

SIMULADOR INTEGRADO DE COMBATE

A REALIDADE VIRTUAL NOS SIMULADORES DA ESQUADRA

Capitão de Mar e Guerra **CLAUDIO COREIXAS DE MORAES**

MSc "Modeling and Virtual Environments Simulation" (MOVES - Naval Postgraduate School, Monterey - EUA)
Doutorando em Eng Naval e Oceanica pela COPPE/NTNU (Noruega)

INTRODUÇÃO

Há cerca de 10 anos, a Marinha do Brasil (MB) assumia importante protagonismo nacional na utilização de simuladores virtuais para treinamento de navegação e manobra de embarcações. Era inaugurado, em 1º de dezembro de 2010, o Simulador de Passadiço (SimPass) do Centro de Adestramento Almirante Marques de Leão (CAAML), um moderno projeto de simulação envolvendo ambiente virtual altamente imersivo, desenvolvido pelo Laboratório de Sistemas Integráveis da USP (LSI/USP) sob a coordenação do Prof. Dr. Marcelo Knörich Zuffo.

O SimPass representou marco extremamente importante na história da simulação imersiva na MB, assim como o Sistema de Simulação e Treinamento Tático (SSTT) representou a entrada em nova era para a simulação da tática envolvendo o treinamento de procedimentos complexos e ensaios de conceitos de operação para a Esquadra.

SimPass e SSTT são classificados como um mesmo tipo de simulação chamada de "virtual" dentro da taxonomia dessa fascinante área de conhecimento. São simulações ditas "virtuais" aquelas em que sistemas simulados por meio de modelos computacionais são operados fisicamente por pessoas. Estes dois simuladores estimularam muitos militares, servidores civis, instrutores do CAAML, pesquisadores de Universidades e Instituições de Ciência e Tecnologia (ICT) do Sistema de Ciência e Tecnologia da MB (SCTMB) a desenvolverem conhecimento por meio de artigos, teses ou dissertações.

Apesar da entrada na era da simulação virtual para o treinamento ter oficialmente ocorrido na década de 1990 com o SSTT-1, desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas da Marinha (IPqM), as possibilidades de emprego da simulação virtual foram potencializadas efetivamente após a chegada do SimPass ao CAAML. Isso provavelmente se deve ao fato da quebra de

paradigma que o SimPass representou ao oferecer ambiente virtual imersivo e técnicas avançadas de computação gráfica com modelos 3D de alta definição. O emprego do ambiente virtual para oferecer um cenário representando o mundo exterior com extrema riqueza de detalhes ao usuário era, até então, novidade para a grande maioria dos navios da Esquadra.

Grças à iniciativa e ao pensamento disruptivo do Prof. Marcelo Zuffo voltado à inovação do CAAML, que aceitou a proposta do Projeto SimPass, a MB catalisou importante processo rumo à independência tecnológica no desenvolvimento de sistemas de simulação de embarcações. É importante mencionar que o SimPass não foi o primeiro simulador virtual de passadiço da MB, que contava com outro simulador do tipo *Full Mission Bridge Simulator*, desde a década de 1990, no Centro de Instrução Almirante Graça Aranha (CIAGA). A diferença estava, principalmente, no domínio da tecnologia – um simulador foi comprado pronto de uma empresa dos EUA (Ship Analytics Inc.) e o outro completamente desenvolvido por uma universidade pública (USP) com a coordenação técnica do Centro de Análises de Sistemas Navais (CASNAV). O salto tecnológico entre os dois simuladores também era notório e evidente, principalmente, devido aos avanços na computação gráfica ao longo dos 20 anos de diferença entre eles.

O Projeto SimPass teve seus recursos financiados pela Financiadora de Inovação e Pesquisa (Finep), empresa pública do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), e o sucesso alcançado na sua conclusão serviu como um ambiente extremamente atraente para novas ideias. A MB passou a vislumbrar novas possibilidades que se abriam com essas iniciativas de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em simuladores virtuais. Ao mesmo tempo em que o SimPass era comissionado no CAAML, outra importante iniciativa de pesquisa em simulação ocorria na mesma Universidade de São



Paulo, dessa vez no Tanque de Provas Numérico (TPN), sob a coordenação dos Professores Kazuo Nishimoto e Eduardo Tannuri, com apoio da Transpetro. O Simulador de Navegação de Comboios Fluviais desenvolvido pelo TPN-USP tinha como ponto forte a modelagem hidrodinâmica da embarcação, enquanto o SimPass ganhava destaque pela parte gráfica e imersiva do sistema virtual. A MB, por meio do Sistema de Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha (SCTMB), percebia claramente que o desenvolvimento de um simulador de passagem próprio tornava-se cada vez mais importante para reduzir a dependência externa deste tipo de tecnologia estratégica.

