



HEADS-UP DISPLAY E REALIDADE AUMENTADA: ANÁLISE DAS POSSIBILIDADES E DESAFIOS A PARTIR DE UMA REVISÃO DA LITERATURA

¹ Ronaldo Pereira Evangelista (PPG MCTI SENAI) – ronaldo.evangelista@fibe.org.br; ² Ingrid Winkler (PPG MCTI SENAI) – ingrid.winkler@fieb.org.br; ³ Marcelo Albano Moret Simões Gonçalves (PPG MCTI SENAI) – mamoret@gmail.com;

Resumo: O presente teve como objetivo caracterizar a produção científica sobre interfaces em realidade aumentada para Heads-Up display em para-brisas. Para tanto, foi realizada uma revisão sistemática visando identificar os pontos significativos como métodos e tecnologias, desafios enfrentados para desenvolver projetores e os modelos de interfaces Heads-Up display. Foram selecionados 35 estudos, os quais constituíram a amostra de estudo. Os resultados evidenciaram a diversidade do tema onde se destacam problemas com a projeção e a luminosidade, aspectos de usabilidade e capacidades cognitivas do condutor. Este artigo traz propostas e soluções quanto ao uso Heads-Up display e discute alguns dos desafios e problemas que devem ser enfrentados pela indústria.

Palavras-Chaves: Para-brisa; Realidade Aumentada; Heads-Up Display; HUD; Advanced Driver Assistance Systems;

HEADS-UP DISPLAY AND AUGMENTED REALITY: ANALYSIS OF POSSIBILITIES AND CHALLENGES FROM A LITERATURE REVIEW

Abstract: This study aimed to characterize the scientific production on the interfaces for augmented reality to heads-up display in windshields. Therefore, we performed a systematic review to identify some of the most used methods and technologies and also the challenges faced to develop projectors and models of head up display interfaces. Thirty-five studies were previously selected as the study sample. The results exposed how diverse the theme is by highlighting the problems with the projection and luminosity, the usability and the cognitive aspects of the driver's capabilities. This article presents the solutions regarding the use of head-up display and brings to light some of the problems and the challenges that must be faced by the industry.

Keywords: Windshield; Augmented Reality; Heads-Up Display; HUD; Advanced Driver Assistance Systems;



1. INTRODUÇÃO

Condições de baixa visibilidade causadas por chuvas, neblina, poeira ou fumaça colocam em risco pedestres, passageiros e condutores de veículos em todo mundo. Condução perigosa propicia a ocorrência de inúmeros tipos de acidentes [1], além de danos ao patrimônio. Em virtude destas condições, pesquisadores da indústria automotiva vêm buscando formas para solucionar os problemas relacionados à baixa visibilidade através de Sistemas de Direção Assistida ou *Advanced Driver Assistance Systems* (ADAS).

Os sistemas ADAS são utilizados por veículos inteligentes para mitigar os riscos de direção [2]. Tais sistemas possibilitam que o condutor receba avisos ou alertas quando há presença de obstáculos, pessoas, animais e veículos comprometendo a sua segurança [3]. As informações fornecidas pelo ADAS são apresentadas através de um sistema de realidade aumentada [4].

Realidade aumentada (RA) consiste na complementação do mundo real com objetos virtuais (gerados por computador) que parecem coexistir no mesmo espaço que o mundo real [5]. Para a projeção de informações são empregadas técnicas de holografia para as superfícies transparentes ou semitransparente a fim de exibir interfaces visuais, chamadas de *Heads-Up Display* (HUD).

Heads-Up Display é um dispositivo que possui uma tela transparente na qual a informação é exibida, é mantida na linha de visão do condutor ou piloto [6]. O mercado automotivo vem pesquisando soluções, e explorando os benefícios que o uso de HUDs pode proporcionar [7]. *Heads-Up Display* do tipo para-brisa ou *Full Windshield Heads-Up Display* (FWHUD) é um dos mais populares, estando um passo à frente na realidade aumentada [8]. O FW-HUD é um sistema de exibição baseado em RA para exibir informações [9] sem que o condutor tenha que mudar o seu foco da rodovia para o painel [6].

O conceito *Augmented Reality Heads-Up Displays* AR-HUDs, apresenta o para-brisa como a área preferida para ser utilizada como display [10], já que os sistemas HUD com telas pequenas não são imersivos. A incorporação da realidade aumentada no para-brisa de automóveis como interface *Heads-Up display* para apresentar informações, vêm sendo implementada ao passo que a indústria caminha para o desenvolvimento dos carros do futuro, apresentando desafios e soluções inovadoras [3,11,12].

