DESENVOLVIMENTO DE UM SIMULADOR DE BAIXO CUSTO PARA UMA AERONAVE DE PEQUENO PORTE

Eduardo Aben-Athar Freitas
Universidade de Brasília
Faculdade UnB Gama
eduardoafreitas@gmail.com

Mateus Rodrigues Miranda
Universidade de Brasília
Faculdade UnB Gama
mateusmiranda@unb.br

ABSTRACT

A flight simulator is composed of a real or theoretical model, a device by which the model is implemented and an application scheme, in which the model and device are combined using a technique of use to achieve a particular purpose. The present research project has as its scope the design of a small aircraft simulation platform and low-cost first-person UAV control. In this case, with the design of the workbench and ergonomic and anthropometric analyzes for a flight simulator cockpit and its assembly details with the instruments, structure and systems needed to make it. In a next phase, it is intended to manufacture the necessary elements for the complete construction of the aircraft simulator. It also aims to disseminate multidisciplinary learning in the Aerospace Engineering course at the University of Brasilia - Campus Gama and its use in the improvement of research and projects in the area of Aerospace technology.

Keywords: Ergonomics, Aeronautical Cockpit, Flight Simulator, Aerospace Engineering.

RESUMO

Um simulador de voo é composto de um modelo, real ou teórico, um dispositivo através do qual o modelo é implementado e de um regime de aplicação, no qual o modelo e o dispositivo são combinados através de uma técnica de utilização para atingir um objetivo particular. O presente projeto de pesquisa tem como escopo a concepção de uma bancada de simulação de aeronaves de pequeno porte e controle de VANTs em primeira pessoa e de baixo custo. Neste caso, com a concepção da bancada e análises ergonômicos e antropométricos para um cockpit simulador de voo e o seu detalhamento de montagem com os instrumentos, estrutura e sistemas necessários para a confecção. Em uma próxima fase, pretende-se, fabricar os elementos necessários para a construção completa do simulador aeronáutico. Tem o objetivo também de disseminar o aprendizado multididático no curso de Eng. Aeroespacial da Universidade de Brasília – Campus Gama e sua utilização no aprimoramento das pesquisas e projetos na área da tecnologia aeroespacial.

Keywords: Ergonomia, Cockpit Aeronáutico, Simulador de Voo, Engenharia Aeroespacial.

1. INTRODUÇÃO

O uso de simuladores de voo vem sendo empregados desde o início da aviação no treinamento de pilotos e até tripulações completas. A evolução da tecnologia utilizada em sua concepção baseou-se nesse objetivo e nos dias de hoje estão sendo utilizados também no projeto e avaliação de aeronaves e sistemas embarcados com grande êxito. Neste caso, os simuladores de voo podem ser utilizados em vários estágios desde a concepção até a fabricação e posteriores melhorias da aeronave, sendo tratado como uma ferramenta de engenharia, que além de poupar tempo e dinheiro, ainda auxilia na investigação de acidentes aéreos, na proposição de modificações na aeronave e na verificação de desempenho e conformidade.

A característica comum aos simuladores é a tentativa de fornecer uma imitação operacional da atividade real. Pode-se ter vários níveis de abstração e de envolvimento humano em uma simulação. Isso se dá, principalmente com o nível de tecnologia e custo envolvidos no projeto do simulador.

Como o propósito dos simuladores de voo é simular o comportamento de uma aeronave eles envolvem um baixo nível de abstração e um alto nível de envolvimento humano.

A essência de um simulador de voo é a criação de um modelo dinâmico do comportamento de uma aeronave de modo a permitir que o usuário humano interaja com o simulador como parte da simulação.

A forma da simulação envolve uma combinação de ciência, tecnologia e arte para criar uma realidade artificial com o propósito de pesquisa, treinamento ou diversão.

Os três principais pontos a serem analisados para o projeto e desenvolvimento de um cockpit são: antropometria, visibilidade externa e interna, localização e disposição dos equipamentos e mostradores. É a partir deles que são definidos os hard points iniciais de projeto do cockpit.

O projeto e desenvolvimento de tal plataforma de simulação está inserida nas linhas de pesquisa do Laboratório de Inovação em Ciências Aeroespaciais (LAICA) e tem um caráter altamente multidisciplinar por envolver grande parte das Engenharias do Campus do UnB Gama, tais como: Engenharia Aeroespacial, Eng. de Software, Eng. Eletrônica e Eng. Automotiva. Alguns projetos de pesquisa poderão usar o simulador de aeronaves como plataforma de controle, já que seu projeto é altamente adaptável a novos requisitos. Como exemplo temos o voo em primeira pessoa para os VANTs (Veículos Aéreos Não Tripulados) e além de pesquisas envolvendo VANTs para monitoramento de vegetação de Cerrado.

O objetivo geral da presente proposta visa o projeto em CAD de um sistema de simulação de baixo custo para aeronaves de pequeno porte, neste caso usando como software de modelagem o CATIA V5R21 e a aeronave Cessna 172 *Skyhawk* como referência para os componentes eletrônicos e comandos funcionais para simulação.

2. METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste projeto seguiu as práticas de projeto baseadas em CAD/CAM. Iniciando com a fundamentação teórica nos conceitos de Ergonomia de acordo com referências bibliográficos intrínsecos à pesquisa; Exploração de métodos computacionais para o desenvolvimento da bancada de simulação de cockpit. Exploração de métodos computacionais para validação da bancada; Elaboração de desenhos técnicos para a montagem do projeto,

A partir dos parâmetros definidos pelo padrão de cockpit da *Dreyfuss Associate,* vide Figura 1, foi feito uma simulação usando a plataforma CATIA V5R21 do projeto anterior foram desenvolvidos o sub elementos do sistema para o controle da aeronave.

