

Proposta de Arquitetura para Simuladores de Realidade Virtual Voltados à Capacitação de Forças Policiais

Ícaro da S. Barbosa, Creto A. Vidal, Joaquim B. Cavalcante Neto, Antônio J. Melo Leite Junior, George A. M. Gomes

Universidade Federal do Ceará (UFC)
Fortaleza, Brasil

icaro_s_barbosa@outlook.com, {cvidal, joaquimb}@dc.ufc.br, {melojr, george}@virtual.ufc.br

Resumo: A utilização da Realidade Virtual (RV) em treinamentos vem trazendo economia e segurança na realização de atividades nas mais diversas áreas. Neste artigo é proposta a utilização da RV em treinamentos voltados a forças policiais e militares, envolvendo as práticas de tiro e avaliação de conduta e tomada de decisões. Para tanto é proposta uma arquitetura que fornece recursos a treinandos e instrutores, permitindo uma simulação altamente controlada para a capacitação de profissionais de forças de segurança. Tal solução deverá ser empregada como complemento aos métodos tradicionais de capacitação, visando a minimização de gastos com recursos materiais (aluguel de estandes/locações, aquisição de projéteis e armas etc.) e buscando sempre garantir a manutenção da segurança de todos os envolvidos.

Palavras-chave: realidade virtual; simulador; segurança e defesa.

1. Introdução

Por conta do desenvolvimento tecnológico, simuladores vêm sendo usados na capacitação profissional em áreas diversas [1], abrangendo, por exemplo, desde treinamentos médicos, como a aplicação Acadicus que é utilizada em faculdades e empresas de medicina [2], até o emprego do jogo Microsoft Flight Simulator, que, inclusive, já é aceito como parte do treinamento para pilotos de avião [3]. O uso desses tipos de simuladores decorre de seu grande controle, possibilitando a diminuição de custo na qualificação de mão de obra e o aumento da segurança no treinamento [4].

Em particular, na formação de Forças de Segurança, simuladores baseados em Realidade Virtual (RV) vêm sendo utilizados principalmente para diminuir custos com alugueis de estandes de tiro e outras locações utilizadas em exercícios, bem como minimizar o deslocamento de treinandos e instrutores. Além disso, tais sistemas visam também a massificação do treinamento, otimizando o uso de armas, projéteis e demais equipamentos [5].

É importante notar que, nos últimos anos, o desenvolvimento de novos equipamentos, como HMDs (*head-mounted displays*, capacetes de visualização 3D) de baixo custo, controles dos mais diversos e sensores de posicionamento de membros humanos têm diminuído consideravelmente seus custos. Tais tecnologias, inclusive, já têm sido empregadas com sucesso em diversos jogos eletrônicos, tais como [6]. E, apesar de serem elaborados para fins diferentes, esses novos recursos dos jogos, agora disponíveis a todos, podem – e devem – ser empregados também em simuladores.

O emprego dessas tecnologias pode acrescentar novos recursos aos já citados simuladores voltados à capacitação de Forças de Segurança. Os modelos atuais, em sua grande maioria, não são tão imersivos [5], geralmente utilizando projeções em superfícies planas, como paredes ou grandes telas. Apesar da eficiência demonstrada na prática de tiro [7], tais simuladores operam com um o número limitado de pontos de visão

da projeção, fazendo com que o treinando precise ficar em posições específicas em relação à tela.

Sendo assim, o presente trabalho propõe uma arquitetura que faz uso de tecnologias de baixo custo de RV imersiva para simulação de ocorrências diversas relacionadas à capacitação de Forças de Segurança. Desta forma, além de detectar precisamente o local de disparos de projéteis virtuais disparados por armas (reais ou simulacros) em alvos virtuais, como normalmente já ocorre nos simuladores atuais, será possível também avaliar o devido posicionamento do treinando em abordagens a suspeitos ou o modo como o mesmo reage a uma situação de estresse, por exemplo. Busca-se, assim, não só aprimorar a prática de tiro na capacitação de Forças de Segurança, mas principalmente também permitir simular situações específicas e auxiliar instrutores a avaliarem devidamente a conduta dos treinandos e suas decisões tomadas.

