

O Estado da Arte das Simulações Militares

Dino L. Figueirôa Santos¹, Alysson N. de Lucena², Diego da S. Pereira³, Julio C. P. de Melo⁴

¹ Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aeroespacial (PPGEA), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, RN - Brasil

² Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Computação (PPGEEC), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, RN – Brasil

³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – Parnamirim (IFRN), Parnamirim, RN - Brasil

⁴ Instituto Metrópole Digital (IMD), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, RN - Brasil

dino.lincoln@ufrn.br, alysson.lucena@hotmail.com,
diego.pereira@ifrn.edu.br, julio.melo@imd.ufrn.br

Abstract. — *The simulations methodologies are merged with military history. They are used from ancient board war games to modern modern military exercices. It represents an indispensable tool for preparing the troops and for anticipating the outcome in an eventual conflict. Within the profound transformation that took place as a result of the digitization of products from the 1980s onwards, military simulations began to be categorized as: constructive, virtual and live. This exploratory research presents, through technical visits and literary reiew, the State of Art of serious games across these categories, detailing the technologies employed by the Armed Forces for simulations in land, air and sea. Through the research, it is also pointed out how the Mixed Reality is the main technological trend emerging in this scenario.*

Keywords— *military, simulation, training, serious games, simulators*

Resumo. *Desde os antigos Jogos de Guerra em tabuleiro aos modernos exercícios digitalizados, as simulações se confundem com a história militar. Representam uma imprescindível ferramenta para o preparo da tropa e para antecipação de qual o resultado do emprego dela num eventual conflito. Com a profunda transformação ocorrida partir dos anos 1980, decorrente da digitalização de produtos, passou-se a categorizar as simulações militares em: construtiva, virtual e viva. Esta pesquisa exploratória apresenta através de visitas técnicas e revisão literária o Estado da Arte dos serious games em cada uma destas categorias, detalhando as tecnologias empregadas pelas Forças Armadas para simulações em terra, ar e mar. Através do levantamento realizando ainda aponta-se a Realidade Mista é a principal tendência tecnológica emergindo neste cenário.*

Palavras-chave— *militar, simulação, treinamento, serious games, simuladores*

1. Introdução

A simulação militar é a mais eficiente das ferramentas para prever o resultado do emprego de um determinado contingente militar antes de um conflito. Portanto, um recurso crítico para as Forças Armadas de qualquer nação. Sendo um dos principais autores da estratégia militar, Sun Tzu [Tzu, S. 2019], afirmava à cerca de 500 A.C. que: “O general que vence uma batalha, fez muitos cálculos no seu templo, antes de ser travado o combate”. Estes cálculos significam, especificamente, as simulações do confronto. O Kriegsspiel, criado no Século 19, era uma mesa contendo vários blocos representando o terreno, tropas e distâncias. Ele permitia a simulação de deslocamentos e até previsão de nível do dano provocado por fogo de artilharia [Cunha, A. L. 2011].

Esta temática tão crucial para a atividade militar sofreu uma drástica transformação a partir do crescimento exponencial dos artefatos digitais nos anos 1980. Temos o advento dos serious games como entendemos hoje: games que possuem outra função que não entreter [Freire, D. D. C. 2020]. Foi quando se converteram Jogos de Guerra em formato computadorizado. A simulação militar evoluiu rapidamente, agrupando-se em três grandes categorias: simulação construtiva, simulação virtual e simulação viva [Mota, T. W. 2020].

Para apresentação do Estado da Arte destes tipos de simulação, este artigo divide-se nesta introdução com a contextualização histórica, a descrição do processo metodológico, a apresentação dos resultados ao longo das três categorias supracitadas, tendências e, por fim, as conclusões tecendo as efetivas contribuições que estas novas tecnologias trazem.

2. Procedimentos Metodológicos

Esta pesquisa realizou-se através de uma abordagem metodológica explorativa [Gil, A. C. 2002]. Foram realizadas visitas técnicas de forma presencial a centros de treinamento, empresas e eventos considerados relevantes. Efetuou-se um levantamento literário de publicações sobre as temáticas: “simulação militar”, “simulação viva” e “simulação construtiva”. Através de uma revisão analítica, buscou-se organizar as tecnologias obtidas por nível de realismo, de maneira a explicitar quais delas representam o Estado da Arte da simulação militar em operação.