Foram usadas como referência do projeto as normas Military Standard 1742F – Human Engineering e a SAE Aerospace

Recommended Practice ARP 4101 - Flight Deck Layout and Facilities.

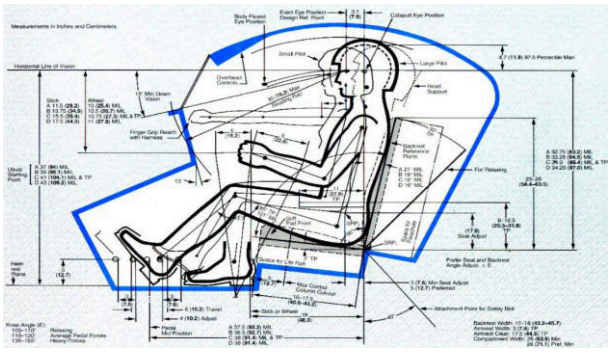


Figura 1 - Padrão de cockpit aeronáutico da Dreyfuss Associates – Fonte: DRIFFIENT, et al., (1985).

3. RESULTADOS

Após as análises, os instrumentos de voo e assento do avião foram desenhados em Software de CAD 3D Catia V5R21 e ajustados para o conforto do piloto, como mostram as figuras 2 e 3 abaixo:

Os resultados obtidos e as análises ergonômicas com a modelagem do Catia podem ser vistos abaixo. Foram feitos dois posicionamentos para os percentis Homem P95% (1,86 m), Figura 2 e Mulher P50% (1,63 m), Figura 3.

Os pontos principais do pedal, manche e posição do assento foram destacados e servirão de base para o projeto do simulador de cockpits que será desenvolvido.

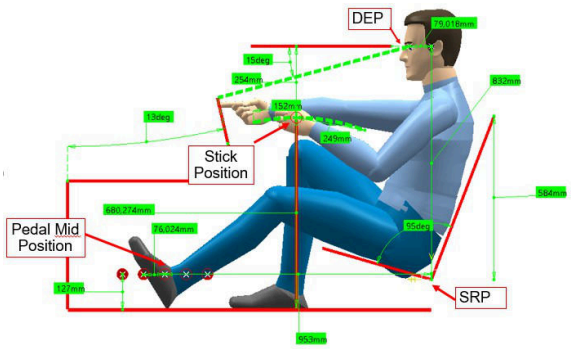


Figura 2 - Vista isométrica da estrutura do simulador. Fonte: REGO e MIRANDA (2017)

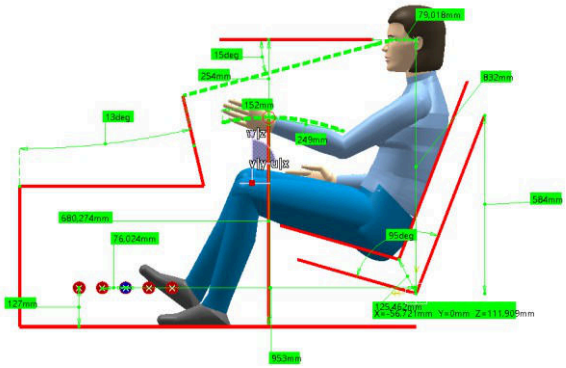


Figura 3– Padrão de cockpit da Dreyfuss Associates no Catia ajustado para a Mulher Percentil 50%. Fonte: REGO e MIRANDA (2017)

3.1. Projeto do cockpit

O projeto do simulador de cockpits de aeronaves seguiu as recomendações ergonômicas do Dreyfuss e pelas normas militares e da SAE de engenharia.

Contudo, foi necessário fazermos ajustes no posicionamento do painel de instrumentos para que se adequasse melhor aos projetos comumente encontrados nas aeronaves de pequeno porte como o Cessna 172 e similares. Tais ajustes se limitaram à altura do painel de instrumentos e possibilidade de ajuste de pedal.

O projeto do simulador pode ser visto nas figuras 4 a 7 abaixo.