Os sistemas AR-HUD possuem ainda uma série de problemas técnicos a serem resolvidos, como por exemplo, a projeção de imagens brilhantes com cores saturadas [7] que apresentem legibilidade e luminância suficiente para combater a luz solar [8], contexto que têm impulsionado as pesquisas e o desenvolvimento de ferramentas para projeção.

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo caracterizar a produção científica sobre interfaces em realidade aumentada para *Heads-Up Display* em para-brisas, buscando identificar os pontos significativos como os métodos e tecnologias utilizadas, os desafios enfrentados por *designers* e engenheiros para projetar os



sistemas de projeção e os modelos de interfaces *Heads-Up Display*. O crescimento deste tema nos últimos anos é a questão central desta pesquisa.

Para tanto, foi realizada uma revisão sistemática levantando informações e realizando análises para fornecer dados sobre o estado atual das pesquisas sobre o tema. Todavia, outros critérios, denominados como temas secundários fazem parte ou circundam essas tecnologias e são mescladas ao tema principal como fundamentos para inclusão ou exclusão de trabalhos nesta revisão.

Este trabalho está organizado em 4 seções. Além desta Introdução sobre as interfaces AR-HUDs e FW-HUD, a seção 2. descreve a metodologia utilizada na investigação, a seção 3. apresenta e analisa os estudos selecionados e na seção 4. São apresentadas as considerações finais e sugestões de trabalhos futuros.

2. METODOLOGIA

Através de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) é possível identificar a importância de um campo de estudo ao qualificar ou apontar o estágio das pesquisas em relação a um determinado tema [13,14]. Segundo Palmarini et al., [14] mediante a uma estratégia rigorosa para a aplicação do método garante-se a reprodutibilidade e a escalabilidade do estudo, bem como a objetividade dos resultados encontrados.

Esta revisão proporcionará os subsídios necessários para trabalhos futuros. Uma RSL pode ser dividida em três etapas: Planejamento, Condução da Revisão e Relatório da revisão [13], que podem ser distribuídas em sete passos [14].

A etapa de Planejamento compreende a definição do período, identificação das bases de conhecimentos para pesquisa, a escolha dos *softwares* para gerenciar as referências, a necessidade de uma revisão para o tema, além do protocolo. A pesquisa foi realizada de 01 a 07 de julho de 2018, nas bases de conhecimento da plataforma *IEEE Xplorer Digital Library*¹, e o *software* para gerenciar as referências foi o *Mendeley*. Serão incluídos trabalhos publicados no período entre 2012 e 2018.

Na etapa Condução da Revisão é definido o escopo, que compreende a questão da pesquisa, além das questões a serem respondidas e a seleção dos estudos primários. Em seguida, iniciamos a fase de busca, onde elaborou-se a formulação das “*Strings*” e/ou “*Queries*” para as pesquisas.

Na fase de avaliação foram aplicadas restrições com o objetivo de reduzir o número de documentos encontrados na fase de pesquisa através de estratégias para a extração de dados. Espera-se atingir um número significativo de documentos que responda às questões ou perguntas da pesquisa. A sintetização abrange a extração e o monitoramento dos dados seguidos de análise criteriosa para concluir a etapa definida como condução da revisão. Nesta investigação, a *string* de busca utilizadas

¹<https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>



foi “windshield” AND “augmented reality” AND “head-up display” OR “windshield” AND “augmented reality” AND “heads up display” OR “windshield” AND “augmented reality” AND “head up display”. Ao aplicar-se esses critérios de busca, foram identificados 145 trabalhos. Em seguida, foram eliminadas as publicações em duplicidade atingindo o valor de 68 trabalhos únicos.

Foram adotados os seguintes critérios para inclusão ou exclusão de um estudo como critério de Inclusão: Apenas serão incluídos trabalhos que apresentem modelos conceituais de interfaces do tipo HUD, simulações e testes de usabilidade ou interfaces assistivas para HUDs em automóveis.