A necessidade de substituição do simulador do CIAGA, já com 20 anos de uso, estimulou a demanda por novo sistema que poderia ser obtido de prateleira no mercado internacional por um custo elevado ou desenvolvido dentro do SCTMB. O cenário tecnológico interno, alimentado pelo sucesso dos projetos SimPass e do TPN-USP, era favorável e estimulava o investimento em um desenvolvimento próprio pelo alto escalão da MB. Surgia, em 2011, o Projeto SimCIAGA, que tinha como escopo o desenvolvimento de novo simulador tipo *Full Mission Bridge Simulator* para o CIAGA, atribuindo o CASNAV como Instituto de Ciência e Tecnologia líder desta missão.

Diversas parcerias foram formadas nas primeiras fases do Projeto SimCIAGA, destacando a atuação do Instituto de Computação da Universidade Federal Fluminense (UFF) com bolsistas de Mestrado e Doutorado do Prof. Esteban Clua, além do próprio LSI-USP do Prof. Marcelo Zuffo. Não houve, à época, cenário favorável para prosseguir com uma colaboração entre a MB e o TPN-USP por questões relacionadas à de Propriedade Intelectual (PI). Assim, as duas linhas de pesquisa seguiram em paralelo pelos próximos anos. As parcerias mantiveram-se até meados de 2014, quando o

CASNAV passou a assumir integralmente o desenvolvimento do SimCIAGA, focando em um simulador de manobra e navegação para navios mercantes.

Em 2013, o primeiro protótipo do SimCIAGA estava pronto e era apresentado na feira LAAD, despertando enorme atenção do público em geral que visitava o estande da Marinha. Instrutores do CAAML que visitavam a feira puderam conhecer o SimCIAGA e notaram que o sistema possuía funcionalidades mais avançadas e adequadas ao treinamento da Esquadra do que o SimPass (LSI-USP), em operação desde 2010.

Apesar de o SimPass possuir seu ponto forte e de peso na questão gráfica e ambiente imersivo, o sistema de simulação falhava em pontos importantes para o treinamento eficiente das equipes de navegação dos navios. Instrutores e alunos sentiam falta de um radar de navegação no simulador que permitisse a realização de exercícios de baixa visibilidade, por exemplo.

Outra carência encontrada era a ausência de geração de contatos interativos para estimular situações complexas de manobra durante uma navegação de entrada e saída de porto, além de não contar com a modelagem hidrodinâmica do navio apropriada ou funções de atracação e fundeio. O protótipo do SimCIAGA possuía todos estes recursos e ainda contava com a mesma qualidade gráfica (ou superior) que o SimPass do LSI-USP.

Os avanços nos trabalhos de Pesquisa e Desenvolvimento eram tão grandes e promissores que estimulavam de maneira espontânea e livre o surgimento de ideias disruptivas sobre o uso desta importante ferramenta que a MB começava a ter em suas mãos.

O CAAML vislumbrou, então, a possibilidade de empregar o *software* de simulação do SimCIAGA dentro da estrutura física do SimPass, desafiando o CASNAV a realizar esta prova de conceito e modernizar o simulador de passagem da Esquadra. O CASNAV viu ali grande oportunidade de negócios para viabilizar processos de verificação e validação de seu código por meio do emprego do sistema em campo com usuários extremamente exigentes e qualificados.

Após 15 dias de trabalhos intensos da equipe da Divisão de Modelagem e Simulação do CASNAV e do Grupo de Sistemas do CAAML, o SimPass encontrava-se com a mesma aparência física externa, rodando, porém, com um novo conjunto de *software* em seus computadores. O *software* do SimPass desenvolvido pelo LSI-USP havia sido substituído pelo sistema SimCIAGA (CASNAV), o que iniciava novo ciclo de possibilidades de adestramentos a serem oferecidos pelo CAAML aos navios da Esquadra.

