

# AUTOMAÇÃO DE MOVIMENTOS PARA SIMULADOR DE VOO EM REALIDADE VIRTUAL IMERSIVA

Alejandro RAMIREZ<sup>1</sup>, Alexandre REIS<sup>1</sup>, Marcelo FERREIRA<sup>1</sup>, Altino CORDEIRO NETO<sup>1</sup> e Amanda HAASE<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Universidade do Estado de Santa Catarina

## **SUMÁRIO**

*O desenvolvimento de novas e complexas aeronaves estimula, cada vez mais, o desenvolvimento dos simuladores de vôo. Um simulador de vôo reproduz o modelo dinâmico do comportamento de uma aeronave, de modo a permitir que o usuário interaja com o simulador de forma mais realista. Devido à relevância do tema, o Grupo de Pesquisas Ergonômicas em Design do Departamento de Design da UDESC realizou o projeto e produção mecânica de uma plataforma robótica com seis graus de liberdade (6 DOF) para estudo de um simulador de vôo em realidade virtual imersiva. Este trabalho trata da automação da plataforma desenvolvida com o objetivo de viabilizar os movimentos do simulador de vôo em um ambiente imersivo de realidade virtual. Com essa finalidade são descritas as tecnologias empregadas e apresentam-se os resultados alcançados até a atual fase de desenvolvimento. A pesquisa visa o aperfeiçoamento dos padrões de movimento gerados por simuladores de vôo.*

## **PALAVRAS-CHAVE**

*Robôs paralelos, plataforma de movimentos, simulador de vôo, realidade virtual.*

## **1. INTRODUÇÃO**

Um simulador de vôo é uma máquina usada para treinamento de pilotos que fornece um ambiente e uma experiência de como voar uma aeronave (Mac, 2009 apud Rebelo, 2010). Com essa finalidade, reproduz o modelo dinâmico de uma aeronave de modo a permitir uma interação mais realista do piloto com o simulador.

Diversas invenções formam parte do histórico e da evolução dessa tecnologia, tal como o Sanders Teacher (Professor de Sanders) apresentado em 1910 (Haward, 1910), o treinador de Billings e o "Barril de Aprendizado de Antoinette", desenvolvido na França (Page, 2009), para citar apenas alguns exemplos.

Posteriormente, o desenvolvimento de novas e complexas aeronaves exigiu que o desenvolvimento dos simuladores evoluísse, propiciando o desenvolvimento de hardware mais complexo e fornecendo maior poder de processamento e precisão aos simuladores. Porém, apenas no início da era da simulação digital, suportada por uma nova geração de computadores

que realizam processamento digital e paralelo, os simuladores conseguiram atender os mais crescentes desafios da área (Page, 2009).

Outro aspecto importante foi a evolução da robótica, que veio a contribuir no desenvolvimento de complexas estruturas cinemáticas que permitiram a melhor compreensão do funcionamento das aeronaves. Assim, os manipuladores, seriais e paralelos começaram a ser construídos juntamente com o projeto dos atuais simuladores de voo. Diversos fatores tais como o desenvolvimento da indústria aeronáutica na década de 60, o aumento do custo do treinamento dos pilotos e a necessidade de testar novos equipamentos, estimularam o início de pesquisas de projeto de mecanismos com uma grande diversidade de movimentos. Atualmente podemos encontrar sofisticados simuladores, tal com o treinador NADS, desenvolvido na universidade de IOWA (Merlet, 2006).

Os robôs paralelos, também conhecidos como hexápodes são mecanismos de malha fechada que apresentam um ótimo desempenho em métricas como precisão, rigidez e habilidade para manipular cargas pesadas. Por esses motivos são utilizados em diversas aplicações industriais e também em simuladores de voo (Merlet, 2006).