2.1 Recorte da Pesquisa

As visitas técnicas foram realizadas entre 2016 e 2022, em 4 instituições ou eventos. As imagens apresentadas neste artigo são as disponibilizadas publicamente por estas instituições em suas redes sociais. Abaixo, listadas as visitas.

- **CA-Leste (Centro de Adestramento – Leste) - RJ:** Organização Militar (OM) do Exército Brasileiro (EB) que emprega sistemas de simulação.
- **ALA 10 – BANT (Base Aérea de Natal) – RN:** Organização da FAB (Força Aérea Brasileira) que utiliza simuladores como parte da formação de aviadores.
- **DEFENDER TECHNOLOGIES – PE:** Única empresa privada brasileira a desenvolver sistemas de simulação viva para combate com armas leves.
- **LAAD SECURUTY & DEFENSE – RJ:** Edição da maior feira de produtos militares da América Latina, com fornecedores de mais de 80 países.

Levantaram-se 19 publicações sendo 11 acadêmicas: artigos, teses e monografias. As demais são conteúdo técnico especializado. Todas referenciadas ao longo deste artigo.

Se faz importante destacar que, mesmo a pesquisa sendo realizada fisicamente no Brasil, as tecnologias apresentadas estão no Estado da Arte em patamar mundial. Sendo ora referenciadas algumas das tecnologias em uso no Brasil, ora em Forças Armadas de outras nações.

2.2. Categorias de Simulação

As simulações são categorizadas por nível de realismo conforme a Tabela 1, abaixo.

Tabela 1. Categorias de simulação militar..

Tipos de simulação	Componentes			
	<i>Objetos</i>	<i>Pessoas</i>	<i>Cenário</i>	<i>Efeitos</i>
Construtiva	Virtual	Virtual	Virtual	Virtual
Virtual	Real	Virtual	Virtual	Virtual
Viva	Real	Real	Real	Virtual

Convencionou-se que quanto maior a quantidade de componentes reais (fisicamente tangíveis), maior é o nível de realismo (Figura 1).



Figura 1. Diagonal do Realismo (meramente ilustrativa – sem escala).

Nas seções a seguir estão as últimas tecnologias para cada uma destas categorias.

3. Simulação Construtiva

É a categoria que mais se assemelha aos antigos Jogos de Guerra de tabuleiro, só que em formato digital [Smith, R. 2010].

O EB atualmente emprega o sistema COMBATER da empresa MASA. O denominado Simulador de Adestramento de Comando e Estado Maior (SimACEM) compreende o software e todo o prédio para comportar centenas de militares participando do exercício [Menegaz, G. M. 2020]. Concomitantemente, a Marinha do Brasil (MB), através do CASNAV (Centro de Análises de Sistemas Navais) utiliza o

SSGN (Sistema de Simulação de Guerra Naval), apresentado na Figura 2 [MARINHA DO BRASIL 2020].



Figura 2. Sistema de simulação de guerra da MB.

Este simulador auxilia as atividades da Escola de Guerra Naval, exercitando o emprego de frotas marítimas e aeronavais. O software provê desde o preparo e planejamento das operações, passando pela simulação da guerra em si e chegando à Análise Pós-Ação com ricos detalhes informacionais.

A FAB possui simulador construtivo desenvolvido pelo IEAv (Instituto de Estudos Avançados). Este software permite simular o resultado de diversos tipos de combates aéreos, inclusive o desempenho de esquadrilhas em combates BVR (Beyond Visual Range), que é o engajamento com mísseis de médio e longo alcance [Costa, A. N., & Geraldo, D. 2018].

4. Simulação Virtual

É a modalidade de simulação que envolve os participantes com equipamentos reais em cenários virtuais, como na Figura 3 abaixo.



Figura 3. Militares da infantaria da USAF em simulador virtual.

O advento da metodologia de projeto chamada Design Baseado em Plataforma (PBD – Platform-based Design) permitiu que jogos para PC fossem rapidamente reconfigurados para simuladores militares profissionais. As plataformas normalmente utilizadas neste meio são os engines CryENGINE, Unity 3D, Unreal, X-Plane, DCS (Digital Combat Simulator) e VBS (Virtual Battlespace) [Figueirôa, D. L. 2009]. A seguir apresentam-se simuladores empregados para treinamento e avaliação de combatentes na terra, no ar e no mar, respectivamente.

