

PLATAFORMA DE APOIO À INSTRUÇÃO DE VOO PARA X-PLANE 11: MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO VIA FLIGHT MANAGEMENT COMPUTER

Autores: Natan Soares Telles, Rodrigo Roda Oliveto Alves, Thiago Alexander Moreira Mancilla,
Wagner dos Santos Clementino de Jesus.

Colégio Técnico Antônio Teixeira Fernandes, Rua Paraibuna, 75, Jardim São Dimas - 12245-020 -
São José dos Campos-SP, Brasil, natantelles.univap@gmail.com, thiago.mancilla@hotmail.com,
rodrroda@gmail.com, wagner@univap.br.

Resumo

A simulação de voo se tornou uma ferramenta essencial na formação de pilotos, mas plataformas como o *X-Plane 11* ainda apresentam lacunas no suporte direto à instrução. Este trabalho objetiva o desenvolvimento de uma solução complementar que amplie as capacidades educacionais do simulador, oferecendo ao instrutor ferramentas de monitoramento, análise e intervenção sobre o voo simulado. A metodologia adotada consiste em uma arquitetura modular em *Windows Form C#*, que se comunica com o simulador por meio de plugins em *C++* utilizando o protocolo *TCP/IP*. O sistema integra um banco de dados *SQL* para rastreabilidade das sessões e um módulo digital de *Flight Management Computer (FMC)* que simula computadores de voo reais. Os resultados demonstraram a integração bem-sucedida e a estabilidade da arquitetura, permitindo a manipulação de variáveis e a visualização em tempo real de mapas e rotas. O módulo *FMC*, em particular, mostrou-se capaz de criar e exportar planos de voo, validando a proposta como um recurso viável e eficaz de apoio didático. Em conclusão, o projeto atendeu aos objetivos propostos, contribuindo para o avanço da pesquisa em simulação de voo e educação.

Palavras-chave: Simulador de voo, *FMS*, *FMC*, Instrutor, *X-Plane*.

Curso: Ensino Médio, Técnico em Informática.

Introdução

A simulação de voo desempenha um papel cada vez mais relevante na formação de pilotos, proporcionando um ambiente controlado, seguro e econômico para o treinamento de procedimentos operacionais (Fonseca; Monteiro, 2022). Com o avanço da tecnologia, os simuladores se tornaram mais acessíveis e precisos, permitindo que instituições de ensino adotem essas ferramentas para complementar suas abordagens pedagógicas (Machado; Lewicki; Paraizo, 2022). No entanto, mesmo com o uso disseminado de plataformas como o *X-Plane 11*, ainda existem lacunas no suporte a atividades instrucionais, principalmente no que diz respeito ao monitoramento, intervenção e avaliação dos voos simulados.

A produção deste projeto foi idealizada em razão da necessidade de sistemas que apoiem diretamente o trabalho do instrutor durante a simulação. Esse aspecto foi levantado em reuniões com a empresa MFSim Simuladores, onde foi destacado que a carência de uma plataforma desse tipo compromete o aproveitamento didático da ferramenta, tornando o acompanhamento do desempenho do aluno mais limitado e menos interativo (Machado, 2021).

Nesse contexto, objetiva-se com o presente trabalho realizar o desenvolvimento de uma solução complementar voltada à instrução de voo baseada em simulação. Seu foco está em criar um sistema que amplie as capacidades educacionais do simulador *X-Plane 11*, oferecendo ao instrutor recursos de monitoramento, análise e intervenção sobre o voo simulado.

Metodologia

A aplicação principal foi construída em *C#* com interface gráfica em *Windows Form* (Liberty, 2022), adotando uma arquitetura modular (Sommerville, 2019) através de componentes específicos como o controle de clima, falhas, geração de relatórios e manipulação de rotas de voo, facilitando a manutenção, escalabilidade e reutilização de código. A comunicação entre esses módulos e o simulador é feita por intermédio de *plugins* desenvolvidos em *C++*, integrados ao *X-Plane 11*, que se comunicam com a aplicação por meio do protocolo *TCP/IP*, com *sockets* que permitem a leitura e

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

escrita de variáveis internas do simulador — os chamados *DataRefs* — em tempo real (Tanenbaum, 2003).

Integrado a essa estrutura, o *X-Plane 11* é um simulador avançado de voo que desempenha o papel de ambiente de execução da simulação (Laminar Research, 2017), respondendo aos comandos enviados pelo sistema e refletindo, em tempo real, as alterações solicitadas pelo instrutor de voo. É nele que os efeitos das ações são visualizados, proporcionando uma experiência imersiva e controlada. Além disso, o simulador fornece dados essenciais para o acompanhamento e análise da sessão, alimentando os módulos do sistema responsáveis por exibir o mapa em tempo real, gerar estatísticas de desempenho e produzir relatórios técnicos automatizados (Meyer, 2024).

