

EFEITOS DOS SISTEMAS INTELIGENTES DE AVISO NAS ESTRATÉGIAS DE BUSCA VISUAL DOS MOTORISTAS EM SITUAÇÕES DE BAIXA VISIBILIDADE

Felipe Calsavara
Ana Paula Larocca

Departamento de Engenharia de Transportes
Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo

RESUMO

Os sistemas inteligentes de transporte permitem que os veículos se comuniquem entre si e com o ambiente ao seu redor. Na literatura existem pesquisas que abordam os benefícios dos diferentes sistemas automotivos embarcados. Contudo, poucas analisam o comportamento visual do motorista ao conduzir em condições de baixa visibilidade. Esta pesquisa tem como objetivo investigar os efeitos dos sistemas de aviso nas estratégias de busca visual do motorista ao conduzir em condições de baixa visibilidade. A realização de um experimento de condução real é inviável por colocar em risco a vida do condutor. Então, por questões éticas, o simulador de condução é uma ferramenta importante para a avaliação do comportamento do condutor em ambiente controlado. Além de permitir o controle adequado das variáveis coletadas para análise posterior.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Rivera e Muelen (2015), espera-se que mais de 250 milhões de veículos conectados estejam em uso em todo o mundo até 2020. Durante os próximos anos, a proporção de veículos conectados aumentará drasticamente, tornando-os elementos importantes da internet das coisas (*Internet of Things*, IoT). Liu e Khattak (2016) afirmam que quando os veículos compartilham suas informações de status com outros veículos ou com a infraestrutura, as ações de modo de condução podem ser melhor planejadas, os perigos podem ser identificados mais cedo e é possível obter respostas mais seguras aos perigos.

De acordo com Shinar (2017), as novas tecnologias presentes nos veículos, coletivamente conhecidas como sistemas de segurança inteligente em veículos (*Intelligent Vehicle Safety Systems*, IVSS), fazem parte de uma classe mais ampla conhecida como sistemas inteligentes de transporte (*Intelligent Transportation Systems*, ITS). Os IVSS ajudam o motorista no processo de condução do veículo usando informações adquiridas externamente para agir. As ações dos IVSS podem variar desde advertir o motorista de uma situação potencialmente perigosa até evitar ativamente os perigos por meio de frenagem automática ou direção automática. Cao *et al.* (Cao *et al.*, 2010) afirmam que o sistema de alerta de perigo local sem fio (*Wireless Local Danger Warning*, WLD) é um importante IVSS para melhorar a segurança ao dirigir, pois os motoristas podem ser alertados através de um HUD (*Head-up Display*) sobre um perigo na pista que ainda não está visível, como presença de neblina ou fumaça.

A visão é o sentido humano mais usado na tarefa de condução de um veículo e seu comprometimento reduz a capacidade do motorista em perceber informações do ambiente. Segundo Ni *et al.* (2012), situações com presença de fumaça ou condições climáticas como neblina e chuva forte são exemplos de cenários que reduzem a visibilidade e o contraste de modo geral da cena de direção, reduzindo os detalhes visuais à medida que aumenta a distância. Para Konstantopoulos *et al.* (2010), a eficiência das estratégias de busca visual é uma das mudanças de habilidade fundamentais que marca a transição de um motorista novato para outro mais experiente. Além disso, o nível de atenção visual tem sido considerado como um fator contribuinte para acidentes de trânsito. Um estudo das colisões ocorridas no estado da Flórida (EUA) feito por Abdel-Aty *et al.* (2011) mostrou que, em comparação com as colisões sob condições de visibilidade normais, as colisões relacionadas à baixa visibilidade tendem a ser

mais severas e envolverem vários veículos, além disso, elas geralmente ocorrem nos meses de inverno e durante as primeiras horas do dia. No Brasil, de acordo com estatísticas de acidentes da Polícia Rodoviária Federal, a neblina contribuiu como um fator importante para 16.232 acidentes entre os anos de 2007 e 2017 (DPRF, 2017).

Em literaturas anteriores, os benefícios dos diferentes tipos de IVSS para a segurança viária foram avaliados. Segundo Wu *et al* (2018), muitos estudos indicaram melhorias na tarefa de condução e redução no número e gravidade das colisões, ajudando o motorista a detectar perigos em tempo hábil. No entanto, ainda pouco se sabe sobre as influências dos IVSS no desempenho visual dos motoristas. Não há muitos estudos identificando o comportamento da visão do motorista através de um dispositivo de rastreamento do olhar em simuladores de direção. Outro ponto que embasa a motivação para este trabalho é que as pesquisas relacionadas ao tema foram realizadas em outros países, não correspondendo ao perfil de comportamento do condutor brasileiro e às condições de infraestrutura das rodovias do Brasil.