A partir de julho de 2014, o CAAML passou a contar com possibilidades de exercícios de manobra e navegação avançados no seu ambiente virtual de passadiço, permitindo, então, explorar objetivos de treinamento envolvendo a manobra em seis graus de liberdade (balanço e caturro), o controle de contatos, navegação radar (ARPA), navegação eletrônica (ECDIS), baixa visibilidade, dentre outros. A parceria estabelecida entre CASNAV e CAAML viabilizou ganhos expressivos para os dois lados, incrementando a usabilidade e a estabilidade do sistema SimCIAGA, além de melhorar o nível dos adestramentos disponibilizados pelo CAAML.

O SimCIAGA passou a ser denominado SimPass a partir de 2014, evitando confusões de nomenclaturas e siglas, sendo este termo (SimPass) consolidado como o novo *framework* de simulação de manobra e navegação de embarcações da Marinha.

DESENVOLVIMENTO

A dimensão dos ganhos da parceria entre CAAML e CASNAV estabelecida naquele momento era muito maior do que as melhorias no código do simulador e o oferecimento de um adestramento melhor. O impacto mais importante estava na nova perspectiva de que o Setor Operativo e o SCTMB conseguiram enxergar as possibilidades de escalabilidade e interoperabilidade que o domínio da tecnologia trazia. Desenvolver um sistema de simulação nos permite compreender a dimensão e as possibilidades de emprego dessa ferramenta. Desenvolver um sistema completamente imerso no seu ambiente de uso, em contato diário com os usuários finais por mais de um ano, gerou sinergia ímpar que culminou com as ideias de interoperabilidade do SimPass com o SSTT-3.



A interação proativa entre desenvolvedor e usuário final foi extremamente explorada com a troca de informações sobre as demandas dos instrutores por novos recursos de simulação, e a apresentação de soluções trazidas por técnicos que trabalhavam na fronteira do conhecimento.

Aos poucos, a MB observava o retorno do investimento que estava ocorrendo no projeto SimCIAGA e na capacitação de pessoal no Instituto MOVES da NPS (*Modeling and Virtual Environments Simulation – Naval Postgraduate School*). O emprego de simuladores virtuais de treinamento nos adestramentos de navegação e manobra do CAAML representa significativa economia de recursos para a Esquadra, e isso se torna mais evidente a cada ano.

Estudos recentes feitos pelo Ministério da Infraestrutura da Holanda, publicados pela *International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW.2/Circ.7)*, apontam que a correlação entre a operação de um simulador de passadiço tipo *Full Mission* e a operação prática a bordo pode chegar à equivalência de 1:4 (um dia de simulador corresponde a quatro embarcados). Isso se deve, principalmente, pela potencialização do estímulo cognitivo alcançado em um ambiente controlado como o da simulação virtual, onde o instrutor vai ajustar uma sequência de eventos previamente pensada para se atingir determinado objetivo de treinamento previsto na sinopse do exercício.

Na vida real, por exemplo, pode ser que um navio desatque da BNRJ e demande o Canal de Cotunduba sem passar por nenhum contato que ofereça risco e estimule o processo decisório da equipe do passadiço. Pode ser que essa navegação ocorra em um horário de estofa da maré e não haja corrente, ou ainda que seja de dia, sem vento e em visibilidade restrita. Nesses casos, não haverá alguns estímulos específicos para se treinarem diversos procedimentos complexos aos quais precisam ser expostos oficiais e praças, de modo que se tornem mais experientes nestas situações.

Um ambiente virtual simulado, como o SimPass, permite que a navegação ou manobra seja configurada com os estímulos necessários para tornar a experiência do usuário a mais completa possível dentro do treinamento proposto, sendo plausível, ainda, repetir determinada situação quantas vezes sejam necessárias sem consumir um litro sequer de combustível.

As experiências de uso do SSTT e SimPass foram consolidadas individualmente e mostraram-se ambas importantes ferramentas de treinamento para a Esquadra, cada uma com sua natureza específica de emprego. O domínio tecnológico abriu as portas para novos desafios no CASNAV e IPqM, que sabiam que muito mais poderia ser feito em termos de simulação virtual para os navios.

A operação de uma Esquadra em Grupo-Tarefa (GT) caracteriza-se por ser um sistema de sistemas complexos e adaptativos, em que a diversidade e processos e estocasticidade dos eventos não nos permite prever o resultado de saída sem o emprego de simulação. As operações navais mais complexas envolvem não apenas navios de superfície, mas também unidades aéreas e submarinos, onde o risco operacional é inerentemente mais alto, justificando o emprego de simuladores.