Stewart (1965) sugeriu que o simulador tivesse uma estrutura mecânica paralela na qual o elemento móvel do manipulador teria uma estrutura triangular cujos vértices seriam interligados por juntas esféricas. Embora o artigo do Stewart tivesse sido essencial para o desenvolvimento dos simuladores de voo, a plataforma concebida por Stewart não possuiu aplicações práticas, ao contrário do que ocorreu com a plataforma concebida por Gough. Contudo, ironicamente, a plataforma de Gough é hoje com frequência chamada de plataforma de Stewart. Outros autores fazem referência à plataforma como Stewart-Gough (Dasguptaa e Mruthyunjayab, 2000). Atualmente os simuladores de voo usam o princípio de Gough e a arquitetura da plataforma de Cappel (Merlet, 2006).

## 2. PROJETO

O Grupo de Pesquisas Ergonômicas em Design da UDESC, realizou um levantamento detalhado de dados sobre as plataformas existentes, mecanismos, softwares de controle, materiais, entre outros componentes essenciais para o desenvolvimento de uma plataforma com seis graus de liberdade (6 DOF), voltada à produção de um simulador de vôo. Os seis graus de liberdade permitiriam emular os movimentos rotacionais de um avião (rolagem, guinada e arfagem), assim como os deslocamentos no sistema de coordenadas cartesiano (x, y, z).

Baseados nas especificações técnicas de plataformas similares foram determinados os requisitos técnicos necessários para a adequada operação da plataforma, tal como a máxima carga estática (estimada em 150 kg) e limites de movimentos, conforme Tabela 1 (Reis et. al, 2009).

Os estudos de viabilidade definiriam a opção por acionamentos pneumáticos ou baseados em motores elétricos, considerando: custo inicial dos componentes; consumo de energia e facilidade de manutenção dos dois sistemas, sendo que todos os parâmetros ofereceram larga vantagem ao sistema baseado em motores elétricos, o que é corroborado pela opção deste sistema por produtores internacionais de plataformas de pequeno porte (Reis et. al, 2009).

| Movimentos |                      | Velocidade | Aceleração           |
|------------|----------------------|------------|----------------------|
| Angulares  | Arfagem - máximo 30º | 35º/s      | 1000º/s <sup>2</sup> |

|          |                           |          |                      |
|----------|---------------------------|----------|----------------------|
|          | Rolamento - máximo 35°    | 35°/s    | 1000°/s <sup>2</sup> |
|          | Guinada - máximo 45°      | 35°/s    | 1000°/s <sup>2</sup> |
| Lineares | Arfagem - máximo 400 mm   | 450 mm/s | 2,0 g                |
|          | Rolamento - máximo 400 mm | 450 mm/s | 2,0 g                |
|          | Guinada - máximo 400 mm   | 450 mm/s | 2,0 g                |

**Tabela 1 - Requisitos dinâmicos básicos para a plataforma.**

Foi necessário integrar seis servoacionamentos, conectados a uma placa de comando (servodrive), que os gerencia, promovendo a interface com o software de simulação de voo. Servoacionamentos são utilizados nas mais diversas aplicações industriais quando elevada dinâmica, controle de torque, precisão de velocidade e posicionamento são requisitos necessários. Os mesmos são compostos por um servodrive, equipamento processador programável que comanda um servomotor em velocidade, torque, sentido de rotação e posicionamento do eixo.

O servodrive escolhido para a plataforma foi o modelo SCA050004T2223POEPZ, Figura 1, e como servomotor o modelo SWA-40-2,6-30 B5 IP65 230, Figura 2, que possui torque de 2,6 Nm e velocidade máxima de rotação de 3000 RPM, ambos dispositivos são comercializados pela WEG Automação. Sendo necessário um maior torque e menor velocidade, foi também especificado para cada servomotor um redutor de relação correspondente a 1:100, elevando o torque a 260 Nm e reduzindo a velocidade a 30 rpm, ou seja, 180°/s, superando significativamente a velocidade estabelecida como requisito técnico mínimo de 35°/s. Com essa finalidade, o equipamento selecionado foi o redutor planetário modelo PE155-100, da indústria Apex Dynamics Brasil, Figura 3.