2. OBJETIVOS

O presente estudo pretende examinar os efeitos da experiência de condução e dos sistemas de aviso presentes no veículo na performance de condução do motorista, baseado em um experimento em simulador de direção. Mais especificamente, busca investigar os efeitos dos sistemas de aviso (presença ou ausência) nas estratégias de busca visual e na variação de velocidade do motorista ao conduzir em condições de visibilidade normal e reduzida. Ao final será possível responder à pergunta: “Um sistema de alerta de perigo local (WLD) afeta as estratégias de busca visual do motorista ao conduzir em curvas sob neblina?”.

3. METODOLOGIA

A fim de alcançar os objetivos do trabalho, será proposto um experimento controlado, com condutores reais em ambiente de direção simulada. Através dos simuladores de direção os motoristas podem ser repetidamente confrontados em diferentes circunstâncias, incluindo condições climáticas específicas, sem riscos à vida e com custos diminuídos, o que se configura como uma grande vantagem em relação aos testes em campo (Lucas *et al.*, 2013).

O experimento será projetado como um experimento fatorial misto $2 \times 2 \times 2$ com sistema de aviso de neblina - WLD (presente e ausente) e condição de visibilidade (normal e reduzida) como variáveis que avaliam a mudança dentro dos grupos (*within-subject*) e experiência de condução (experiente e inexperiente) como comparação entre grupos (*between-subject*). Cada nível de experiência de condução contará com 12 participantes e cada participante realizará o experimento sob duas condições de aviso (sem aviso e com aviso) e duas condições de visibilidade (normal e reduzida), totalizando quatro cenários para cada um dos 24 participantes.

Tabela 1: Cenários para cada participante

WLD	Neblina	Cenário
Ausente	Ausente	1
Ausente	Presente	2
Presente	Ausente	3
Presente	Presente	4

O cenário 1 representa o grupo de controle, quando o participante está dirigindo sem influências do sistema de aviso ou visibilidade reduzida. Será útil para analisar o comportamento padrão de cada participante. Como a neblina é um fenômeno difícil de prever, ela pode ter começado

repentinamente e ainda não há nenhum aviso transmitido ao sistema (cenário 2) ou ela já terminou e um aviso ainda está sendo reportado no sistema (cenário 3). Ambos os cenários, dois e três, também podem acontecer se ocorrer uma falha no sistema de aviso, que é inerente até mesmo nos sistemas de transporte mais sofisticados. O cenário 4 representa a situação esperada durante as condições de neblina com o aviso visual-auditivo funcionando perfeitamente. É importante considerar que a ausência de um aviso quando o mesmo deveria aparecer (cenário 2) ou sua presença quando não deveria (cenário 3) pode diminuir a confiabilidade dos motoristas no sistema de alerta. A confiabilidade dos sistemas de aviso pode influenciar o comportamento do motorista de várias maneiras e é esperado analisá-la neste estudo. Pesquisas anteriores já haviam revelado que alarmes falsos reduzem a harmonia dos motoristas com os sistemas de alerta, por exemplo, aumentando os tempos de reação, um fenômeno que foi rotulado como “*cry-wolf effect*” (Naujoks *et al.*, 2016).

Os cenários serão classificados de maneira totalmente aleatória para cada participante, para evitar resultados tendenciosos. Através de ferramentas estatísticas como teste t, ANOVA e regressão múltipla será possível identificar se as diferenças entre cenários e participantes são estatisticamente significantes ou se acontecem devido ao acaso. As variáveis analisadas serão: variação na velocidade, duração das fixações e área rastreada pelos olhos dos participantes. Analisando estas variáveis isoladamente e depois combinadas, espera-se encontrar informações relevantes para desenvolvimento de sistemas de aviso em veículos conectados.