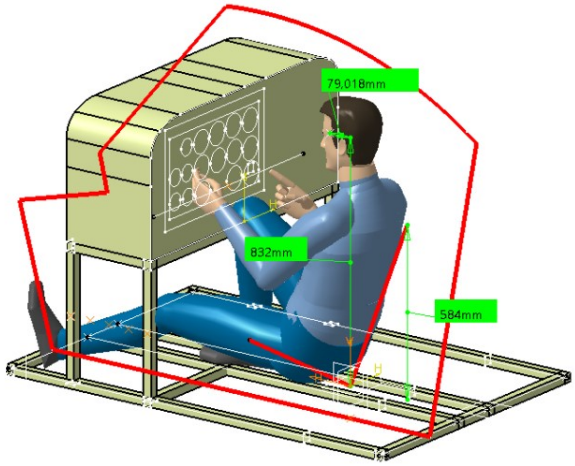
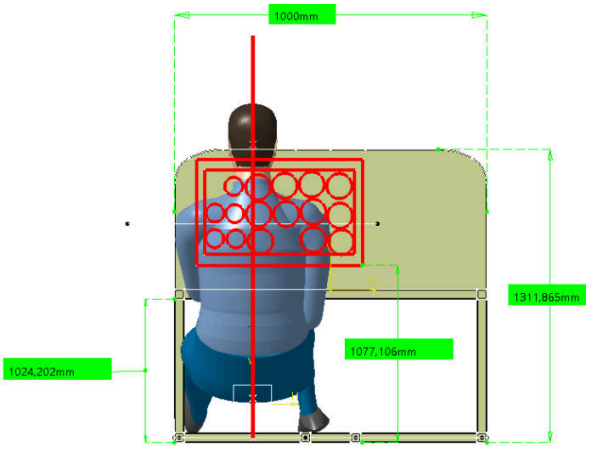
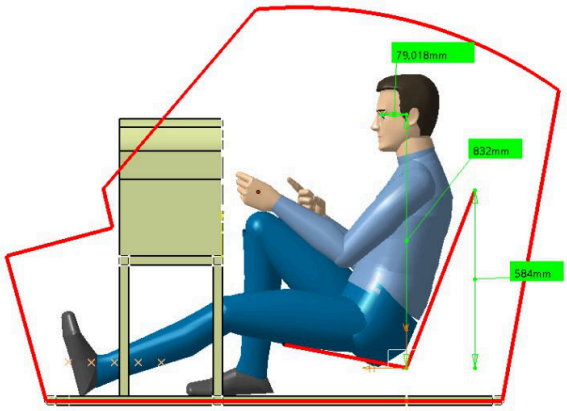


Figura 4 – Padrão de cockpit da Dreyfuss Associates no Catia – Percentil P95%. Fonte: REGO e MIRANDA (2017)



(A)



(B)

Figura 5 – Vista traseira (A) e lateral (B) da estrutura do simulador com as principais dimensões. Fonte: REGO e MIRANDA (2017)

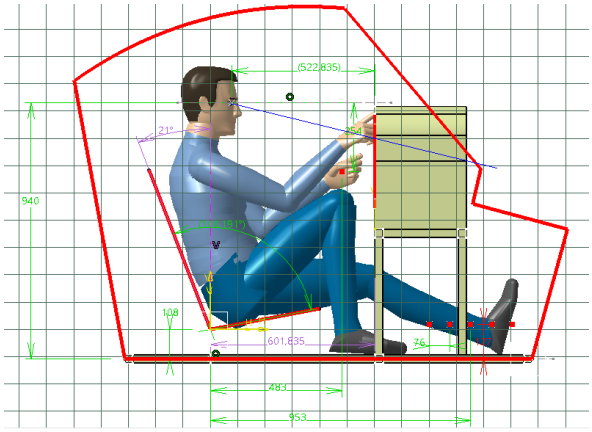


Figura 6 – Principais dimensões relativas do simulador ao piloto masculino P95%. Fonte: REGO e MIRANDA (2017)

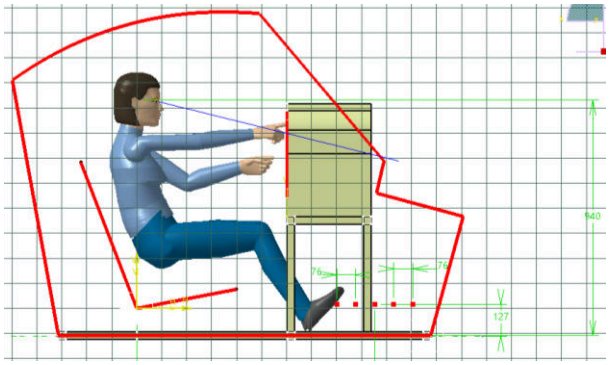


Figura 7 – Principais dimensões relativas do simulador ao piloto feminino P5% e os ajustes para o pedal. Fonte: REGO e MIRANDA (2017)

3.2. Caixa de manetes

Os manetes do simulador foram desenhados com base no desenho abaixo, vide Figura 8. À medida que se puxa ou empurra os manetes, um rolete fixado por dentro do mecanismo permite acionar os componentes eletrônicos que "calibram" a potência do motor e enviam os dados para o computador do simulador.

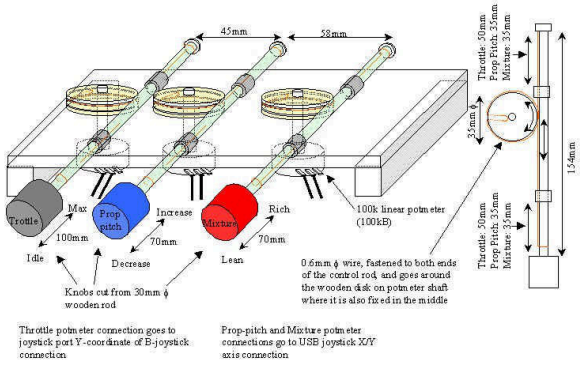


Figura 8 - Dimensões exemplificadas de um conjunto de manetes de simulador. Fonte: *Simprojects* (2019).

Porém, como se trata de uma aeronave de hélice com passo fixo, não houve necessidade de desenhar a manete de passo (em azul), somente as manetes de potência (em preto) e de mistuda de combustível (em vermelho), além de que as medidas mostradas são apenas referências, vide Figura 9.

