

Prototipação de um Dispositivo de Tela de Névoa Plana

João Victor Pereira da Luz, Pedro Fernandes Alves,
Armando Paulo da Silva, Eduardo Filgueiras Damasceno

¹ Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Campus Cornélio Procopio - Paraná

{joaovictorluz, pedrofernandesalves}@alunos.utfpr.edu.br,
{armando, damasceno}@utfpr.edu.br

Resumo. *Este trabalho investiga o desenvolvimento de uma máquina de holografia baseada em tela de névoa, uma alternativa acessível aos hologramas tradicionais para visualizações tridimensionais imersivas. O protótipo atual conseguiu corrigir falhas como: vazamentos, má propagação e uniformidade de névoa. A pesquisa busca evidenciar as vantagens dessa tecnologia, democratizar seu acesso e expandir suas aplicações em ambientes interativos.*

Abstract. *This study explores the development of a holography machine based on a fog screen, providing an accessible alternative to traditional holograms for immersive 3D visualizations. The current prototype has successfully addressed issues such as leakage, poor propagation, and fog uniformity. The research aims to highlight the advantages of this technology, democratize its access, and expand its applications in interactive environments.*

1. Introdução

Este trabalho explora o desenvolvimento de uma máquina de holografia baseada em tela de névoa, uma alternativa acessível à holografia tradicional para visualizações tridimensionais imersivas. Devido às limitações técnicas dos hologramas convencionais, as projeções em névoa ganharam destaque por oferecer interatividade e liberdade de movimento ao usuário [Agarwal et al. 2018].

A Tela de Névoa Plana (TNP), também conhecida como Fog Screen, consiste em uma camada fina de névoa sobre a qual imagens são projetadas, permitindo experiências visuais envolventes sem a necessidade de dispositivos adicionais [Rakkolainen 2010]. Além de seu uso como atração visual, a tecnologia tem aplicações promissoras em sinalização, entretenimento, educação e simulação industrial [Agarwal et al. 2018].

Este estudo analisa aspectos técnicos da projeção em névoa, incluindo a densidade da névoa, a interação do usuário e o impacto da exibição de múltiplas cores na percepção tridimensional [Suzuki et al. 2017]. A abordagem busca evidenciar as vantagens dessa tecnologia em relação aos hologramas convencionais, promovendo sua democratização e ampliando suas possibilidades em ambientes interativos. As telas de névoa passaram por avanços significativos ao longo dos anos, impulsionando a visualização tridimensional e permitindo novas formas de interação. Desde as primeiras aplicações em museus e exposições [Rakkolainen 2010], até a introdução da tecnologia Depth-Fused 3D [Lee et al. 2009] e sistemas de projeção cilíndricos [Masataka Imura and Oshiro 2011], essa evolução tem melhorado a percepção do usuário e ampliado suas possibilidades.

Novas abordagens foram desenvolvidas para otimizar a experiência, como a tela MistForm, que adapta-se à posição do observador [Tokuda et al. 2017]. Estudos recentes

investigam melhorias na interação e na percepção de profundidade, como os apresentados por Agarwal et al. [Agarwal et al. 2018] e Umemoto et al. [Umemoto et al. 2024]. Além disso, pesquisas exploram aplicações interativas para potencializar usos diversos, como sinalização digital e entretenimento [Salvi et al. 2020].

Apesar desses avanços, desafios técnicos como estabilidade da névoa, resolução da imagem e interferência ambiental ainda precisam ser superados. Este trabalho busca contribuir para o aprimoramento das projeções em telas de névoa, analisando sua eficácia na construção de experiências imersivas e interativas [Omer 2013].

2. Dispositivos Existentes

A evolução das TNPs tem impulsionado soluções inovadoras para projeção em ambientes 2D e 3D. Diversas tecnologias foram desenvolvidas ao longo dos anos, cada uma com características próprias e desafios específicos. Entre essas abordagens, destacam-se sistemas baseados em CO₂, vapor d'água, aerossóis e água, cada um trazendo vantagens e limitações.

