

DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE PARA AUXILIAR PROJETOS DE ASAS ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE FLUIDODINÂMICA COMPUTACIONAL

DIEGO BANDEIRA DE MELO AKEL THOMAZ¹, BISMARCK PARENTE ROSSETTI SEGADILHA², PEDRO TIAGO SILVA MELO³, RENATA DA ENCARNAÇÃO ONETY⁴, EDUARDO RAFAEL BARREDA DEL CAMPO⁵

¹Graduando em Engenharia Mecânica, UEA, Manaus-AM, diegoakel1@gmail.com;

²Graduando em Engenharia de Produção, UEA, Manaus-AM, bprs.eng18@uea.edu.br;

³Graduando em Engenharia Mecânica, UEA, Manaus-AM, ptsm.eng19@uea.edu.br;

⁴Dra. em Engenharia Elétrica, Prof. Adjunta UEA, Manaus-AM, ronety@uea.edu.br;

⁵Dr. em Engenharia Mecânica, Prof. Adjunto UEA, Manaus-AM, eduardoserapio@yahoo.com.br

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
15 a 17 de setembro de 2021

RESUMO: Esse trabalho demonstra o desenvolvimento e alguns resultados de um programa de criação e análise automática de asas para aeronaves da equipe Urutau, que participa da competição SAE BRASIL Aerodesign. Para análise das asas, foi utilizado o Método da Rede de Vórtices. As variáveis geométricas utilizadas foram corda, offset e envergadura. Um algoritmo genético foi desenvolvido a fim de guiar a evolução das asas. Através dos resultados de um ciclo do programa, é possível visualizar que indivíduos gerados pelo algoritmo genético apresentaram resultados melhores que a população inicial. Dessa forma, o software atendeu ao requisito de aumentar a quantidade de asas analisadas, aumentando a possibilidade de uma solução melhor em comparação com um projeto realizado inteiramente de forma manual.

PALAVRAS-CHAVE: Aerodinâmica, Python, Automação, AVL.

DEVELOPMENT OF A SOFTWARE TO ASSIST WING PROJECTS THROUGH COMPUTATIONAL FLUIDODYNAMICS TECHNIQUES

ABSTRACT: This work demonstrates the development and some results of an automatic wing creation and analysis program from the Urutau team, which participates in the SAE BRASIL Aerodesign competition. The analysis method was the VLM through the AVL program, the analysis and generation algorithm was developed entirely in Python 3.7. The geometric variables used were chord, offset and wingspan. A genetic algorithm developed specifically for this project was used to guide the evolution of the wings. Through one program cycle, it is possible to see that some of the individuals generated showed better results than the initial random population. The software met the requirement to increase the number of wings analyzed, increasing the possibility of a better solution compared to a project carried out entirely manually.

KEYWORDS: Aerodynamics, Python, Automation, AVL.

INTRODUÇÃO

Como vem ocorrendo desde o início do século XX, quando a humanidade começou a guerrear pelo ar com a utilização de aviões, o desenvolvimento do setor aeronáutico de um país passou a ser de grande importância para a soberania do mesmo. Mais ainda, a partir do final da década de 1950, quando começamos a enviar objetos para o espaço. Desde então, o desenvolvimento de novas tecnologias aeroespaciais passou a ser uma das maiores preocupações de nações inteiras e posteriormente de algumas empresas privadas (Anderson, 1999).

Desde o seu início no século XX, a indústria aeronáutica vem se modificando muito (Anderson, 1999). Com os esforços de guerra e os atuais esforços para se manter competitivos, as empresas que projetam aviões desenvolvem cada vez mais e mais tecnologias para a melhoria da eficiência das suas aeronaves, sendo a asa um dos componentes principais dessa evolução. Juntamente com esse desenvolvimento tecnológico, o desenvolvimento na área de aerodinâmica teórica tem sido bem pronunciado (Anderson, 2011).

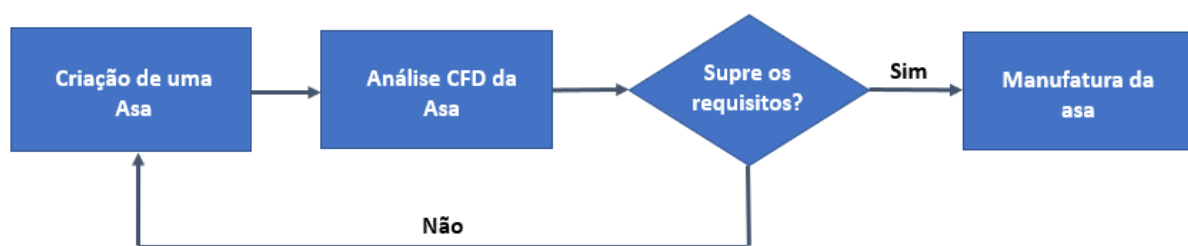
Com as necessidades de rápidas inovações no setor aeroespacial, novas técnicas de desenvolvimento de aeronaves precisaram ser desenvolvidas para se obter uma vantagem competitiva. Antes da década de 1960, esse desenvolvimento era feito praticamente através da experiência, somando teoria e experimentação, o que levava a custos muito altos e a várias tentativas falhas. Para baratear esse processo, a indústria desenvolveu mais o setor computacional, utilizando métodos numéricos para resolver equações matemáticas que regem o comportamento de fluidos, para assim, prever como uma aeronave se comportaria em funcionamento no mundo real. Assim, nasceu o ramo de Fluidodinâmica Computacional (CFD – Computational Fluid Dynamics) (Anderson, 1995).