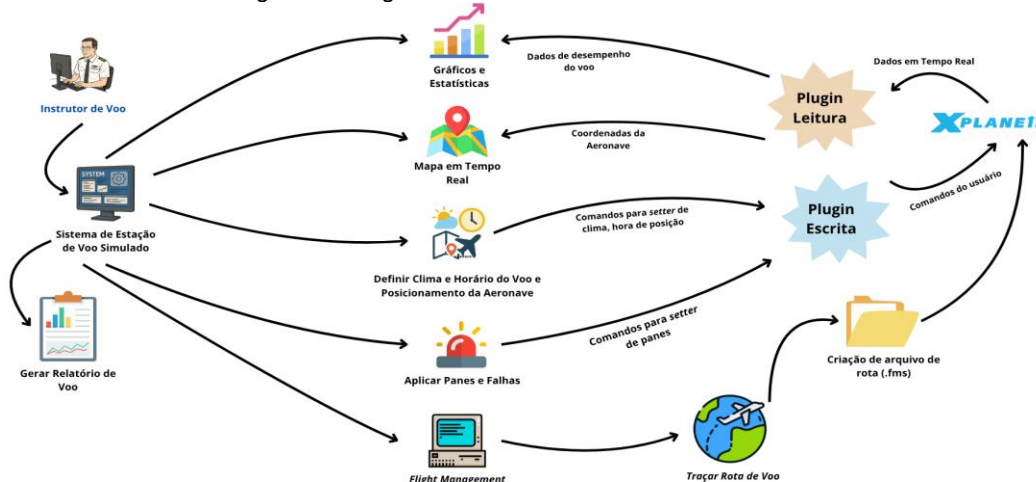
Para sustentar a operação e garantir a rastreabilidade das sessões, o sistema utiliza um banco de dados relacional em SQL (Milani, 2006). Nele são armazenadas informações acadêmicas e operacionais, como registros de alunos, instrutores, voos realizados e dados de navegação aérea (aeroportos, pistas e pontos de rota) (Laminar Research, 2017). Essa base de dados permite manter um histórico completo das simulações, apoiando a avaliação de desempenho dos alunos e a gestão das atividades.

Toda essa estrutura foi concebida com foco na separação de responsabilidades entre os componentes. O instrutor de voo interage com a interface principal, acionando funcionalidades como aplicação de panes, definição de clima e hora, e envio de rotas (Acosta, 2020). O sistema então processa esses comandos e os envia ao simulador através do *plugin* de escrita, enquanto, simultaneamente, os dados retornados do *X-Plane 11* (como desempenho e localização da aeronave) são recebidos pelo *plugin* de leitura.

Entre os diferenciais da arquitetura, destaca-se a integração de um módulo digital do *Flight Management Computer (FMC)*, que simula o funcionamento de computadores de gerenciamento de voo reais (Kayton; Fried, 1997). O *FMC* permite ao instrutor criar rotas completas, com pontos de navegação e tráfego configuráveis, gerando arquivos no formato *.fms* compatíveis com o *X-Plane 11* (Laminar Research, 2017). A interface do módulo foi desenvolvida para reproduzir a lógica de operação de *FMCs* reais, permitindo que o instrutor planeje e insira rotas diretamente pelo sistema, sem a necessidade de manipulação manual dentro do simulador. Essa funcionalidade amplia o controle da sessão de voo e enriquece o processo de instrução com elementos de navegação realistas (Acosta, 2020).

Por fim, o diagrama da Figura 1 ilustra a estrutura e o funcionamento do sistema. A representação gráfica reforça a lógica modular e evidencia como os elementos se articulam para viabilizar o controle da simulação e a coleta de informações em tempo real. Essa comunicação bidirecional garante uma experiência precisa e responsiva, fundamental para o processo instrucional e a avaliação dos voos realizados. (Machado, 2021).

Figura 1 - Diagrama de Funcionamento do Sistema



Fonte: Autores

Resultados

Os resultados obtidos demonstram a integração bem-sucedida entre o simulador *X-Plane 11*, os plugins desenvolvidos e a aplicação proposta por intermédio do protocolo *TCP/IP*. A comunicação em tempo real permitiu a manipulação de variáveis internas do simulador e a visualização imediata das alterações na interface do sistema.

A Figura 2 apresenta, em uma única visualização, tanto o módulo de mapas quanto o módulo digital do *FMC* desenvolvidos. O mapa, construído a partir da base cartográfica do *OpenStreetMap*, mostra de forma clara a rota planejada, pontos de navegação e a posição da aeronave em tempo real, oferecendo ao instrutor maior controle sobre o voo. Já o *FMC* reproduz a lógica e a interface de computadores reais de gerenciamento de voo, possibilitando a criação e exportação de planos de voo no formato de arquivo *.fms*, além de manter proximidade estética e operacional em relação ao *FMC* nativo do *X-Plane 11*.