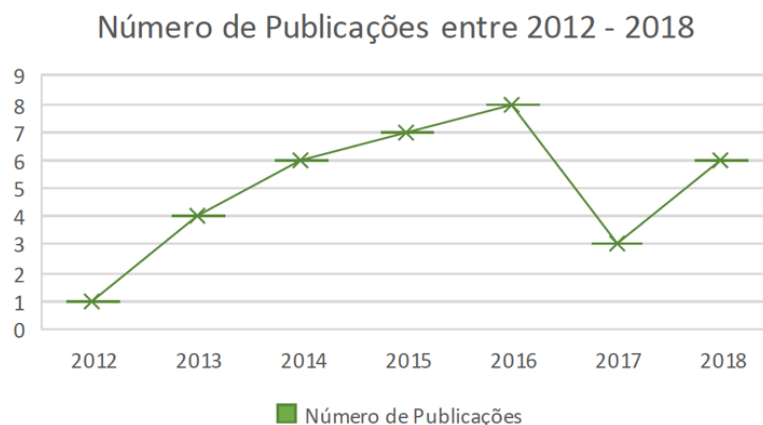
Como critérios de Exclusão: Serão excluídos trabalhos que abordem legislação ou normas de trânsito. Serão excluídos Trabalhos que abordem o processo de aquisição de dados ou algoritmos e desenvolvimento de módulos para aquisição de dados em sistemas ADAS. Serão excluídos estudos que abordem a tecnologia Realidade Virtual.

A aplicação desses critérios levou a que, dos 68 estudos identificados, fossem considerados relevantes para esta investigação 35 trabalhos. A terceira etapa, Relatório da Revisão, consiste na escrita do relatório em que são apresentados os resultados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 é apresentada distribuição dos trabalhos identificados pelo período selecionado. Neste aspecto nota-se que 2016, 2015 e 2018 possuem um numero maior de trabalhos selecionados. O número de trabalhos vem crescendo nos últimos anos impulsionados pelos avanços tecnológicos da indústria automotiva no desenvolvimento dos carros autônomos.

Figura 1. Variação do numero de publicações no período investigado.



Serviços ADAS, segurança e veículos conectados, além disso há um grande numero de pessoas que dirigem durante a noite ou em condições de pouca luz, ou



ainda em condições climáticas adversas [15]. Este panorama gera um ambiente competitivo na busca por soluções que se reflete em várias pesquisas sobre o tema.

Os 35 estudos identificados foram classificados em diferentes categorias com o intuito de melhorar a compreensão dos resultados obtidos. No primeiro grupo classificatório, incluímos as publicações em três categorias de interesse, que tratam dos modelos e problemas na sobreposição da projeção em para-brisa, projetores para para-brisa e designer UX – Usabilidade ou experiência do usuário.

Verificou-se que a maioria das publicações tratam de simulações e experimentos de usabilidade, abordando a experiência do usuário e o *design* das informações, e como estas podem afetar os aspectos cognitivos do motorista. A categoria *Designer UX (User eXperience)* - Usabilidade representa 51,43% das publicações selecionadas indicando que o tema possui ampla relevância no campo de estudo que trata de AR-HUDs. Esta categoria discute a eficácia e a utilidade das interfaces AR-HUDs para ajudar os condutores com avisos e instruções, avalia também o efeito positivo de tais informações nas ações ou reflexo do condutor na tomada de decisões.

Em relação aos métodos utilizados nos trabalhos experimentais verificou-se que a sobreposição do mundo real em telas transparentes é realizada com projetores luminosos os quais são construídos segundo as técnicas de holografia e reflexão da luz. A luz é projetada em superfícies transparentes e películas com propriedades de controle para os feixes luminosos.

Observou-se durante a análise dos trabalhos que há um consenso em relação ao enfoque dos autores, quanto aos desafios existentes. Estes estão relacionados à busca pela legibilidade das projeções, na eliminação das imagens fantasmas e no processo de calibração para a sobreposição precisa do mundo real [9,16], O processo de calibração enfrenta desafios quanto ao *face tracking*, que consiste em um rastreamento que inclui a área dos olhos e o movimento de cabeça em relação ao campo visual ou *Field of View (FoV)* do condutor [17,18].

Outro ponto recorrente nos trabalhos analisados é a definição dada aos HUDs como interfaces em realidade aumentada para automóveis, cuja finalidade é fornecer informações significativas e avisos ou alertas ao condutor [3,9,19], Neste aspecto embora as interfaces HUDs tenham uma longa história e apresentem um crescente, no que diz respeito à importância do *design* da interface entre o homem e o veículo, para Beck e Park [20] a questão que ainda permanece em aberto é como os HUDs devem mostrar o conteúdo, e de que forma podem atender melhor o condutor. Nesta abordagem os trabalhos têm focos diferentes, há análises de usabilidade e interface voltada a realidade aumentada, aspectos cognitivos e psicológicos do condutor além das formas de aquisição de informações realizadas pelos sistemas ADAS.