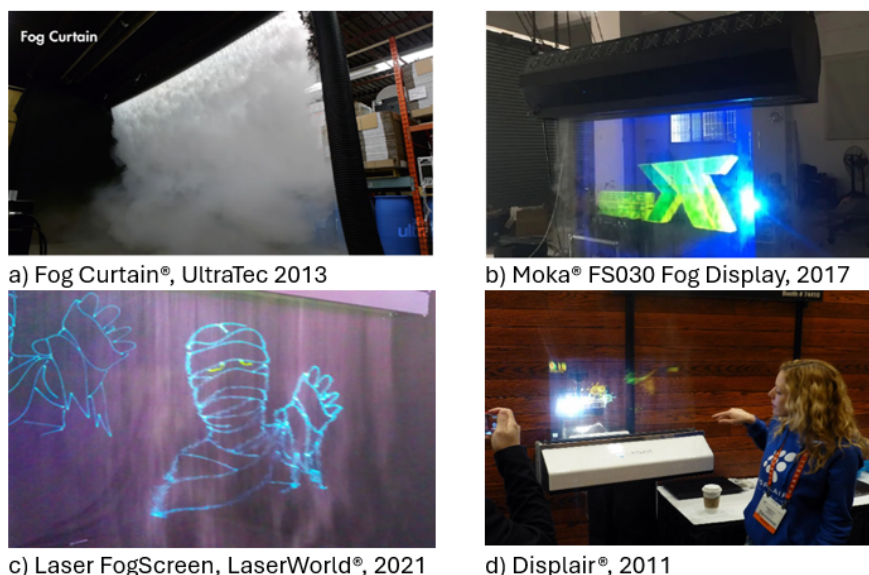


Figura 1. Projetos Existentes

A Tela de Névoa em CO₂ da UltraTec, exemplificada na Figura 1(a), utiliza dispersão de CO₂ para criar uma cortina de fumaça que pode atingir até 6m de altura, produzindo um efeito cascata quase instantâneo. No entanto, cerca de 9kg de CO₂ garantem apenas 3 minutos de operação, evidenciando uma importante limitação temporal para aplicações contínuas. O sistema conta com um dissipador composto por uma sequência de canos, que conduz a fumaça até um tubo superior perfurado, garantindo distribuição uniforme. Apesar de possibilitar espaços visuais imersivos, a saturação rápida do ambiente e o ruído gerado impõem desafios à sua aplicação.

A Tela de Névoa à base de vapor d'água da Moka® FS030, Figura 1(b) se destaca pelo efeito holográfico gerado quando iluminada no escuro. Com um reservatório de 15 litros, pode operar por até 1 hora, exigindo uma bomba externa para funcionamento prolongado. Embora proporcione projeções imersivas, fatores como dissipação rápida da névoa, umidade gerada no solo e altura limitada podem dificultar sua aplicação prática.

O FogScreen Projection da LaserWorld, visto na Figura 1(c) utiliza aerossóis como névoa ou gelo seco para interagir com feixes de laser, criando projeções em ambientes 2D. Sua estrutura simplificada, composta por ventiladores e dutos, permite adaptação a diferentes fluidos. No entanto, a exibição monocromática e a dependência de aerossóis exigem controle ambiental preciso para garantir qualidade na projeção.

Por fim, o Displair®, Figura 1(d), é um sistema de projeção interativa que utiliza partículas de vapor de água estabilizadas, permitindo exibição multimídia no espaço aéreo. Sua tecnologia óptica multitouch possibilita identificação de gestos complexos sem equipamentos adicionais. Entretanto, o rastreamento de interações via Kinect 360 pode perder estabilidade em ambientes externos e muito iluminados.

Apesar dos avanços, cada tecnologia enfrenta desafios específicos que precisam ser superados para ampliar suas aplicações na visualização imersiva.

3. Identificação dos Requisitos do Dispositivo

A Figura 2 apresenta um diagrama de Venn que sintetiza os requisitos essenciais para a construção de um dispositivo de TNP [Sari et al. 2021].