**Figura 1. Servodrives.**



**Figura 2. Servomotor.**



**Figura 3. Redutor.**

A plataforma foi projetada digitalmente, Figura 4, após definidos e adquiridos os componentes do sistema de acionamento da plataforma, baseados em engenharia reversa das plataformas existentes. Posteriormente foi construída a plataforma robótica de movimentos com seis graus de liberdade, Figura 5.

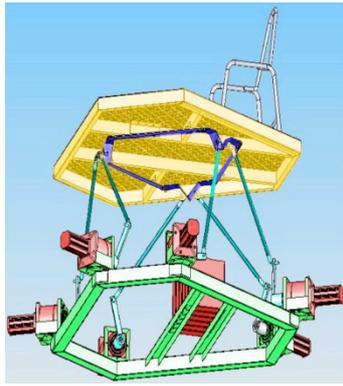


Figura 4. Plataforma: Modelo digital



Figura 5. Plataforma construída

### 3. AUTOMAÇÃO

Para poder executar os movimentos da plataforma, controlados por computador, foi projetado um sistema formado, basicamente, por um simulador de voo (software), um computador pessoal PC e os seis servoconversores SCA-05 interligados em rede, Figura 6. Seis servomotores completam o sistema.

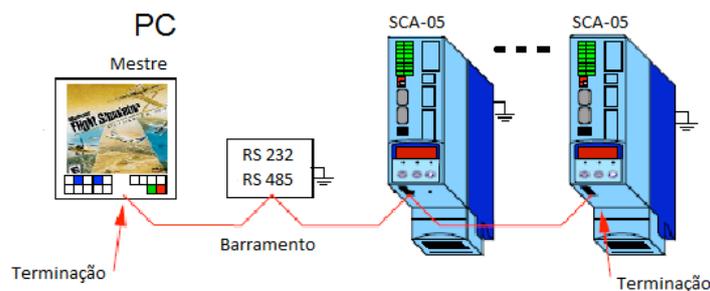


Figura 6. Componentes do sistema automatizado

O objetivo básico é permitir o controle dos movimentos da plataforma via computador pessoal (mestre). Com essa finalidade foi realizada inicialmente a ligação física dos servoconversores (escravos) através de uma rede de equipamentos RS485. O protocolo de comunicação dos dados escolhido foi o MODBUS, o qual é popular em aplicações industriais e possui código aberto. A velocidade de comunicação entre o controlador PC e os servoconversores foi definida em 57.600 Kbps, considerando as especificações dos equipamentos da WEG Automação utilizados. Os servoconversores possuem um software de controle da transmissão/recepção de dados pela interface serial, de modo a possibilitar o recebimento dos dados enviados pelo mestre (PC), assim como o retorno dos dados por ele solicitados.

O software Elise SCADA ([www.elipse.com.br](http://www.elipse.com.br)) foi utilizado como interface de alto nível para efetuar a validação inicial dos movimentos da plataforma. A Figura 7 permite visualizar a tela principal do programa de testes desenvolvido. Na tela é possível observar a posição atual de cada eixo, assim como definir e controlar os movimentos da plataforma desejados.



Figura 7. Tela principal do software desenvolvido

Os primeiros testes de acionamentos da plataforma consistiram na combinação de movimentos de altitude e guinada. Os resultados foram satisfatórios e permitiram visualizar ajustes que seriam necessários no projeto mecânico de modo a garantir a integridade dos movimentos da plataforma.

Para dar sequência ao projeto de automação, foi adquirido um controlador dedicado que permitirá comandar os movimentos com uma taxa de comunicação elevada (1 Mbps), através de uma interface CANOpen, no lugar da rede baseada no MODBUS.

### 3.1. CONTROLADOR DEDICADO

O controlador CNC Proteo (MCS Engenharia), escolhido como interface dedicada entre o PC e a plataforma construída, é baseado em comunicação via rede Ethernet, a qual minimiza a fiação e flexibiliza sua aplicação em máquinas de grande porte. Possui CPU de 32 bits e Terminal de Operação Inteligente Remoto de tipo LCD (Cristal Líquido) VGA colorido, Figura 8. O Proteo permite gerar trajetórias de posicionamento, com velocidades e acelerações sincronizadas através de uma técnica conhecida como interpolação de movimentos.