Park et al. [21] apresenta resultados relevantes para a eficácia das interfaces de AR-HUD como métodos de representação em ambientes desfavoráveis, como escuridão ou condições climáticas extremas. Seus experimentos são conclusivos quanto à melhora da cognição intuitiva e da concentração. Para Winkler, Kazazi e Vollrath [22] e Langner et al. [23] as informações ou avisos apresentados possuem efeito positivo no processo de condução melhorando o tempo de resposta e de reação.



Em seus experimentos Winkler, Kazazi e Vollrath [22] concluíram que os avisos são recomendados para situações muito críticas, pois melhoraram o desempenho dos motoristas e não distraem o condutor. No entanto, as formas de apresentação dos avisos não são igualmente adequadas à todas as situações. Neste aspecto [20] a apresentação indiscriminada de informações causa efeitos indesejáveis, ou seja, a sobrecarga de informações visuais pode afetar a concentração e as capacidades cognitivas do condutor e conseqüentemente o tempo de reação cai.

Há muitas oportunidades para a aplicação da RA em para-brisa utilizado as interfaces AR-HUD que ainda não foram totalmente aproveitadas. No entanto, há também muitos desafios visuais, de percepção e de atenção que não são totalmente compreendidos. À medida que avançamos no campo das aplicações AR-HUDs para veículos, devemos primeiro considerar os problemas relacionados a percepção e distração que são conhecidos nas comunidades de AR e na indústria de automóveis, com foco nos aspectos únicos e interseções para aplicações de condução [11], mais precisamente, projetando interfaces que sejam eficazes para uso em ambientes externos ou arbitrários que ainda permanecem como desafio [19].

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao caracterizar a produção científica voltada para interfaces em realidade aumentada em para-brisas, verificou-se a existência de lacunas no que tange a eficácia das interfaces de AR-HUD projetadas em superfícies transparentes, quando expostas em ambientes com incidência de luz solar. O rastreamento ocular possui desafios a serem vencidos quanto ao movimento dos olhos e cabeça para que se faça uma calibração aceitável dos objetos digitais com o mundo real, eliminando ruídos, distorções e imagens fantasmas no campo visual do condutor. Além disso, há desafios quanto os métodos de representação ou nas metáforas visuais e sua influência nos aspectos cognitivos dos condutores, e no comportamento em função do uso prolongado.

Desta forma, acredita-se que, em virtude do seu potencial, o uso de interfaces AR-HUDs tende a crescer significativamente com investimentos da indústria automobilística, e com o avanço da robótica que visa o desenvolvimento de carros autônomos. Vale salientar, também, que os esforços de pesquisadores e acadêmicos em buscar meios mais adequadas para apresentar informações, a fim de ou a melhorar o processo de condução com a melhora o tempo de resposta com o freio e desvio de obstáculos conseqüentemente aumentando a segurança de condutores, passageiros e pedestres.

Como trabalhos futuros, será realizada uma ampliação da revisão sistemática para incluir outras bases científicas relevantes, como a *Science Direct*, *Scopus* e *ACM Digital Library*. Há também desafios quanto ao grau de fidelidade das cores em relação a iluminação ambiente e a renderização de objetos, já que projeções estão suscetíveis a distorções. Adicionalmente será feita a construção de modelos computacionais que viabilizem a utilização de interfaces AR-HUDs.



5. REFERÊNCIAS

¹ C. Wisner, M. Ruff, D. Siri, and G. Klinker. Visualisation of the electronic horizon in head-up-displays. In 2016 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR-Adjunct), pages 87–89, Sept 2016.

² J. L. Yin, B. H. Chen, K. H. R. Lai, and Y. Li. Automatic dangerous driving intensity analysis for advanced driver assistance systems from multimodal driving signals. *IEEE Sensors Journal*, 18(12):4785–4794, June 2018.

³ P. R. J. A. Alves, J. Gonçalves, R. J. F. Rossetti, E. C. Oliveira, and C. Olaverri-Monreal. Forward collision warning systems using heads-up displays: Testing usability of two new metaphors. In 2013 *IEEE Intelligent Vehicles Symposium Workshops (IV Workshops)*, pages 1–6, June 2013.