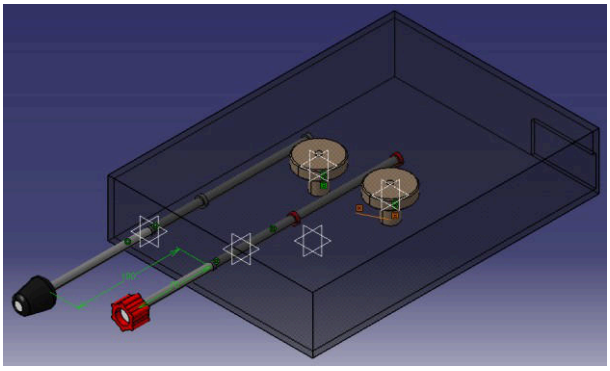


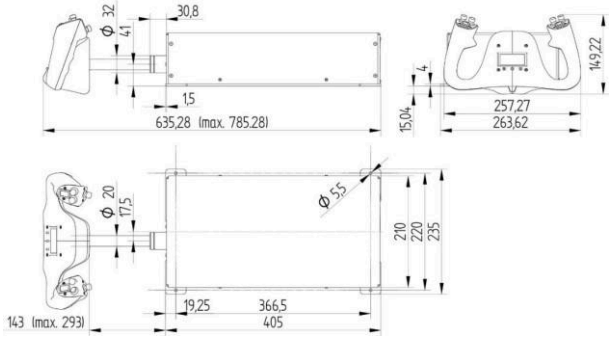
Figura 9 - Caixa dos manetes com transparência para detalhes dos roletes. Fonte: Autores (2019)

A caixa de manete, a priori, possui 5 peças: ambos os manetes, os dois roletes conectados a sensores de movimento e o bloco por onde os componentes eletrônicos e acessórios serão encaixados.

Está previsto para os roletes, apoios dos manetes e batentes das mesmas serem fabricadas em impressão 3D, enquanto os bastões serão de material resistente construído através de usinagem. Para o bloco onde irá acomodar os componentes, será construído de material reciclado, barateando a construção do conjunto total.

3.3. Conjunto do volante

Assim como o conjunto dos manetes, o manche do tipo volante também teve como referência imagens obtidas de fornecedores pela internet, Figura 10.



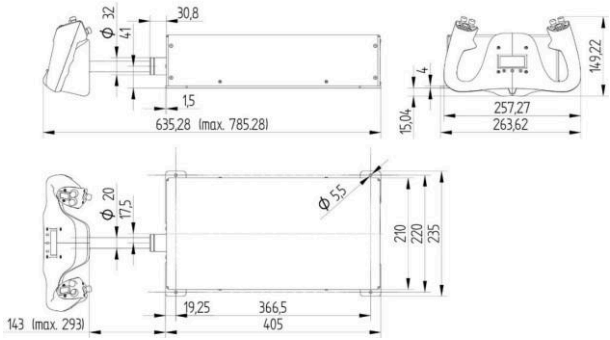


Figura 10 - Medidas de um manche tipo volante para o C172. Fonte: *Brunner-Innovation* (2019).

Além disso, a estrutura em forma de paralelepípedo possui quatro espaços para os parafusos, que serão atados à estrutura do painel.

Porém, apesar de poder ser construído o volante, o mesmo pode ser comprado em loja de artigos para aviação, porém o custo de aquisição é muito alto, sendo melhor, neste caso, fazer uma impressão 3D nos laboratórios da UnB já que já se tem o modelo em Catia do manche, Figura 11.

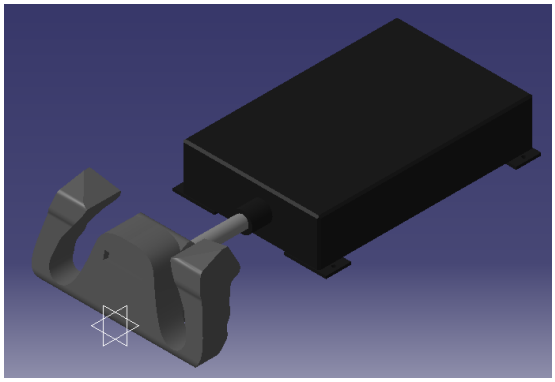


Figura 11 - Modelagem do manche tipo volante. Fonte: Autores (2019)

3.4. Assento

A priori, pode-se dizer que o assento do piloto será a parte mais fácil na construção do simulador. Pode-se reaproveitar um assento de automóvel, retirando-se o encosto para cabeça – para simular o realismo do cockpit do C172 – e ajustando-o aos trilhos do conjunto.

3.5. Estrutura

A estrutura será montada em 3 partes: bancada de madeira simulando o painel de instrumentos da aeronave (1), bancada em forma de mesa que irá acomodar os monitores, bloco do volante, manetes e outros componentes eletrônicos, além de acomodar o painel de instrumentos (2) e a estrutura base (3) formada por trilhos com furos para travar os pedais e assento do piloto, além de acomodar toda estrutura do simulador. A estrutura base será construída em vigas de metalon que é de baixo custo e fácil aquisição, Figura 12

