A comparative study of safe and unsafe signalized intersections from the view point of pedestrian behavior and perception*. Accident Analysis and Prevention, 132(October 2018), 105218. doi:10.1016/j.aap.2019.06.010
- Mukherjee, D., e Mitra, S. (2020) *A comprehensive study on factors influencing pedestrian signal violation behaviour: Experience from Kolkata City, India*. Safety Science, 124(October 2019), 104610. doi:10.1016/j.ssci.2020.104610
- Patra, M., Perumal, V., e Rao, K. V. K. (2019) *Modelling the effects of risk factor and time savings on pedestrians' choice of crossing facilities at signalised intersections*. Case Studies on Transport Policy, (October), 0–1. doi:10.1016/j.cstp.2019.10.010
- Ronsenbloom, T.; Nemrodoy, D.; Barkan H. *For heaven's sake follow the rules: pedestrians' behavior in an ultra-orthodox and a non-orthodox city*. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour 7.6 (2004): 395-404.
- Torres et. al. *Behavioral Evaluation of Different Types of Pedestrian Crossing Facilities: a Case Study in Fortaleza – Brazil*. Transport Research Board: 2019.
- Vignali, V., Pazzini, M., Ghasemi, N., Lantieri, C., Simone, A., e Dondi, G. (2020) *The safety and conspicuity of pedestrian crossing at roundabouts: The effect of median refuge island and zebra markings*. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 68, 94–104. doi:10.1016/j.trf.2019.12.007
- WRI BRASIL. (2015) Impactos da redução dos limites de velocidade em áreas urbanas. Embarq Brasil.
- Yang, J. et al. *Modeling pedestrians' road crossing behavior in traffic system micro-simulation in China*. Transportation Research Part A, v. 40, p. 280-290. 2006
- Zafri, N. M., Sultana, R., Himal, M. R. H., e Tabassum, T. (2020) *Factors influencing pedestrians' decision to cross the road by risky rolling gap crossing strategy at intersections in Dhaka, Bangladesh*. Accident Analysis & Prevention, 142(December 2019), 105564. doi:10.1016/j.aap.2020.105564
- Zhang, C., Chen, F., e Wei, Y. (2019) *Evaluation of pedestrian crossing behavior and safety at uncontrolled mid-block crosswalks with different numbers of lanes in China*. Accident Analysis and Prevention, 123(January 2018), 263–273. doi:10.1016/j.aap.2018.12.002
- Zhou, H., Romero, S. B., e Qin, X. (2016) *An extension of the theory of planned behavior to predict pedestrians' violating crossing behavior using structural equation modeling*. Accident Analysis and Prevention, 95, 417–424. doi:10.1016/j.aap.2015.09.009
- Zhuping, Z et al. *Pedestrian crossing behaviors at signalized intersections: observational study and survey in China*. In: TRANSPORTATION RESEARCH BOARD 90th ANNUAL MEETING, 2011, Washington, DC. ANAIS. Washington,DC:TRB,2011.DVD-ROM. ABNT, Rio de Janeiro.
- Zhang, D. *Evaluation System of Road Traffic Safety Management*. China Communication Press, Beijing, 2005.
- Murphy, Brendan; Levinson, David M.; Owen, Andrew. *Evaluating the Safety In Numbers effect for pedestrians at urban intersections*. Accident Analysis & Prevention, v. 106, p. 181-190, 2017.

Kaio Gefferson de Almeida Mesquita (kaio@det.com.br)

Francisco Altanízio Batista de Castro Júnior (altanizio@alu.ufc.br)

Moisés Gomes de Holanda (moises.holanda@gmail.com)

Departamento de Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará R.cinco,100–Pres.Kennedy–Fortaleza, CE, Brasil