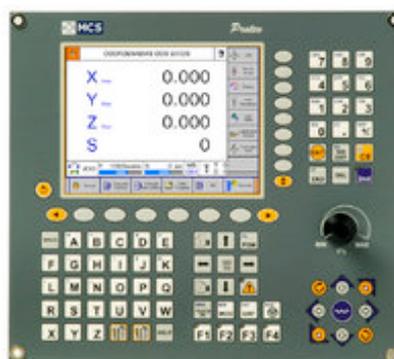


Figura 8. Controlador dedicado CNC Proteo

Os próximos passos consistirão em sincronizar as saídas do simulador Microsoft Flight Simulator (<http://www.microsoft.com/games/flightsimulatorx/>) com a plataforma de movimentos construída, através de uma rede de comunicação CANOpen gerenciada pelo CNC Proteo.

## 4. CONCLUSÕES

Os simuladores de voo reproduzem o modelo dinâmico de uma aeronave de modo a permitir uma interação mais realista do piloto com o simulador. O usuário, em contato físico com o simulador, experimenta sensações reais. Porém, os simuladores existentes desconsideram as forças relacionadas aos esforços dos pilotos em voos reais e percepções conflitantes podem causar náuseas. Assim o objetivo desta pesquisa é gerar movimentos para promoção de forças que sejam suficientes para impedir estímulos contraditórios no piloto.

Neste artigo foi descrita a plataforma de movimentos sendo desenvolvida pelo Grupo de Pesquisas Ergonômicas em Design da UDESC. A plataforma ainda não está operacional, pois para tanto depende da completa implantação do projeto de automação, já iniciado e com resultados preliminares, conforme descrito. No entanto, os resultados alcançados são significativos, na medida em que puderam ser colocados em prática métodos de desenvolvimento e já foram realizados os primeiros movimentos da plataforma. Salienta-se que muitas aplicações tecnológicas que envolveram o projeto, ainda que baseadas em desenvolvimentos já há algum tempo praticadas em núcleos de pesquisa e produção internacionais, são inéditas no Brasil, resultando em inovação.

## **5. AGRADECIMENTOS**

Este artigo comunica resultados parciais do projeto "P&D de soluções ergonômicas para o design de simuladores de vôo em ambiente imersivo de realidade virtual", pesquisa mantida pelo Departamento de Design da UDESC, focada nos aspectos ergonômicos envolvidos com as tecnologias de Realidade Virtual, financiada pelo CNPq, pela FAPESC (Fundação de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de Santa Catarina) e recursos do Programa de Apoio a Pesquisa da UDESC.

## **7. REFERÊNCIAS**

- [Dasguptaa00] Dasguptaa, B., Mruthyunjayab, T. S. The Stewart platform manipulator: a review. *Mechanism and Machine Theory* (35), 2000 p.35-40.
- [Haward10] Haward, D. M. The Sanders Teacher. *Flight Vol 2 No. 50 December 10, 1910* p. 1006-1007.
- [Merlet06] Merlet, J. P. *Parallel Robots* Springer: Holanda, 2006.
- [Page09] PAGE, R. L. *Brief history of flight simulation*. R.L. Page and Associates, (2009).
- [Rebelo10] Rebelo, D. R. *Automação, Integração de dados e Instrumentação de um Simulador de Vôo*. Monografia. Universidade Federal de Minas Gerais. Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação, (2010).
- [Reis09] Reis, Alexandre A. dos., Gomes-Ferreira, Marcelo G., Brodbeck, Fábio et. al. *Ergonomic Aspects in Virtual Reality Immersive Environment: the design process on Flight Simulators*. In: *Int. Conf. on Integration of Design, Engineering and Management for Innovation IDEMI'09, 2009*, Porto.
- [Stewart65] Stewart, D. A platform with 6 degrees of freedom. *Proc. of the Institution of mechanical engineers*, 180, 1965 (Part 1, 15): 371–386.