Figura 2 - Módulo de FMC e Módulo de Mapa do Sistema



Fonte: Autores

Adicionalmente, o armazenamento em banco de dados *SQL* garantiu a rastreabilidade das sessões, viabilizando a geração de relatórios e estatísticas de desempenho. Dessa forma, os testes de funcionalidade efetuados na empresa MFSim Simuladores mostraram estabilidade da arquitetura, confirmando a viabilidade da solução como recurso de apoio à instrução de voo.

Discussões

Os resultados deste estudo evidenciam o potencial da solução desenvolvida em apoiar o processo de ensino-aprendizagem baseado em simulação de voo. A integração bem-sucedida com o *X-Plane 11* demonstra que é possível ampliar as capacidades pedagógicas de simuladores comerciais, oferecendo ao instrutor ferramentas que otimizam a condução das aulas e permitem um acompanhamento mais interativo e direcionado do desempenho dos alunos. A aplicação vai além da simples replicação de funções já existentes no simulador, ao criar um ambiente de maior controle para o instrutor, possibilitando intervenções rápidas, planejamento de cenários e geração de informações estruturadas sobre o voo. Com isso, contribui para suprir lacunas apontadas por estudos anteriores, que indicam a escassez de soluções complementares voltadas ao trabalho instrucional.

Como referência para futuras evoluções, destaca-se o *software FS-FlightControl*, amplamente utilizado como estação instrucional em simuladores de voo, por reunir em uma interface unificada funções como monitoramento em tempo real, controle climático e aplicação de falhas. Inspirado nesse modelo, propõe-se expandir o sistema desenvolvido neste estudo com recursos semelhantes, incluindo uma maior variedade de controles, ferramentas de análise de desempenho e suporte a dispositivos

móveis. Essas melhorias visam tornar a solução mais completa e interativa, fortalecendo ainda mais sua aplicabilidade no ensino por meio de simulação de voo.

Conclusão

A partir do uso de tecnologias de desenvolvimento de software e conhecimentos em simulação de voo, foi desenvolvida uma solução complementar que valida as hipóteses do estudo e atende à demanda por sistemas de apoio ao trabalho do instrutor. Integrado ao *X-Plane 11*, o sistema amplia suas capacidades educacionais ao oferecer recursos de monitoramento, análise e intervenção. A eficiência na captação e processamento de dados em tempo real é garantida pela arquitetura modular em C# com banco de dados SQL e comunicação via *plugins* C++. Um diferencial importante é a integração de um módulo digital de FMC, que adiciona realismo à navegação e enriquece o processo instrucional. Assim, o trabalho contribui com o avanço da educação na aviação e tem potencial para acelerar o aprendizado no futuro.

Referências Bibliográficas:

ACOSTA, João Pedro Lima. **A relevância do treinamento de habilidades não técnicas na atuação de pilotos de avião**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, ano 5, fev. 2020.

FONSECA, Matheus Muniz da; MONTEIRO, Raul Francé. **Simuladores de voo: a importância do seu uso para a formação do aeronauta**. Revista Brasileira de Aviação Civil e Ciências Aeronáuticas, 2022.

KAYTON, Myron; FRIED, Walter R. **Avionics Navigation Systems**. 2. ed. New York: Wiley-Interscience, 1997.

LAMINAR RESEARCH. **X-Plane SDK Documentation**. Disponível em: <https://developer.x-plane.com/sdk/>.

LIBERTY, Jesse; SPROWLS, Paul. **Programming C# 10.0**. 10. ed. Boston: Addison-Wesley, 2022; Traduzido.

MACHADO, Christiano Bittencourt; LEWICKI, Glaucia; PARAIZO, Tatiana Cury. **Usando um simulador de voo em aulas de Geografia do Brasil: um relato de experiência**. Revista Científica da UniRedentor, 2022.

MACHADO, Moisés Fellype Ferreira. **A importância do treinamento de pilotos da aviação particular no Brasil para a tomada de decisão**. 2021. 75 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Aeronáuticas) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2021.

MEYER, Austin. **Manual X-Plane 11**, disponível em: https://www.x-plane.com/wp-content/uploads/2017/04/Manual_XPlane11_sp_web.pdf?v=2024-02-09

MILANI, A. **MySQL Guia do Programador**. São Paulo - Brasil: Novatec Editora LTDA, 2006.

SOMMERVILLE, Ian. **Engenharia de Software**. 10. ed. São Paulo: Pearson, 2019.

TANENBAUM, Andrew S. **Redes de Computadores**. 4. ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2003.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da empresa MFSim Simuladores, que possibilitou a realização de testes em situações reais e forneceu informações e recursos técnicos indispensáveis para o desenvolvimento do projeto.