Este artigo está dividido em 4 seções. Na segunda seção é discutida a importância e benefícios no uso de simuladores. A terceira seção apresenta a metodologia e arquitetura de simulador proposta e resultados preliminares. Por fim, na quarta seção são realizadas as considerações finais e apresentadas propostas de trabalhos futuros e contribuições esperadas deste presente artigo.

2. Discussão

Percebe-se que, de um modo geral, a utilização de simuladores de RV para a capacitação de mão de obra apresenta diversos benefícios, principalmente permitindo que os participantes possam exercitar bastante antes de seguirem para a prática em ambiente real. Assim, problemas poderão ser observados previamente e menos erros deverão ser cometidos posteriormente. Na capacitação de Forças de Segurança não é diferente, e tais simuladores podem levar a uma maior redução de custos, garantir a segurança de participantes (treinandos e instrutores) e buscar uma

maior eficiência nos treinamentos. Tais fatores são discutidos a seguir.

2.1 Redução de custos

Muitos são os gastos necessários para se realizar um treinamento que envolve o disparo de projéteis. Por exemplo, de acordo com o Portal da Transparência [10] da Controladoria-Geral da União, foram gastos entre R\$ 600,00 e R\$ 1.300,00 por marcadores de tempo (cronômetro utilizado por instrutores de tiro) em 2015 e R\$ 33.410,00 em alvos de tiro somente para a Polícia Federal do Rio de Janeiro. Já no Portal Ceará Transparente [11], foram gastos em torno de R\$ 90,00 por diária a policiais militares para participarem de treinamentos em Fortaleza entre 2018 e 2019; e entre 2013 e 2014 foram gastos em torno de R\$ 612.449,00 na compra de materiais (armas de fogo, simulacros, coletes de proteção balística, munições etc.), destinados aos cursos de treinamento do efetivo policial para a capacitação aos eventos relativos à Copa do Mundo FIFA 2014, sediado no estado.

Com o uso do tipo de solução aqui proposta, tais gastos seriam reduzidos, pois o treinando passaria inicialmente pelo sistema de RV para só então seguir para as práticas reais. Todos os automatismos da coleta e análise dos dados gerados podem fazer com que se precise de menos profissionais qualificados para avaliação, podendo-se apontar mais claramente as dificuldades que os participantes do treinamento estão apresentando. Assim, por já haver tido experiência no ambiente virtual, sendo devidamente acompanhado por instrutores, seria menor a necessidade de equipamentos (armas, projéteis, alvos etc.) ao treinar no ambiente real, inclusive diminuindo custos envolvidos com organização, logística e afins.

2.2 Garantia de Segurança

O perigo de manusear uma arma não se restringe somente a pessoas inexperientes, mas também se estende a pessoas experientes, que podem involuntariamente realizar um tiro. Por exemplo, entre 1994 e 2002 houve três situações de tiros involuntários por policiais do Condado de Onondaga, em Nova York [12]. Um desses casos foi de um instrutor que acidentalmente atirou na parede de uma sala de aula ao demonstrar como remover a arma do coldre.

Ao utilizar simulacros no lugar das armas, as aulas se tornam mais seguras, pois diminui a possibilidade de erros ao atirar ou ao demonstrar técnicas específicas, removendo os danos causados por tais erros, além de se aumentar o conforto e a confiança dos treinandos [13].

2.3 Busca de Eficiência

Pesquisas anuais realizadas pela polícia dos Estados Unidos mostram que a performance de tiro dos policiais em situações com pouca pressão é acima dos 90%; enquanto, em situações de grande pressão, a performance cai para 50% ou menos [14]. O estudo realizado por [15] aponta que grupos que passaram por treinamentos envolvendo pressão acabam não

apresentando degradação em suas performances; também foi visto que o desempenho permaneceu inalterado mesmo após quatro meses da realização do treinamento. O mesmo não ocorre com os grupos que não sofreram pressão, que após o treinamento ainda apresentam a mesma degradação apresentada nas pesquisas citadas.

Como o simulador proposto no presente trabalho pode estabelecer as mais variadas situações de treinamento, repetindo-as com o mínimo de gasto, permite-se que todos os treinandos possam experimentar as mesmas experiências, com ou sem pressão, e que possam refazê-las o quanto necessário for. Assim todos os treinandos terão níveis equiparados de aprendizagem, e precisarão passar por menos processos reciclagem no decorrer de suas carreiras.

