

## **PROJETO ANTROPOLOGIA FORENSE 4.0 - EXPLORANDO O METAVERSO E A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA CRIAÇÃO DE DIGITAL TWINS DE METAHUMANOS**

Rayelen de Jesus Oliveira<sup>1</sup> (PIBIT/FAPITEC); Juliana Sampaio Silva Ivo<sup>1</sup>(PIBIT/FAPITEC);  
Rafael José Mecnas Silva <sup>2</sup>(PIBIT/FAPITEC); Igor Libertador Silva<sup>1</sup> (Orientador)  
<sup>3</sup> Tâmara Luiza G. M. Nunes e Tássia Luiza G. M. Nunes

(Rayelen.jesus) @souunit.com.br;

<sup>1</sup> Universidade Tiradentes/Ciência da Computação/Aracaju/SE.

<sup>2</sup> Grupo de Pesquisa Interdisciplinar em Tecnologia, Computação e Sociedade (GPITCS) - Aracaju/SE.

<sup>3</sup>ADA Metaverse – Aracaju, SE, Brazil

**1.00.00.00-9 Ciências Exatas e da Terra;1.02.00.00-8 Ciência da Computação**

### **RESUMO**

O avanço das tecnologias tridimensionais (3D), associado à inteligência artificial (IA), tem revolucionado o campo das ciências forenses, permitindo análises mais precisas, imersivas e interativas das cenas criminais. Essa integração tecnológica tem ampliado as possibilidades de visualização e interpretação de evidências, fortalecendo tanto o processo investigativo quanto o ensino e a formação pericial. Nesse contexto, o presente trabalho propõe a criação e validação de um protótipo de reconstrução forense imersiva, desenvolvido em ambiente tridimensional, com o intuito de reproduzir de forma interativa um caso real de atropelamento, integrando modelagem 3D, simulação física e IA conversacional. O principal objetivo do estudo é demonstrar a viabilidade de um sistema interativo capaz de recriar digitalmente a dinâmica de um acidente e de promover aprendizado baseado na investigação. Além disso, busca-se avaliar o potencial educativo da interação com um agente inteligente, um legista virtual, capaz de mediar o raciocínio pericial e auxiliar na compreensão das evidências. O trabalho também objetiva destacar o uso de tecnologias emergentes como ferramentas de apoio às práticas forenses e de ensino, reforçando o valor experimental da simulação computacional. A metodologia adotada envolveu a integração de três plataformas principais: o *Blender*, utilizado para criação, texturização e otimização dos modelos tridimensionais; o *Unity*, responsável pela simulação física, movimentação dos elementos e interação em tempo real; e o *ConvAI*, plataforma de IA usada para o desenvolvimento do *NPC legista*, alimentado pelo modelo de linguagem *Gemini-1.5-Flash*, da Google DeepMind. O NPC foi programado para responder a perguntas, levantar hipóteses e correlacionar evidências com princípios biomecânicos e forenses, fundamentando-se no estudo *VIRTOPSY* (Thali et al., 2005), referência internacional em reconstruções periciais tridimensionais. Os resultados demonstraram que a simulação conseguiu reproduzir de forma fidedigna a cena do atropelamento, incluindo veículo, vítima e pontos de impacto, além de permitir ao usuário explorar a sequência dos eventos sob orientação do NPC legista. Esse personagem atuou como mediador do processo investigativo, oferecendo explicações técnicas, narrativas didáticas e feedback contínuo, o que promoveu um ambiente de aprendizado ativo e imersivo. As métricas observadas, como o engajamento dos usuários e a capacidade de reter informações durante a interação, ainda em fase de teste e prototipação, indicam potencial ganho de aprendizado e maior compreensão da dinâmica forense, sugerindo resultados promissores para futuras aplicações educacionais e periciais. Conclui-se que a combinação entre modelagem 3D, física

computacional e IA conversacional constitui uma ferramenta poderosa para ensino e prática forense, proporcionando novas formas de análise e reconstrução digital. O projeto reforça o potencial educacional e experimental das tecnologias imersivas e sugere, como continuidade, a integração com realidade virtual, aprimoramento da modelagem biomecânica e aplicação de testes de usabilidade para avaliar de forma quantitativa o impacto na imersão e no aprendizado.