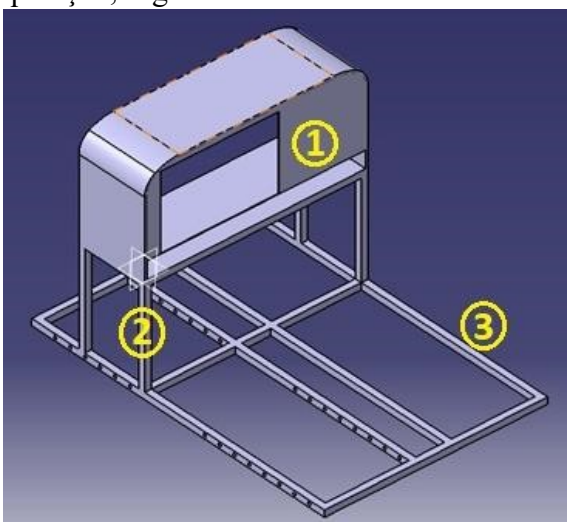


Figura 12 - Estrutura dividida do simulador. Fonte: Autores (2019)

3.6. Pedais

Os pedais foram inspirados em pedais para simuladores próprios para o C172, como mostra a Figura 13 abaixo:

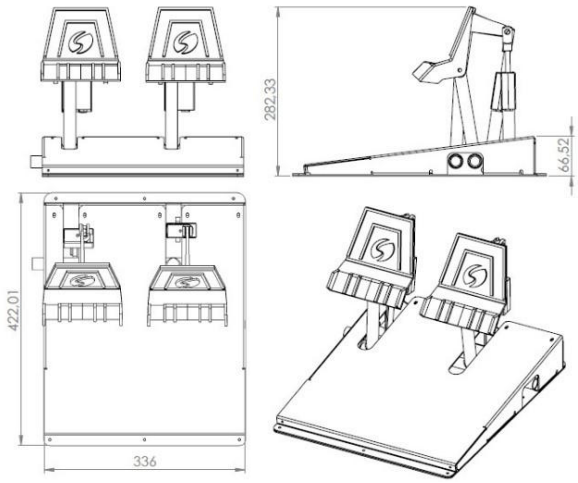
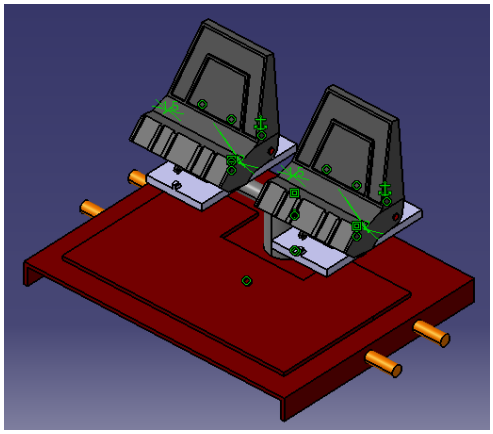


Figura 13 - Imagens de referência para construção dos pedais. Fonte: SimKits (2019)

Os pedais foram simplificados para sua construção: com aproximadamente 10 peças. O par de pedais serão impressos em 3D a base que sustenta será de chapa de aço, as hastes fixadoras (em laranja) dos pedais à estrutura base serão duas barras de aço usinadas, assim como as hastes que fixam os pedais aos mecanismos de freio e direção, os quais serão construídos por impressão em 3D. Todos esses elementos poderão ser confeccionados nos laboratórios de usinagem da FGA, Figura 14.



(B)

Figura 14 - Resultado da modelagem do conjunto dos pedais. Fonte: Autores (2019)

3.7. Painel de instrumentos

O painel de instrumentos será composto de um monitor de computador tipo

Desktop, onde será fixado por pregos em um furo vazado da estrutura do painel afim de acomodá-lo, simulando os instrumentos reais de um avião. Será utilizado um software de simulação de voo comercial para fazer a física do voo em si e todos os elementos de controle estarão atrelados a esse software, vide Figura 15.



Figura 15 - Montagem da tela do monitor simulando os instrumentos da aeronave no cockpit. Fonte: Autores (2019).

3.8. Conjunto completo e análise ergonômica

As imagens a seguir mostram as três vistas (traseira, lateral esquerda e superior) do conjunto completo do simulador. Para isso, foram utilizados três percentis diferentes: 5% ,50% e 95% para análise de alcance dos instrumentos do painel, assim como os manetes, manche e pedais. Claro que para cada percentil há uma regulagem correta quanto às distâncias a serem alcançadas pelos membros da pessoa sentada na posição e com as mãos de acordo com a postura correta de pilotagem.

O primeiro Percentil mostrado é o de 95%, figuras 16 a 20, representado por uma pessoa de alta estatura (1865,67 mm) sentada ao assento, podendo alcançar todos os componentes do cockpit. O Segundo percentil representa uma pessoa de estatura média (1755,8 mm), figuras 21 a 24, com percentil 50%, havendo a necessidade de aproximar o assento ao painel e aproximando os pedais para o sentido do piloto. O terceiro percentil, representado por uma pessoa de baixa estatura (1645,67 mm), figuras 25 a 28, com percentil 5%, apresenta dificuldades para visualizar o monitor externo ao painel, havendo a necessidade de inclinar a cabeça para cima e comprometendo sua visão e conforto na hora de conduzir o avião.