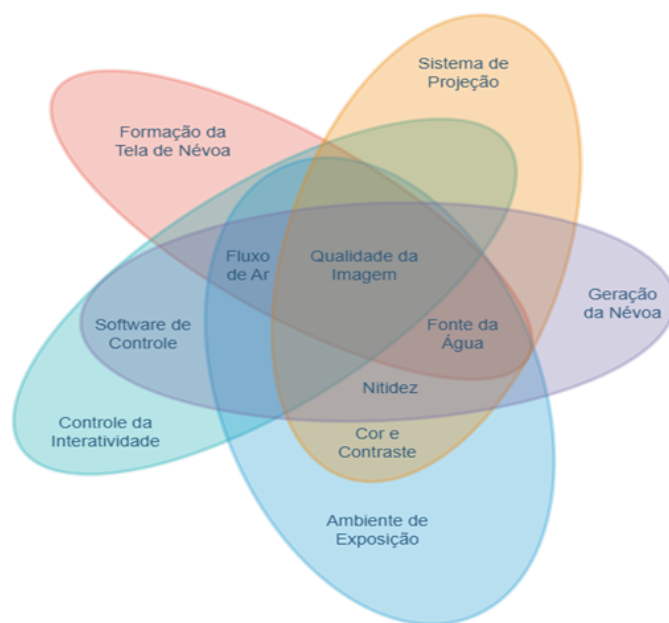


Figura 2. Diagrama de Venn sobre os requisitos do dispositivo

Essa ferramenta visual facilita a elicitacão de requisitos de software, permitindo uma compreensão clara das relações e sobreposições entre as necessidades das partes interessadas, as funcionalidades do sistema e as restrições envolvidas. Além de melhorar a comunicação entre os envolvidos, essa abordagem contribui para uma especificação mais precisa do protótipo.

O diagrama destaca requisitos fundamentais para a construção da TNP, como Geração da Névoa, Formação da Tela, Sistema de Projeção, Controle e Interatividade, e Considerações Ambientais, além de aspectos como Qualidade da Imagem e Estrutura. Cada segmento aborda elementos específicos, como a atomização ultrassônica da névoa, o fluxo de ar laminar para manter a estabilidade da tela e a definição dos parâmetros óticos do projetor.

A interseção dos conjuntos reforça a interdependência dos componentes, evidenciando, por exemplo, como a uniformidade da névoa impacta diretamente na nitidez da imagem projetada e na eficiência dos sistemas interativos. Caso a névoa não siga uma uniformidade, partes da imagem não serão representadas corretamente. Assim apresentaria falhas na projeção. O diagrama também ressalta desafios técnicos, como a estabilidade frente a variações ambientais e a necessidade de algoritmos de controle que otimizem a projeção em 2D e 3D, destacando soluções inovadoras para a integração desses requisitos.

4. Fases do Desenvolvimento do Protótipo

O projeto investiga a viabilidade da TNP como meio de exibição interativa dentro do campo da realidade virtual, com foco na construção de hologramas e apoio institucional por meio de um edital de iniciação científica. Para garantir uma abordagem estruturada, o estudo foi dividido em quatro fases: Geração da Névoa, Formação da Tela, Rastreamento da Interação e Feedback Multissensorial. Essas etapas envolvem estudos teóricos e experimentais sobre dispersão de partículas, fluxo de ar e projeção de imagem, assegurando a coerência funcional e a responsividade do sistema.

Inicialmente, o sistema de geração de névoa por aquecimento apresentou riscos térmicos e químicos, exigindo sua substituição por um umidificador ultrassônico industrial para aprimorar a segurança e eficiência.

Outro aspecto fundamental foi o dimensionamento da estrutura, que, nos primeiros testes, revelou problemas relacionados à acumulação excessiva de névoa e insuficiência na vazão pelos canais de saída. O alinhamento do volume do receptáculo e a adequação dos componentes foram essenciais para garantir a homogeneidade do fluxo. A experimentação prática demonstrou que pequenos ajustes no design impactam significativamente a estabilidade e a responsividade do sistema. Paralelamente, foram identificadas dificuldades na vedação da estrutura, exigindo soluções como a instalação de tampas metálicas com borracha e cortes estratégicos para ventoinhas adicionais. Essas modificações melhoraram o direcionamento da névoa, embora tenham evidenciado novos desafios, como o acúmulo de água na base da caixa e vazamentos residuais.