3. Metodologia

Este trabalho propõe uma definição de modelo e arquitetura de simulador de tiro que serão definidos a seguir. Após, serão descritos os protótipos que atualmente já estão implementados.

3.1 Modelo Definido

A análise inicial dos requisitos necessários ao tipo de treinamento a ser realizado define as seguintes entidades principais a serem consideradas:

- **Treinando:** Entidade que utilizará o simulador através de uma interface de hardware baseada em RV, proporcionando uma simulação com imersão de ambientes de estandes de tiro (abertos e fechados) ou locações específicas (ruas, bares etc.) para as simulações de situações que ocorrem no dia a dia da profissão;
- **Instrutor:** Pessoa que terá acesso aos dados gerados pelo simulador, acessando um subsistema de análise disponibilizado pela plataforma de simulação;
- **Simulador:** Entidade de software que coletará informações importantes do treinando para posterior avaliação pelo instrutor, englobando dados diversos, tais como posicionamento de membros do treinando, postura corporal e disparos realizados, considerando tempo e espaço.

3.2 Arquitetura

A fim de contemplar as necessidades estabelecidas pelo modelo apresentado anteriormente, a proposta (Figura 1) define os seguintes elementos:

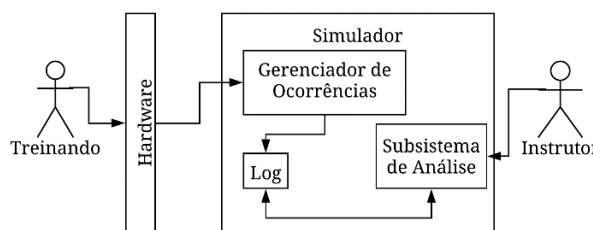


Figura 1. Arquitetura do modelo proposto.

- **Treinando:** Pessoa que utilizará o simulador;
- **Hardware:** Interface que será utilizada pelo treinando para interagir com o simulador, sendo composta por um HMD e controles para interação. Tais controles poderão ser adaptados para funcionar como simulacros, emulando formas e pesos de armas reais;
- **Simulador:** O sistema que será utilizado tanto pelo treinando quanto pelo instrutor, sendo dividido em:
 - Gerenciador de Ocorrências: Responsável por gerenciar os eventos gerados pelo Treinando a partir do Hardware;
 - Log: Local onde informações como posicionamento, postura, disparos realizados etc. Serão armazenadas e disponibilizadas posteriormente ao Subsistema de Análise;
 - Subsistema de Análise: Sistema responsável por acessar as informações contidas no Log e disponibilizá-las ao Instrutor.
- **Instrutor:** Pessoa que utilizará o subsistema de análise a fim de acessar informações de treinamentos, dispondo de recursos de agrupamento de dados, avaliações estatísticas e afins;

3.3 Protótipos atuais

A partir da arquitetura especificada anteriormente, já foram desenvolvidos dois protótipos: um de estande de tiro fechado e outro aberto. Ambos foram gerados empregando-se o motor de jogos Unity 3D [8] e compilados para o HMD Oculus Quest 2 [9]. Tais soluções de desenvolvimento foram selecionadas devido à popularidade do Unity e sua farta documentação, promovida principalmente por sua comunidade; e ao Oculus Quest 2 ser uma das opções mais baratas, custando por volta de \$500 dólares no Brasil, e por também conseguir funcionar em modo *stand alone*, sem a necessidade de processamento externo ao dispositivo, ou seja, sem precisar de um computador para execução

das simulações em RV, permitindo seu uso 24/7 sem depender de configuração ou uso de dispositivos externos. Em ambos os protótipos é utilizado o algoritmo de Raycast implementado pelo próprio Unity para identificar a posição onde ocorrem as colisões dos tiros nos alvos virtuais. Os controles do Quest são utilizados para posicionar, simulando, de forma simplificada uma arma real.