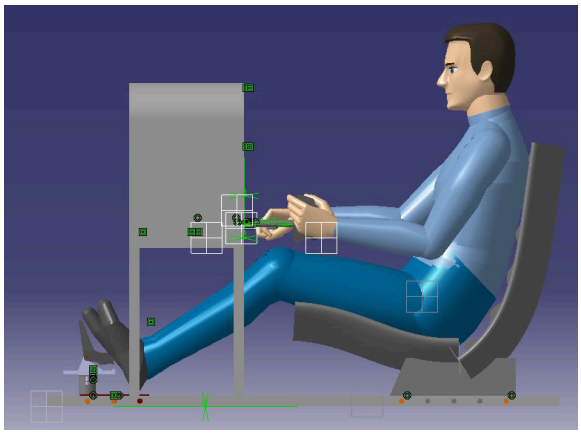


Figura 16 - Vista lateral esquerda do simulador para percentil 95%. Fonte: Autores (2019)

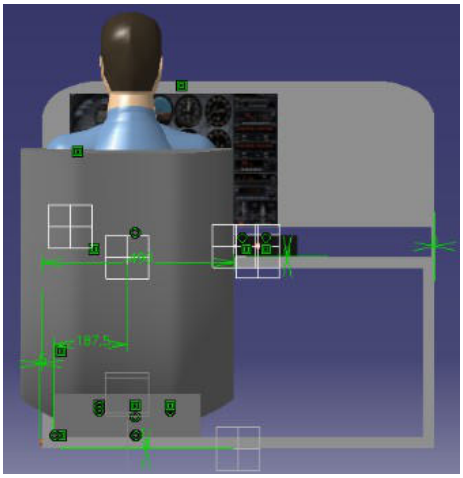


Figura 17 - Vista traseira para percentil 95%. Fonte: Autores (2019)

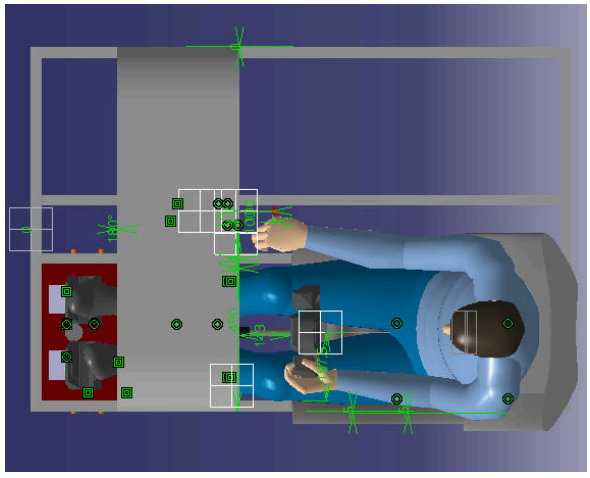


Figura 18 - Vista superior do simulador com percentil 95%. Fonte: Autor (2019)

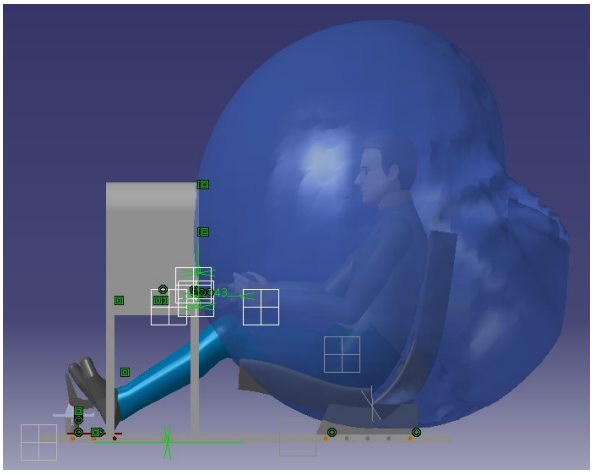


Figura 19 - Análise de alcance do painel de instrumentos com percentil 95%. Fonte: Autor (2019)

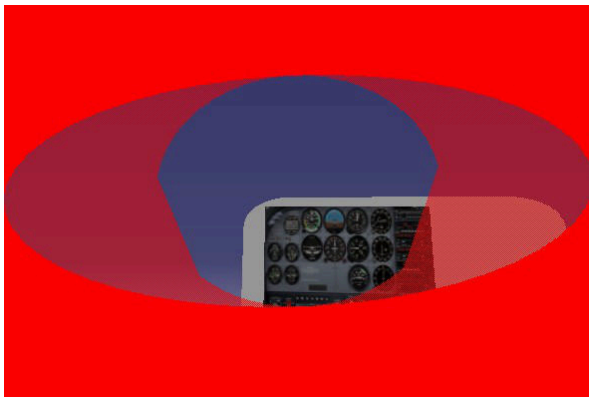
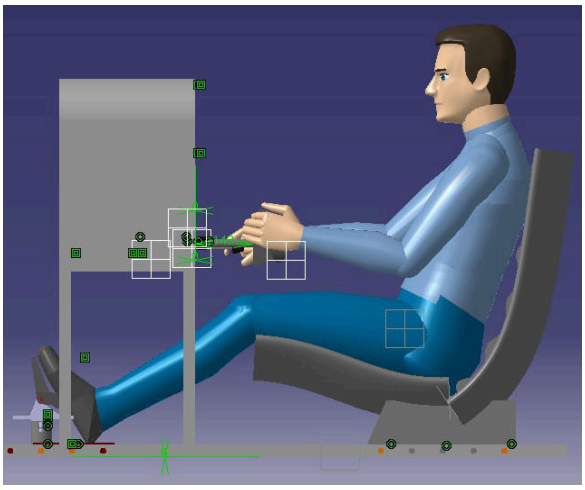
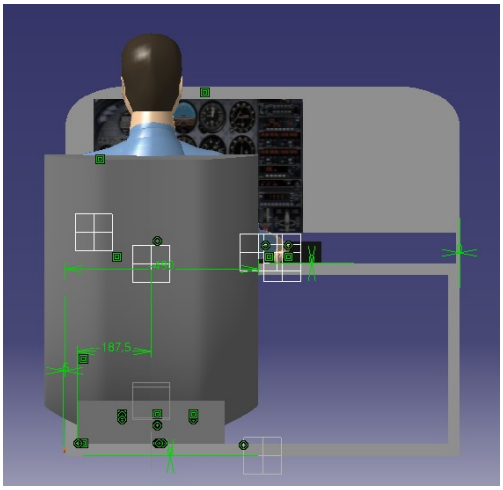