4.1 Combate Terrestre

A tecnologia de simulação virtual utilizando RV mais avançada é o DSTS (Dismounted Soldier Training System)[Bink, M. L., et. Al. 2015]. Nela, cada soldado veste módulos do equipamento que incluem uma CPU (computador) nas costas, rede de sensores e um capacete com HMD (Helmet-mounted Display), uma interface de RV. A simulação normalmente ocorre com os militares participantes estacionários em uma sala e a movimentação por dentro do cenário virtual se dá pelo uso de joysticks instalados nos armamentos físicos, que na verdade são simulacros. Dentro dos visores, o ambiente visualizado é totalmente virtual (Figura 4).



Figura 4. Exército dos EUA empregando simulação virtual.

Para a formação dos combatentes de artilharia o EB utiliza o SIMAF (Simulador de Apoio de Fogo). Desenvolvido pela empresa espanhola Tecnobit em parceria com o EB [da Silva Rodrigues, et. Al. 2017]. O uso deste tipo de serious game teve um impacto direto no aprendizado dos cadetes da AMAN, com acréscimo na pontuação média nas provas das disciplinas que envolvem a ferramenta [AMAN 2021].

Na seção a seguir apresenta-se a mesma modalidade de simulação aplicada ao treinamento em aviação militar.

4.2. Simulação de Voo

Os modernos simuladores de voo digitais se subdividem em algumas categorias. As 3 principais utilizadas para treinamento na aviação militar encontram-se abaixo.

O PC-ATD (PC-Aviation Training Device) é um simulador considerado de baixo custo baseado em PC (Personal Computer), periféricos como joysticks e, as vezes, óculos de RV. Na Figura 5 é possível observar um aviador da USAF (United States Air Force) em treinamento para aeronave A-10 Warthog no 335th Training Squadron [Trevithick J. 2021].



Figura 5. Treinamento no 335th Training Squadron (USAF) usando PC-ATD

O FTD (Flight Training Device), é uma réplica do cockpit de alguma aeronave com o cenário virtual projetado num telão a frente. O Esquadrão Joker, guarnecido na Base Aérea de Natal, tem a finalidade de formar pilotos de utilizando a aeronave A-29 Super Tucano. Parte do treinamento é realizado num FTD, fabricado pela Elbit.

O FFS (Full Flight Simulator) é o mais avançado. Normalmente possui base móvel em 6 eixos de movimento. Capaz de simular as acelerações e, às vezes, até fumaça a bordo. O aparelho do EB, denominado SHEFE (Simulador de Helicóptero Esquilo/Fennec), foi desenvolvido em parceria com a empresa SPECTRA a um custo aproximado de R\$ 16.8 milhões de reais [Vasconcelos, Y. 2015]. Sendo mais caro que o próprio helicóptero, estimado em R\$ 14 milhões de reais. Nele são treinados aviadores de diversas forças, incluindo pilotos de helicóptero da MB (Figura 6).



Figura 6. Aviadores Navais da Marinha do Brasil posam ao lado do SHEFE

4.3 Simulação Naval

A MB possui um dos mais completos simuladores virtuais para treinamento de tripulações. O SIMPASS (Simulador de Passadiço) foi desenvolvido em parceria com as universidades públicas UFF, UFRJ e USP [Junior-ferregueti, R. T. F. 2021].

Conforme apresenta-se na Figura 7, o simulador compreende um conjunto de salas que simulam o interior de uma fragata e a visão externa é totalmente virtual com monitores nas posições em que seriam as janelas, bem como nas interfaces de controle da embarcação.



Figura 7. Visão interna do SIMPASS.

A seguir são descritos aspectos relacionados à simulação viva.

5. Simulação Viva

Categoria de serious game no segmento militar onde tudo é real, exceto a munição, ferimento ou dano [Roman, P. A., & Brown, D. 2008]. Esta categoria pode integrar ainda infantaria e veículos reais.

5.1 Combate Terrestre

Um grande marco temporal para o início da simulação viva foi a implementação, nos anos 1980, do protocolo MILES (Multiple Integrated Laser Engagement System). Um protocolo de transmissão de laser específico para simular combates armados. Nele, dispositivos acoplados nas armas leves (geralmente fuzis e metralhadoras) disparam pequenos feixes de infravermelho (apelidados de “laser”), simulando assim os projéteis disparados em combate (Figura 8). Quando este disparo atinge sensores espalhados pela vestimenta de algum combatente, ou veículo, o sistema contabiliza que ele foi alvejado.