3.1. Procedimentos

O experimento será conduzido em um simulador de direção instalado na Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP) e vinculado ao Departamento de Engenharia de Transportes (STT/EESC). O recrutamento dos participantes será realizado através de divulgação em redes sociais. Eles responderão a um formulário on-line para verificar se cumprem os requisitos de possuir carteira de habilitação e experiência de condução mínima. O próximo passo foi agendar um horário livre para simulação. Ao chegar ao laboratório, cada participante assinará o termo de consentimento antes de participar e preencherá um questionário com informações pessoais básicas. A pesquisa possui aprovação do Comitê de Ética designado pela Plataforma Brasil, um dos requisitos para tratamento de dados com informações pessoais dos participantes. Antes de iniciar as simulações, os participantes serão instruídos sobre procedimentos e operações mecânicas do simulador de direção. As instruções não incluem informações sobre os objetivos da pesquisa pois poderiam influenciar o comportamento durante a condução. Para o uso de simuladores de direção em pesquisas recomenda-se que os participantes voluntários passem por uma etapa de reconhecimento e adaptação ao equipamento. Para isso será criado um cenário específico que contemple situações semelhantes às do experimento, onde o participante se adaptará ao equipamento de simulação e relatará se houve enjoos ou náuseas, possíveis sintomas que ocorrem durante a imersão em ambientes virtuais. A simulação de adaptação durará aproximadamente 5 minutos, para cada participante, e pode ser repetida quantas vezes forem necessárias, até que o participante se sinta à vontade para iniciar o experimento. Após o cenário de adaptação, as câmeras do sistema de rastreamento ocular serão calibradas para o perfil do participante. Posteriormente inicia-se o experimento em si através da coleta de diversos indicadores de comportamento do motorista em quatro distintos cenários, como: variação de velocidade, número de fixações, duração das fixações e área rastreada pelos olhos dos participantes. Nessa etapa o experimento tem como base um trecho real, de 10 quilômetros, da rodovia Régis Bittencourt, uma das “Estradas da Morte” brasileiras. O segmento foi escolhido pois encontra-se em uma região com incidência de neblina, condição meteorológica

que agrava os casos de acidentes rodoviários. Após completar o cenário de condução, o participante preencherá dois outros questionários: um para avaliar o realismo do cenário e suas impressões sobre a condução no simulador e outro questionário sobre possíveis sintomas desconfortáveis sentidos pelo participante decorrentes do uso do simulador de condução. Estima-se que o experimento levará aproximadamente 30 minutos para ser concluído.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro. Agradecem também o apoio, incentivo e orientação de professores e colegas que contribuíram para a produção e desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdel-Aty, M., Ekram, A. A., Huang, H., e Choi, K. (2011) A study on crashes related to visibility obstruction due to fog and smoke. *Accident Analysis and Prevention*, 43(5), 1730–1737. doi:10.1016/j.aap.2011.04.003
- Cao, Y., Mahr, A., Castronovo, S., Theune, M., Stahl, C., e Müller, C. A. (2010) Local Danger Warnings for Drivers: The Effect of Modality and Level of Assistance on Driver Reaction. *Proceedings of the 15th international conference on Intelligent user interfaces - IUI '10* (p. 239). ACM Press, New York, New York, USA. doi:10.1145/1719970.1720004
- DPRF. (2017) *Dados Abertos das Rodovias Federais 2017*. República Federativa do Brasil. Obtido de <https://www.prf.gov.br/portal/dados-abertos>
- Konstantopoulos, P., Chapman, P., e Crundall, D. (2010) Driver's visual attention as a function of driving experience and visibility. Using a driving simulator to explore drivers' eye movements in day, night and rain driving. *Accident Analysis and Prevention*, 42(3), 827–834. doi:10.1016/j.aap.2009.09.022
- Liu, J., e Khattak, A. J. (2016) Delivering improved alerts, warnings, and control assistance using basic safety messages transmitted between connected vehicles. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 68, 83–100. doi:10.1016/j.trc.2016.03.009
- Lucas, F. R., Russo, L. E. A., Kawashima, R. S., Figueira, A. C., Larocca, A. P. C., e Kabbach Jr., F. I. (2013) Use of driving simulators Applied to road safety project. *Boletim de Ciencias Geodesicas*, 19(2).
- Naujoks, F., Kiesel, A., e Neukum, A. (2016) Cooperative warning systems: The impact of false and unnecessary alarms on drivers' compliance. *Accident Analysis and Prevention*, 97, 162–175. doi:10.1016/j.aap.2016.09.009
- Ni, R., Bian, Z., Guindon, A., e Andersen, G. J. (2012) Aging and the detection of imminent collisions under simulated fog conditions. *Accident Analysis and Prevention*, 49, 525–531. doi:10.1016/j.aap.2012.03.029
- Rivera, J., e Muelen, R. Van der. (2015) Gartner Says By 2020, a Quarter Billion Connected Vehicles Will Enable New In-Vehicle Services and Automated Driving Capabilities. *Gartner*. Obtido de <https://www.gartner.com/newsroom/id/2970017>
- Shinar, D. (2017) *Traffic safety and human behavior*. Emerald, Inc. doi:<https://doi.org/10.1108/9781786352217>
- Wu, Y., Abdel-Aty, M., Park, J., e Selby, R. M. (2018) Effects of real-time warning systems on driving under fog conditions using an empirically supported speed choice modeling framework. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 86, 97–110. doi:10.1016/J.TRC.2017.10.025

Felipe Calsavara (felipe.calsavara@usp.br)

Departamento de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo
Av. Trabalhador São-Carlense, 400 - Arnold Schmidt, São Carlos - SP