Figura 20 - Visão do piloto percentil 95% dentro do cockpit. Fonte: Autor (2019)



(A)



(B)

Figura 21 - Vistas lateral esquerda (A) e traseira (B) com percentil 50%. Fonte: Autores (2019).

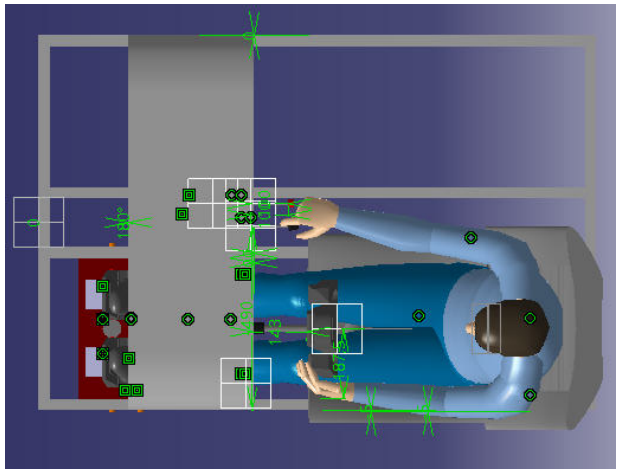


Figura 22 - Vista superior com percentil 50%. Fonte: Autores (2019).

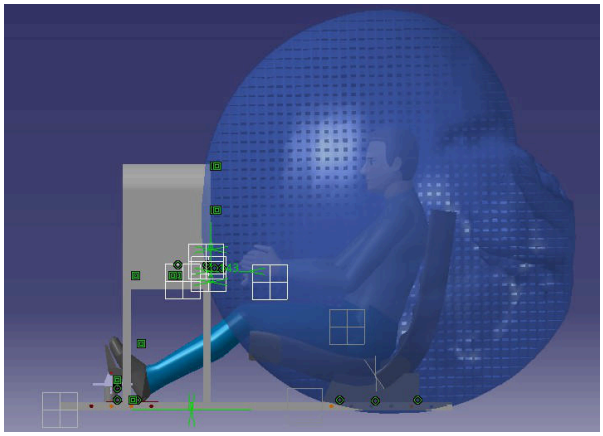


Figura 23 - Análise de alcance com percentil 50%. Fonte: Autores (2019).

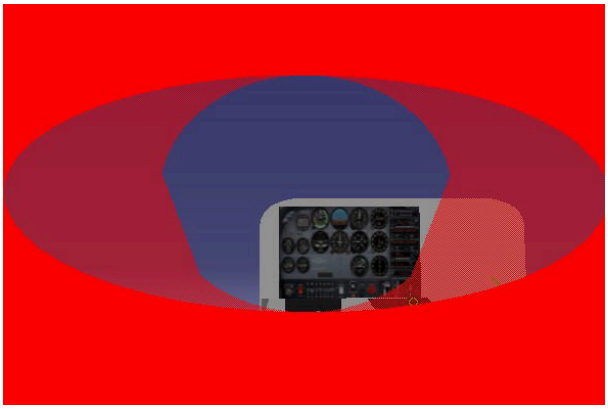
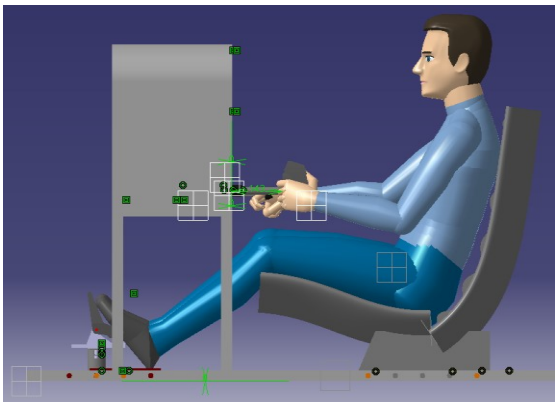
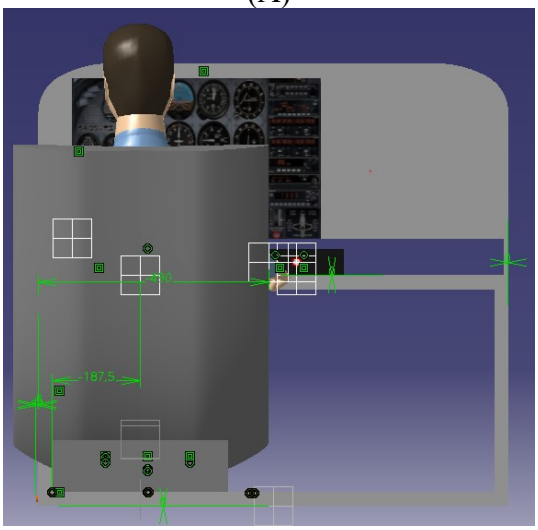


Figura 24 - Visão do piloto percentil 50% dentro do cockpit. Fonte: Autores (2019).