A evolução iterativa do projeto reforçou a importância da otimização contínua. O uso de borracha veda-fresta aprimorou a distribuição da névoa e a vazão pelos tubos, destacando a necessidade de um fechamento hermético preciso para evitar dispersões indesejadas. Cada ajuste revelou novas limitações, confirmando que a engenharia de sistemas interativos exige adaptação constante. Essas lições fortalecem o compromisso com o desenvolvimento de interfaces multimídia e realidade virtual.

5. Caminho a Frente

O aprimoramento do protótipo visa otimizar a projeção holográfica e solucionar desafios técnicos identificados. Para melhorar a nitidez da projeção, serão realizados ajustes estruturais, aprimoramento da dispersão da névoa e integração com sistemas ópticos. A estabilidade da imagem depende do controle preciso do fluxo de ar, sendo essencial a redistribuição das ventoinhas e a adequação dos dutos de PVC. Sensores de pressão podem ser integrados para ajustes dinâmicos, garantindo um fluxo estável. Além disso, projetores com sistemas de compensação óptica e filtros de ar serão utilizados para minimizar distorções.

A interatividade será aprimorada com sensores adicionais para mapeamento preciso dos gestos dos usuários. Câmeras infravermelhas e técnicas de visão computacional podem melhorar a previsão dos padrões de interação, proporcionando uma resposta visual mais precisa e imersiva.

Essas melhorias consolidam a TNP como um sistema inovador para projeção holográfica, expandindo suas aplicações na realidade virtual. O aprimoramento contínuo fortalece sua estabilidade e interatividade, garantindo maior eficácia nas projeções e experiências imersivas.

6. Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido com o apoio da Bolsa de Iniciação Tecnológica PIBIT, concedida pela CAPES/UTFPR, por meio do Edital PROPPG 004/2024. Agradecemos à UTFPR pelo incentivo à pesquisa e à formação científica, bem como à CAPES pelo fomento à iniciação tecnológica. O projeto ‘Investigando as interações em uma projeção holográfica em nuvem de fumaça’ só foi possível graças ao suporte institucional e ao comprometimento das equipes envolvidas.

Referências

- Agarwal, P., Garg, L., and Parihar, V. (2018). Fog screen projection. *National Journal of Multi-disciplinary Research and Development* www.nationaljournals.com, 3:1001–1003.
- Lee, C., Diverdi, S., and Hollerer, T. (2009). Depth-fused 3d imagery on an immaterial display. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 15:20–33.
- Masataka Imura, Asuka Yagi, Y. K. and Oshiro, O. (2011). Multi-viewpoint interactive fog display. In *The 21st International Conference on Artificial Reality and Telexistence*, pages 169–170.
- Omer, N. (2013). Fogscreen-a new generation of display. Technical report.
- Rakkolainen, I. (2010). Feasible mid-air virtual reality with the immaterial projection screen technology. In *2010 3DTV-Conference: The True Vision - Capture, Transmission and Display of 3D Video*, pages 1–4. IEEE.
- Salvi, R., Bhamare, P., and Vispute, P. (2020). Interactive fog screen display. *Multidisciplinary Journal of Research in Engineering and Technology*, 1:72–77.
- Sari, D. A. P., Putri, A. Y., Hanggareni, M., Anjani, A., Siswondo, M. L. O., and Raharjana, I. K. (2021). Crowdsourcing as a tool to elicit software requirements. In *AIP Conference Proceedings*, volume 2329, page 050001. AIP Publishing LLC.
- Suzuki, I., Yoshimitsu, S., Kawahara, K., Ito, N., Shinoda, A., Ishii, A., Yoshida, T., and Ochiai, Y. (2017). Design method for gushed light field: Aerosol-based aerial and instant display. In *ACM International Conference Proceeding Series*. Association for Computing Machinery.
- Tokuda, Y., Norasikin, M. A., Subramanian, S., and Plasencia, D. M. (2017). Mistform: Adaptive shape changing fog screens. In *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, volume 2017-May, pages 4383–4395. Association for Computing Machinery.
- Umemoto, M., Mizushina, H., Suyama, S., and Yamamoto, K. (2024). Evaluation of depth perception characteristics in plane fog screen. *ITE Transactions on Media Technology and Applications*, 12:68–77.