O CASNAV desenvolveu, em 2016, uma versão do SimPass-SUB utilizando óculos de realidade virtual para oferecer ambiente simulado de treinamento específico para navegação e manobra de um submarino na superfície. Logo em seguida, em parceria com o CASNAV e IPqM, foi desenvolvido o SimPer (Simulador de Periscópio) para integração com o simulador do sistema de combate AN-BYG dos Submarinos Classe Tupi. O SCTMB acompanhava de perto os significativos progressos e resultados alcançados com desenvolvimentos próprios de simuladores de voo pelo Exército Brasileiro (EB) no Centro de Instrução de Aviação do Exército (CIAvEx) e pela Força Aérea Brasileira (FAB) no Centro de Computação Aeronáutica em São José dos Campos (CCA-SJC). Tornava-se claro que a MB tinha plenas condições de desenvolver simulação mais completa entre múltiplos navios, envolvendo as estações “Manobra” e “Combate”, submarinos e aeronaves, sendo esse recurso de simulação fundamental para adestramentos de operações em GT.

A possibilidade de se oferecer novo simulador integrado de combate para a Esquadra surgiu alinhada com a consolidação da arquitetura *multiplayer* na montagem do SimPass na Escola Naval (EN). O SimPass original havia sido projetado para a navegação e manobra de navios mercantes para o CIAGA, não havendo qualquer requisito de projeto que demandasse a interoperabilidade entre navios simulados.

O projeto da EN, inaugurado em dezembro de 2020, previa a operação de até sete navios em *multiplayer*, onde uma equipe (passadiço) poderia interagir e compartilhar o mesmo ambiente virtual que a outra. Esta importante alteração de arquitetura financiada pelo Setor de Pessoal (DEnsM/EN) acabou gerando um reflexo disruptivo no Setor Operativo com a possibilidade da simulação em ambiente virtual em GT. Tudo isto só foi possível de se estudar e considerado, pois o código fonte do SimPass era de propriedade da MB, tor-

nando o exame da complexidade de implementação e o custo de adaptação de novas soluções a partir da mesma plataforma de simulação algo mensurável e exequível.

A necessidade de um ambiente virtual de treinamento capaz de reproduzir um cenário complexo de guerra naval, onde diversos conceitos poderiam ser treinados de forma interativa pelos meios da Esquadra (navios de superfície, aeronaves e submarinos), levou à encomenda do Projeto Simulador Integrado de Combate (SICOMB) junto ao CASNAV.

Esta demanda, que partia de uma visão de futuro inovadora da Esquadra, contava com três fases de execução e integração de simuladores nos três ambientes:

Fase 1 (Superfície): compreende a montagem de até quatro conjuntos de “Manobra” + “Combate” e um SICOMB 2 (COC da força), no CAAML para operação integrada em modo *multiplayer*.

Fase 2 (SICOMB-Sub): compreende o desenvolvimento de um conjunto próprio de simulação voltado para a operação do submarino a ser integrado, à distância, com o SICOMB.

Fase 3 (SICOMB-Aero): tem como escopo estudar a possibilidade de interoperabilidade por *High Level Architecture* (HLA) com o novo simulador de voo do SH-16, e desenvolver um *Flight Training Device* (FTD) próprio para a aeronave AH-11B a ser integrado, à distância, com o SICOMB.

A Fase 1 do SICOMB iniciou-se, em dezembro de 2020, com a aquisição do hardware e execução das obras de adequação necessárias para a montagem dos ambientes de simulação pelo CAAML, aproveitando espaços nas instalações que eram utilizadas por sistemas antigos e descontinuados. Coube ao CASNAV apenas fazer a especificação técnica das necessidades de hardware e projeto das salas, além de executar as adequações de *software* no SimPass.

As alterações de *software* são necessárias para permitir a realização de Guerra A/S, Controle Aerotático, Navegação pela GOP, Apoio de Fogo Naval (AFN) e Ações de Superfície. Destaca-se a parceria com o IPqM para realizar a integração do *software* do Sonar Nacional Ativo (SONAT) no simulador, permitindo ambiente de treinamento ainda mais imersivo e próximo à realidade.