(A)



(B)

Figura 25 - Vistas lateral esquerda (A) e traseira (B) com percentil 5%. Fonte: Autores (2019).

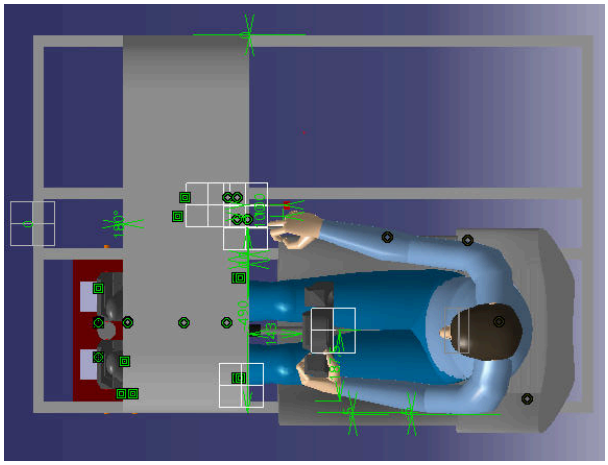


Figura 26 - Vista superior com percentil 5%. Fonte: Autores (2019).

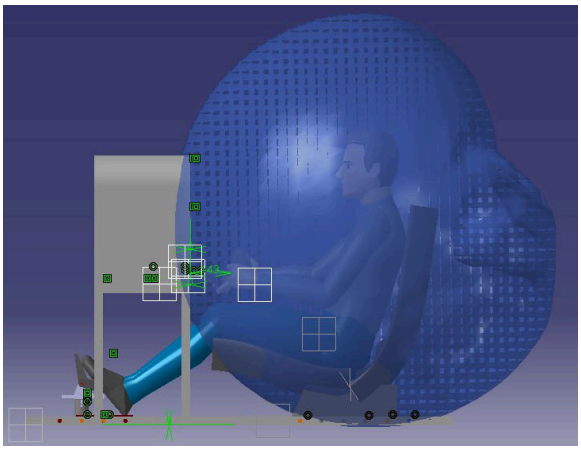


Figura 27 - Análise de alcance com percentil 5%. Fonte: Autores (2019).

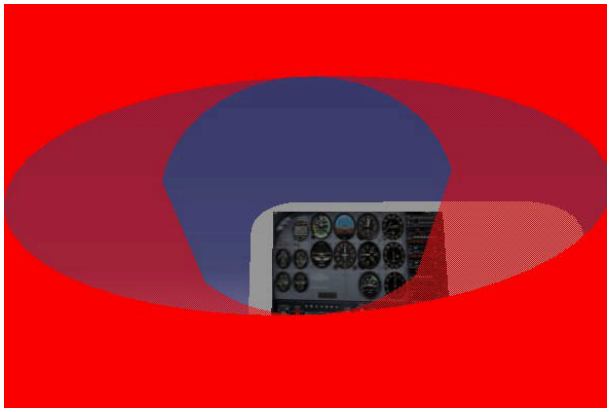


Figura 28 - Visão do piloto percentil 5% dentro do cockpit. Fonte: Autor (2019).

4. CONCLUSÃO

O desenvolvimento do simulador de cockpits aeronáuticos é de grande valia por permitir sua utilização em disciplinas ligadas ao curso da UnB Campus Gama, além de ser uma plataforma de desenvolvimento de projeto de pesquisa e engenharia em todo o ciclo de vida do projeto, como: concepção, projeto, ensaio e produção. Sendo que este projeto de pesquisa está diretamente ligado às aplicações tanto didáticas, em disciplinas oferecidas nos currículos dos cursos de Engenharia da UnB – Gama, quanto a outros projetos de pesquisa ligados à Universidade de Brasília.

O resultado geral do projeto foi bastante promissor, conseguindo congelar o projeto do simulador incluindo todos os subsistemas de controle e sendo adequado ergonomicamente. Futuramente, está se planejando a construção deste simulador tendo como premissa baratear os custos da construção desse simulador de voo com materiais e processos de fabricação acessíveis. Isso será de grande importância para futuras pesquisas e desenvolvimentos tecnológicos no ramo da Engenharia Aeroespacial.

5. REFERÊNCIAS

Departament of Defence, Military Standard 1742F – Human Engineering, DoD, 1999.

DREYFUSS, H., As medidas do homem e da mulher: Fatores humanos em design. Porto Alegre: Bookman, (2005);

IIDA, I., (2005). Ergonomia: Projeto e Produção. 2nd ed. São Paulo: Edgard Blücher;

REGO, G., MIRANDA, M. R., Projeto conceitual de bancada para simulação de cockpits. PIBIC UnB 2016-2017. Brasília, 2017;

SAE. SAE J941: Motor Vehicle Drivers' Eye Locations. PA, USA: SAE International, 2002;

SAE Standards - Aerospace Recommended Practice ARP 4101 - Flight Deck Layout and Facilities, 2003;

Simkits by TRC Simulations, 2019. Disponível em <https://www.simkits.com/product/rudder-pedals-with-proportional-brake-system/>. Acesso em 19 de julho de 2019;

Throttle and Mixture (Cessna Style), 2015. Disponível em: <http://www.simprojects.nl/throttle_and_mixture.htm> . Acesso em: 18 de julho de 2019;