**PALAVRAS-CHAVE:** inteligência artificial, reconstrução forense, simulação 3D.

**Agradecimentos:** Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Apoio à Pesquisa e à Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe (FAPITEC/SE) pelo apoio institucional e financeiro, por meio da concessão de bolsa de pesquisa que viabiliza o desenvolvimento deste projeto..

## ABSTRACT

The advancement of three-dimensional (3D) technologies, combined with artificial intelligence (AI), has revolutionized the field of forensic science by enabling more precise, immersive, and interactive analyses of crime scenes. This technological integration has expanded the possibilities for visualizing and interpreting evidence, strengthening both investigative processes and educational training in forensic practice. In this context, the present study proposes the creation and validation of an immersive forensic reconstruction prototype, developed in a tridimensional environment, designed to interactively reproduce a real hit-and-run case by integrating 3D modeling, physical simulation, and conversational AI. The main objective of this research is to demonstrate the feasibility of an interactive system capable of digitally recreating the dynamics of an accident while fostering investigation-based learning. Additionally, it seeks to evaluate the educational potential of interacting with an intelligent agent, a virtual pathologist, capable of mediating forensic reasoning and assisting in the comprehension of evidence. The project also aims to highlight the use of emerging technologies as supportive tools for forensic and educational practices, reinforcing the experimental value of computational simulation. The adopted methodology involved the integration of three main platforms: Blender, used for the creation, texturing, and optimization of tridimensional models; Unity, responsible for physical simulation, movement, and real-time interaction; and ConvAI, an AI platform employed to develop the NPC pathologist, powered by the Gemini-1.5-Flash language model from Google DeepMind. The NPC was programmed to answer questions, formulate hypotheses, and correlate evidence with biomechanical and forensic principles, based on the VIRTOPSY study (Thali et al., 2005), an international reference in 3D forensic reconstructions. The results demonstrated that the simulation successfully and accurately reproduced the hit-and-run scene, including the vehicle, the victim, and the impact points, while allowing users to explore the sequence of events under the guidance of the NPC pathologist. This character acted as a mediator of the investigative process, providing technical explanations, didactic narratives, and continuous feedback, which fostered an active and immersive learning environment. The observed metrics, such as user engagement and information retention during interaction, still in the testing and prototyping phase, indicate potential learning gains and enhanced understanding of forensic dynamics, suggesting promising outcomes for future educational and forensic applications. It is concluded that the combination of 3D modeling, computational physics, and conversational AI constitutes a powerful tool for forensic education and practice, providing new methods for digital analysis and reconstruction. The project reinforces the educational and experimental potential of immersive technologies and proposes, as future work, the integration with virtual reality, enhancement of biomechanical modeling, and the implementation of usability testing to quantitatively assess immersion and learning impact.

**KEYWORDS:** artificial intelligence, forensic investigation, 3D simulation.

**ACKNOWLEDGEMENTS:** The authors thank the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq) and the Foundation for Support to Research and Technological Innovation of the State of Sergipe (FAPITEC/SE) for institutional and financial support through the research scholarship that enables the development of this project.

## REFERÊNCIAS

Koller, S., Ebert, L. C., Martinez, R. M., e Sieberth, T. (2019). Using virtual reality for forensic examinations of injuries. *Forensic science international*, 295:30–35.

Ma, M., Zheng, H., e Lallie, H. (2010). Virtual reality and 3d animation in forensic visualization. *Journal of forensic sciences*, 55(5):1227–1231.

Maneli, M. A. e Isafiade, O. E. (2022). 3d forensic crime scene reconstruction involving immersive technology: A systematic literature review. *IEEE Access*, 10:88821–88857.

Thali, M. J., Braun, M., Buck, U., Aghayev, E., Jackowski, C., Vock, P., Sonnenschein, M., e Dirnhofer, R. (2005). Virtopsy—scientific documentation, reconstruction and animation in forensic: individual and real 3d data based geo-metric approach including optical body/object surface and radiological ct/mri scanning. *Journal of Forensic and Sciences*, 50(2):JFS2004290–15.

Villa, C., Lynnerup, N., e Jacobsen, C. (2023). A virtual, 3d multimodal approach to victim and crime scene reconstruction. *Diagnostics*, 13(17):2764.