▪ **Protótipo 1: Estande de Tiro Aberto**

O estande aberto (Erro: origem da referência não encontrada-a) consiste em uma área aberta que possui barreiras onde surgem alvos aleatoriamente em posições predefinidas. Alguns desses alvos (bandidos) devem ser atingidos em um determinado tempo, enquanto outros (inocentes) devem ser evitados. Para tanto, o participante do treinamento utiliza um dos controles para interagir com a arma durante a simulação. Ao final, é apresentada na tela uma pontuação que considera o conjunto de alvos acertados.

▪ **Protótipo 2: Estande de Tiro Fechado**

O estande fechado (Erro: origem da referência não encontrada-b) simula uma sala separada em baias. Cada baia possui um alvo móvel acoplado a trilhos, cuja distância pode ser controlada livremente (ou serem colocadas posições predefinidas) através de botões no próprio ambiente virtual. Novamente, o participante utiliza um dos controles para empunhar a arma e efetuar disparos; e, ao final da simulação, é apresentada uma pontuação que considera a distância que os tiros atingiram no alvo em relação ao centro do mesmo, além de sua distância no trilho, apresentando os pontos de acerto no alvo.

Dada a infraestrutura de *software* e de *hardware* já desenvolvida, atualmente outros protótipos já se encontram em desenvolvimento, envolvendo situações específicas de abordagem de suspeitos e outros tipos de ocorrências comuns no dia a dia de Forças de Segurança.

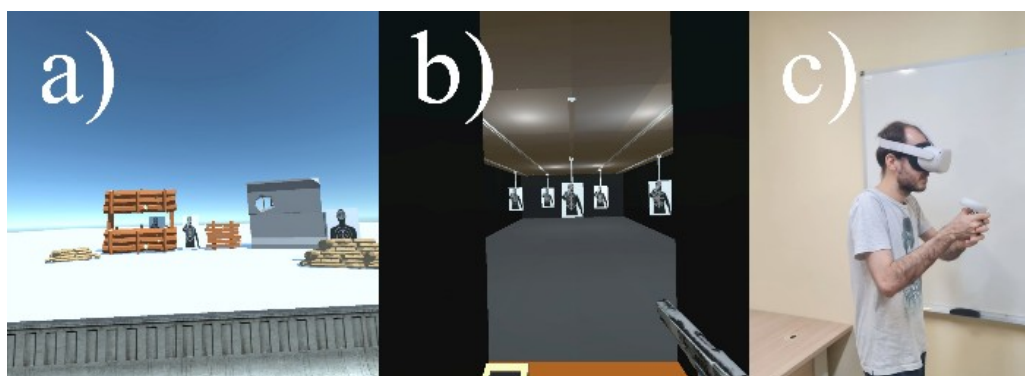


Figura 2 . Imagens dos protótipos desenvolvidos. a) mostra o protótipo de estande de tiro aberto, enquanto b) o de estande de tiro fechado. A imagem c) mostra um usuário utilizando o simulador.

4. Conclusões e Trabalhos Futuros

Percebe-se que a utilização de simulações para o treinamento de Forças de Segurança se faz essencial; e, com a evolução da RV, surgem novas possibilidades de capacitação, tornando os exercícios virtuais mais imersivos, interativos e interessantes de serem utilizados. Sendo assim, como trabalhos futuros, deseje-se agora dar andamento aos protótipos já existentes, acrescentando-se módulos para testes comportamentais em situações mais específicas que a simples prática de tiro. Desta forma, ainda empregando a mesma arquitetura já definida, deverão ser trabalhadas análises de voz e de movimentação para a avaliação das reações dos alunos em situações cotidianas de policiais e militares. Tais situações serão definidas com a ajuda de especialistas em treinamento de Forças de Segurança, seguindo orientações de conduta e doutrina específicas.

Futuramente, espera-se também acrescentar interações multiusuário, em que treinandos e instrutores poderão participar simultaneamente em um mesmo local virtual, mesmo estando fisicamente distantes. Para tanto, espera-se aproveitar principalmente a evolução do 5G que, por oferecer uma grande largura de banda para a transmissão de dados e mínima latência, deverá possibilitar uma operação em tempo real [16].

Além disso, espera-se acrescentar recursos de automação total ou parcial para a avaliação de variáveis específicas (desempenho de práticas de tiro, posicionamento do treinando no ambiente, tomada de decisões etc.), no subsistema de análise dos dados, facilitando as tarefas do instrutor, permitindo-se focar nos treinandos com maiores dificuldades e podendo-se aferir com mais precisão o progresso de turmas completas.