⁴ J. W. Lee, B. J. Park, C. R. Yoon, and K. H. Kim. A study of issues and considerations for development of a vehicle ar system. In 2015 *International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC)*, pages 1160–1162, Oct 2015.

⁵ Ronald Azuma. Making augmented reality a reality. In *Applied Industrial Optics: Spectroscopy, Imaging and Metrology*, pages JTU1F–1. Optical Society of America, 2017.

⁶ S. Chouksey and S. Sirsikar. A prototype of low cost heads up display for automobiles navigation system. In 2016 *International Conference on Computing, Analytics and Security Trends (CAST)*, pages 205–210, Dec 2016.

⁷ Greg Pettitt, John Ferri, and Jason Thompson. Practical Application of TI DLP ©R Technology in the Next Generation Head-up Display System. (Dmd): 700–703, 2015.

⁸ Zong Qin, Fang Cheng Lin, Yi Pai Huang, and Han Ping D. Shieh. Maximal Acceptable Ghost Images for Designing a Legible Windshield-Type Vehicle Head-Up Display. *IEEE Photonics Journal*, 9(6), 2017.

⁹ M. W. Park and S. K. Jung. A projector-based full windshield hud simulator to evaluate the visualization methods. In 2014 *Sixth International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN)*, pages 509–510, July 2014.

¹⁰ Qing Rao, Christian Grünler, Markus Hammori, and Samarjit Chakraborty. Design Methods for Augmented Reality In-Vehicle Infotainment Systems. *Proceedings of the 51st Annual Design Automation Conference on Design Automation Conference - DAC' 14*, pages 1–6, 2014

¹¹ J. L. Gabbard, G. M. Fitch, and H. Kim. Behind the glass: Driver challenges and opportunities for ar automotive applications. *Proceedings of the IEEE*, 102(2):124–136, Feb 2014.

¹² C. Yoon, K. Kim, S. Baek, and S. Y. Park. Development of augmented in-vehicle navigation system for head-up display. In 2014 *International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC)*, pages 601–602, Oct 2014.



- ¹³ Barbara Kitchenham. Procedures for performing systematic reviews. *Keele, UK, Keele University*, 33(2004):1–26, 2004.
- ¹⁴ Riccardo Palmarini, John Ahmet Erkoyuncu, Rajkumar Roy, and Hosein Torabmostaedi. A systematic review of augmented reality applications in maintenance. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 49:215 – 228, 2018.
- ¹⁵ K. S. Ramasubramaniam and R. Bhat. Lcar #x2014; low cost augmented reality for the automotive industry. In *2018 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)*, pages 1–3, Jan 2018.
- ¹⁶ Z. Qin, F. C. Lin, Y. P. Huang, and H. P. D. Shieh. Maximal acceptable ghost images for designing a legible windshield-type vehicle head-up display. *IEEE Photonics Journal*, 9(6):1–12, Dec 2017.
- ¹⁷ C. A. Wiesner, M. Ruf, D. Sirim, and G. Klinker. 3d-frc: Depiction of the future road course in the head-up-display. In *2017 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)*, pages 136–143, Oct 2017.
- ¹⁸ I. R. Tayibnapis, M. K. Choi, and S. Kwon. Driver’s gaze zone estimation by transfer learning. In *2018 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)*, pages 1–5, Jan 2018.
- ¹⁹ C. Merenda, M. Smith, J. Gabbard, G. Burnett, and D. Large. Effects of real-world backgrounds on user interface color naming and matching in automotive ar huds. In *2016 IEEE VR 2016 Workshop on Perceptual and Cognitive Issues in AR (PERCAR)*, pages 1–6, March 2016.
- ²⁰ D. Beck and W. Park. Perceived importance of automotive hud information items: a study with experienced hud users. *IEEE Access*, 6:21901–21909, 2018.
- ²¹ B. J. Park, C. Yoon, J. W. Lee, and K. H. Kim. Augmented reality based on driving situation awareness in vehicle. In *2015 17th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT)*, pages 593–595, July 2015.
- ²² S. Winkler, J. Kazazi, and M. Vollrath. Distractive or supportive – how warnings in the head-up display affect drivers’ gaze and driving behavior. In *2015 IEEE 18th International Conference on Intelligent Transportation Systems*, pages 1035–1040, Sept 2015.
- ²³ T. Langner, D. Seifert, B. Fischer, D. Goehring, T. Ganjineh, and R. Rojas. Traffic awareness driver assistance based on stereovision, eye-tracking, and head-up display. In *2016 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, pages 3167–3173, May 2016.