As operações com aeronaves embarcadas e operações de Guerra A/S com submarino são bastante complexas e envolvem custo elevado quando realizadas no mar. A complexidade aumenta ainda mais nas operações noturnas e envolvendo muitas unidades em um GT. As Fases 2 e 3 do SICOMB foram projetadas justamente para se cobrir esta deficiência no treinamento simulado deste tipo de operação, oferecendo

maior realismo na simulação a partir do momento em que procedimentos operativos serão exercitados pelas próprias tripulações do submarino (SICOMB-Sub) e pilotos dos helicópteros (SICOMB-Aero).

Vislumbra-se que um cenário mais complexo a ser simulado no SICOMB possa envolver uma Guerra A/S com quatro navios executando um plano de ataque coordenado com Aeronave a um submarino em período noturno, considerando que todas estas unidades operativas estariam sendo guarnecidas por oficiais e praças de seus respectivos meios, tudo isso sendo efetivamente controlado por um Comandante de Força e seu Estado-Maior a partir do SICOMB 1, contribuindo, ainda, para o adestramento dos Estados-Maiores da Esquadra.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio do SICOMB, navios poderão continuar a realizar os adestramentos tradicionais que eram realizados nos antigos simuladores do CAAML que deram lugar fisicamente à nova estrutura de treinamento. Nenhuma capacidade de adestramento foi perdida com a substituição dos antigos simuladores de CIC e geradores de alvo pelos novos e modernos conjuntos de Passadiço e COC do SICOMB, que permitirão realizar adestramentos de Controle Aerotático (CAT), Apoio de Fogo Naval (AFN), Navegação da GOP e também eletrônica com ECDIS.

Os navios do SICOMB poderão operar separadamente ou em GT, dando maior flexibilização na utilização dos simuladores de acordo com o objetivo de treinamento esperado. Além das tradicionais formas de adestramento das tripulações, existe a perspectiva de serem implementadas modelagens realísticas para sensores e armamentos dos navios da Esquadra, tendo em vista a cooperação estreita que CASNAV e CASOP estabeleceram na coleta e análise de dados em Exercícios Operativos (EXOP).

Por meio dos dados de detecção, modelos de propagação e lançamento de armamentos, uma simulação bem próxima da realidade poderá ser alcançada no SICOMB, o que permitirá que as Divisões da Esquadra testem conceitos de

operação antes de comissões operativas no mar e formulem novas doutrinas e requisitos para emprego dos meios atuais e futuros, como a Fragata Classe Tamandaré.

Outra nova possibilidade de emprego do SICOMB dentro do contexto da guerra cibernética é a realização de exercícios, ainda não previstos, para adestramentos em situações de ataques cibernéticos aos sistemas de combate e de navegação do navio. O SICOMB já permite a inserção de erros de GPS simulando *spoofing* do sinal de posição, bem como a inserção de alvos AIS falsos simulando um ataque por meio de *malware* específico.

A economia de recursos de adestramentos realizado no SICOMB ainda deverá ser alvo de interessante e aprofundado estudo de transferência de treinamento que o sistema poderá vir a oferecer, considerando a quantidade de militares a passarem pelo simulador e os custos envolvidos na operação real de um GT equivalente. Talvez, um dos aspectos que nunca venham a entrar neste cálculo será a oportunidade que as gerações mais antigas e experientes, acostumadas a suspender com mais de 10 navios em GT, terão de transmitir seus conhecimentos para os mais jovens em um ambiente imersivo de Passadiço e COC. Sabe-se que o conhecimento é adquirido pela experiência, pela vivência e pela repetição de procedimentos até deixarmos de sermos novatos e passarmos a ser considerados experts em determinada manobra ou sistema de bordo. Essa experiência é adquirida a muito custo pelas pessoas que integram a MB, muitos dias de mar e recursos despendidos na prontificação dos meios necessários para termos a Esquadra operando. Contar com um ambiente integrado de simulação como o SICOMB, seguramente, abrirá as portas para que algumas capacidades adquiridas ao longo de uma longa trajetória de operação de navios, submarinos e aeronaves não seja perdida pela falta de contato no mar entre diferentes gerações.

REFERÊNCIA:

HUMAN ENVIRONMENT AND TRANSPORT INSPECTORATE. Ministry of Infrastructure and Water Management (Holanda). **International convention on standards of training: certification and watchkeeping for seafarers (STCW.2/CIRC.7)**. Amsterdã, 2000.