Também se deseja realizar testes com usuários reais desse tipo de simulação, forças militares e policiais, a fim de avaliar a usabilidade e a eficácia do simulador desenvolvido. Assim, espera-se contribuir para o fornecimento de soluções que permitam uma capacitação mais efetiva de Forças Policiais, com impactos diretos, tanto tecnológicos quanto sociais.

Referências

- [1] Burdea, G.; Coiffet, P. (2003) Virtual reality technology, 2^a ed. IEEE Press.
- [2] Acadicus. Online: <https://academic.com/about/>. Acesso em 18/08/22
- [3] EAA. Online: <https://www.eaa.org/ea/news-and-publications/ea-news-and-aviation-news/news/11-19-2020-eea-teaming-with-microsoft-flight-simulator-to-provide-scholarships-education-resources>. Acesso em 17/08/22

- [4] Júnior, A. J. M. L.; Gomes, G. A. M.; Junior, N. A. C.; Santos, A. D. dos; Vidal, C. A.; Cavalcante-Neto, J. B.; Gattass, M. (2012) System Model for Shooting Training Based on Interactive Video, Three-Dimensional Computer Graphics and Laser Ray Capture. 14th Symposium on Virtual and Augmented Reality, 254–260. [10.1109/SVR.2012.12](https://doi.org/10.1109/SVR.2012.12)
- [5] Armas, C.; Tori, R.; Netto, A. V. (2020) Use of virtual reality simulators for training programs in the areas of security and defense: a systematic review. *Multimedia Tools and Applications* 79: 3495–3515. DOI: [10.1007/s11042-019-08141-8](https://doi.org/10.1007/s11042-019-08141-8)
- [6] Amir, M. H.; Quek, A.; Sulaiman, N. R. Bin; See, J. (2016) DUKE: Enhancing Virtual Reality Based FPS Game with Full-Body Interactions. Proc. 13th International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology, 35: 1-6 DOI: [10.1145/3001773.3001804](https://doi.org/10.1145/3001773.3001804)
- [7] Blacker, K. J.; Pettijohn, K. A.; Roush, G.; Biggs, A. T. (2021) Measuring Lethal Force Performance in the Lab: The Effects of Simulator Realism and Participant Experience. *Human Factors* 63(7): 1141–1155. [10.1177/0018720820916975](https://doi.org/10.1177/0018720820916975)
- [8] Unity. <https://unity.com/pt>. Acesso em 19/08/22
- [9] Meta Quest 2: Our Most Advanced New All-in-One VR Headset | Meta Store. Online: <https://store.facebook.com/quest/products/quest-2>. Acesso em 19/08/22
- [10] Portal da Transparência. Online: <https://www.portaltransparencia.gov.br/>. Acesso em 18/08/22
- [11] Ceará Transparente. Online: <https://ceartransparente.ce.gov.br/>. Acesso em 18/08/22
- [12] Free Republic. Online: <https://freerepublic.com/focus/news/729088/posts?page=222>. Acesso em 16/08/22
- [13] Komulainen, T. M.; Sannerud, R.; Nordsteien, B.; Nordhus, H. (2012) Economic benefits of training simulators. *Gulf Publishing Company*, 233: R61–R65. 10642/1544.
- [14] Morrison, G. B.; Vila, B. J. (1998) Police handgun qualification: practical measure or aimless activity? *Policing: An International Journal of Police Strategies & Management* 21(3): 510–533. DOI: [10.1108/13639519810228804](https://doi.org/10.1108/13639519810228804)
- [15] Nieuwenhuys, A.; Oudejans, R. R. D. (2011) Training with anxiety: short- and long-term effects on police officers' shooting behavior under pressure. *Cognitive Processing* 12: 277–288. DOI: [10.1007/s10339-011-0396-x](https://doi.org/10.1007/s10339-011-0396-x)
- [16] Lee, L.-H.; Braud, T.; Zhou, P.; Wang, L.; Xu, D.; Lin, Z.; Kumar, A.; Bermejo, C.; Hui, P. (2021) All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda. Technical Report. DOI: [10.13140/RG.2.2.11200.05124/8](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11200.05124/8)