A avaliação com a simulação viva é tão realista que é utilizada pelo EB para certificação de tropas. Uma espécie de “habilitação para o combate” [EXÉRCITO BRASILEIRO 2022].



Figura 8. Militares do EB em exercício com equipamentos de simulação viva.

5.2. Combates Aéreos

O mais conhecido dos exercícios de combate aéreo do mundo é o Red Flag, sediado na Base Aérea de Nellis, EUA. Com equipamentos P5CTS da empresa Cubic acoplados nas aeronaves, é possível realizar toda a telemetria em tempo real e simulação de tiro com as aeronaves em pleno voo (Figura 9). Numa Estação de Dados em solo toda a Análise Pós-Ação é efetuada.



Figura 9. Dispositivo de telemetria para simulação viva embarcado num F-16 do 64th Aggressor Squadron.

A seguir, são descritos detalhes da principal tendência tecnológica encontrada no presente levantamento.

6. Tendências

Os resultados apresentados nesta pesquisa revelam as tecnologias a nível de Estado da Arte em plena operação. No entanto, foi possível identificar uma tecnologia que ainda não está inteiramente difundida, mas apresenta-se como maior de todas as tendências para a simulação militar: a Realidade Mista (RM). Ela tem o potencial de tornar todas as modalidades de simulação obsoletas.

Utilizando um visor RM é possível um nível de interação onde, além dos objetos virtuais, é possível ver o cenário parte virtual e parte real. O projeto conhecido deste nicho que está em estado mais avançado é o IVAS (Integrated Visual Augmentation System) do US ARMY. Ele está sendo desenvolvido pela Microsoft com um contrato de \$21.8 bilhões de dólares e compromisso de entrega de 120 mil capacetes. É uma solução que promete “lutar, ensaiar e treinar” com uma mesma plataforma, literalmente (Figura 10).

O dispositivo é um desdobramento da tecnologia Hololens-2. Ele possibilita: visão noturna em alta resolução, visão termal (encontrando inimigos pelo calor) e comunicações integradas entre os capacetes. Com o visor HMD deste equipamento é possível ver alvos marcados por combatentes amigos “através das paredes”.

Usando este mesmo equipamento pode-se projetar virtualmente inimigos com os quais o soldado irá simular o combate. De modo que quando o soldado for de fato para a missão proposta, ele já treinou para as várias possibilidades do confronto. É por essa razão que este projeto promete aos seus usuários “superar qualquer adversário atual e futuro” [PEO, IVAS Production Contract Award 2021].



Figura 10. Protótipo do IVAS do US ARMY em parceria com a Microsoft.

A seguir, são apresentadas as conclusões com as contribuições dos simuladores apresentados bem como da pesquisa em si.

7. Conclusões

Conforme apresentado ao longo artigo, a milenar ferramenta da simulação militar sofreu grandes saltos tecnológicos que trouxeram vários benefícios para as Forças Armadas em todo o mundo. Dentre estes benefícios está a redução de riscos. Com o uso dos simuladores estes profissionais passam a treinar situações que seriam arriscadas demais para serem aprendidas de outra maneira. Pela capacidade de treinar mais situações, também houve uma contribuição direta na formação profissional. A redução de custos também é bastante relevante pois, apesar do custo de aquisição de alguns simuladores ser relativamente alto, o treinamento neles é muitas vezes menor do que o uso de equipamentos reais.

A categoria com maior amplitude de aplicações observada foi a de simulação virtual. Talvez por fornecer uma diversificação de produtos com a maior variação de preço, partindo de equipamentos que utilizam apenas PCs e joysticks a grandes simuladores de milhões de reais. Assim, uma das contribuições desta pesquisa é apontar várias possibilidades de empreendimentos para desenvolvedores e game designers ao classificar plataformas (engines) com as quais trabalhar, o que é possível desenvolver e para quais instituições direcionar seus produtos.

Finalmente, passando pelos Jogos de Guerra construtivos, simulações em computador ou o uso de exercícios em simulação viva, o Estado da Arte da simulação militar está pleno de oportunidades para os desenvolvedores de serious games. Seja na categoria construtiva, virtual ou viva.

8. Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao Exército Brasileiro, à Força Aérea Brasileira e à DEFENDER TECHNOLOGIES pelo desprendimento e suporte na realização deste trabalho.

9. Referências

Tzu, S. (2019). A arte da guerra. Editora Schwarcz-Companhia das Letras.

- Smith, R. (2010). The long history of gaming in military training. *Simulation & Gaming*, 41(1), 6-19.
- Cunha, A. L. (2011). *Emprego do Sistema de Simulação Construtiva como Ferramenta de Apoio à Decisão: uma proposta ao Exército Brasileiro*. Rio de Janeiro: ECEME.
- Freire, D. D. C. (2020). As bases para o método de emprego dos simuladores virtuais do tipo serious game: um estudo de suas contribuições para o adestramento de um batalhão de infantaria mecanizado.
- Mota, T. W. (2020). *Simulação do combate no ensino*. (Trabalho de conclusão de curso, EsAO, Exército Brasileiro).
- Gil, A. C. (2002). *Como elaborar projetos de pesquisa* (Vol. 4, p. 175). São Paulo: Atlas.
- [7] Menegaz, G. M. (2020). A simulação construtiva no Exército Brasileiro. *Doutrina Militar Terrestre em Revista*, 1(23), 32-41.
- MARINHA DO BRASIL, “SISTEMA DE SIMULAÇÃO DE GUERRA NAVAL (SSGN)”, 2020. [online] Disponível: <https://www.marinha.mil.br/casnav/?q=node/182>
- Costa, A. N., & Geraldo, D. (2018). Modelagem comportamental para simulacao construtiva de combate alem do alcance visual. *Simpósio de Aplicações Operacionais em Áreas de Defesa*. São José dos Campos, Brazil: ITA, 165-170.
- Roman, P. A., & Brown, D. (2008, December). Games—Just how serious are they. In *Interservice/Industry Training, Simulation, and Education Conference (IITSEC)* (p. 11).
- Figueirôa, D. L. (2009). *Design de artefatos digitais baseados em padrões e plataformas* (Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco).
- Bink, M. L., Injurgio, V. J., James, D. R., Miller, I. I., & John, T. (2015). *Training Capability Data for Dismounted Soldier Training System*. ARMY RESEARCH INST FOR THE BEHAVIORAL AND SOCIAL SCIENCES FORT BELVOIR VA.
- da Silva Rodrigues, M., de Pietro Rocha, E., Castilho, C. A. C., & Kristoschek, D. C. (2017). 1º Exercício de simulação virtual do simulador de apoio de fogo-sul. *Doutrina Militar Terrestre em Revista*, 5(10), 6-13.
- AMAN, “SIMAF: Simulação & Realidade”, 2021. [online] Disponível: <http://www.aman.eb.mil.br/ultimas-noticias/534-simaf-simulacao-realidade>
- Trevithick J., “A-10 Warthog Pilots Are Using The Digital Combat Simulator Video Game To Train In VR”, 2021. [online] Disponível: <https://www.thedrive.com/the-war-zone/40620/a-10-warthog-pilots-are-using-the-digital-combat-simulator-video-game-to-train-in-vr>
- Vasconcelos, Y., (2015). *Ensaio Avançado*. Revista Pesquisa FAPESP, Ed, 236.
- Junior-ferreguetti, R. T. F., do Nascimento Maêda, S. M., de Araújo Costa, I. P., Gomes, C. F. S., & dos Santos, M., (2021). A IMPORTÂNCIA DA SIMULAÇÃO NA FORMAÇÃO DO OFICIAL DA ARMADA DA MARINHA DO BRASIL. IV SENGI - Simpósio de Engenharia, Gestão e Inovação.

EXÉRCITO BRASILEIRO, “Simulação Viva Encerra Certificação de Força de Pontidão em Roraima”, 2022. [online] Disponível: http://www.eb.mil.br/web/noticias/noticiario-do-exercito/-/asset_publisher/znUQcGfQ6N3x/content/id/15739642

PEO, IVAS Production Contract Award 2021. [online] Disponível: <https://www.peosoldier.army.mil/News/Article-Display/Article/2556870/ivas-production-contract-award/>