Como é natural na evolução da tecnologia, as técnicas de CFD se tornaram facilmente aplicáveis, até mesmo em computadores de uso pessoal. Isso possibilitou que estudantes de graduação conseguissem utilizar esses métodos numéricos para desenvolver as suas próprias aeronaves. Esse movimento é muito bem exemplificado na SAE BRASIL Aerodesign, uma competição que ocorre anualmente no Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), onde equipes de estudantes de engenharia que desenvolveram um projeto aeronáutico, desde a sua concepção até a construção, se juntam para realizar provas com as suas aeronaves e para apresentar o desenvolvimento técnico do seu projeto (Souza et al., 2016).

Um método numérico comumente utilizado nessas aplicações acadêmicas é o Método da Rede de Vórtices (VLM – Vortex Lattice Method), aplicado através de programas populares entre as equipes como AVL e Tornado. Esses programas possibilitam a obtenção de coeficientes aerodinâmicos simplesmente através da geometria de uma asa (Budziak, 2015). Através desses coeficientes é possível estipular quanto de carga uma aeronave poderá levar, sendo esse o maior objetivo da competição.

Contudo, o grande número de variáveis geométricas das asas, e a grande influência causada por uma pequena variação nos seus valores, torna um projeto aerodinâmico extremamente complicado e demorado. Isso se justifica devido à necessidade de criar novas asas modificando manualmente o valor de cada variável e refazendo a análise diversas vezes, até que se tenha uma asa que supra os requisitos da equipe (Turan, 2009).

Figura 1. Fluxograma do projeto de uma Asa. Fonte: Autor.



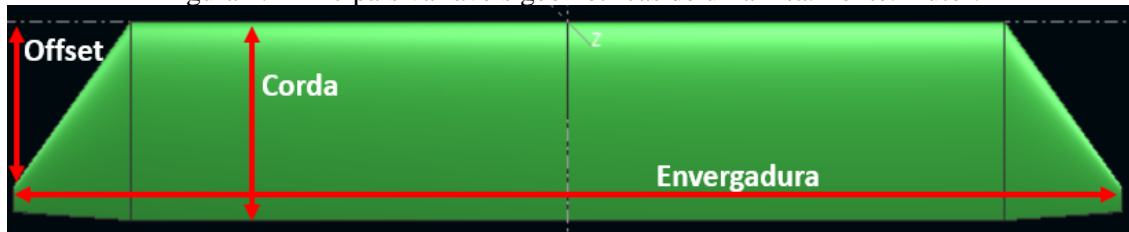
A fim de automatizar a parte mecânica desse processo e permitir que o projetista se concentre nas partes mais técnicas do projeto, foi desenvolvido um programa que realiza automaticamente a criação e análise de novas asas. Foi projetado um Algoritmo Genético para guiar o procedimento da criação de novas asas. O programa foi desenvolvido completamente em Python por membros da equipe Urutau Aerodesign, equipe da Universidade do Estado do Amazonas que participa anualmente da competição SAE BRASIL Aerodesign, na classe Advanced.

MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente, foi preciso definir como seria criada a população inicial de asas. Uma asa é definida basicamente por algumas variáveis geométricas que representam o seu formato. Para esse projeto, foram escolhidas 3 das principais variáveis que influenciam no resultado: envergadura, corda

e offset, como representadas na Figura 2. Existem mais variáveis, contudo, quanto mais fossem utilizadas, maior seria o tempo de análise e a complexidade do programa.

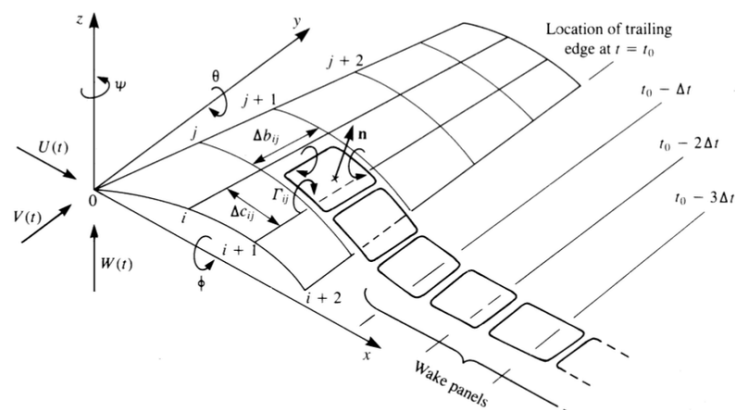
Figura 2. Principais variáveis geométricas de uma Asa. Fonte: Autor.



Utilizando um gerador de valores aleatórios em Python, números dentro de um intervalo foram criados para essas três variáveis. Assim, já é possível gerar um número infinito de asas diferentes e analisá-las através de CFD.

Com isso, é preciso definir o tipo de análise que será realizada pelo programa. Essa análise precisa ser rápida, já que muitas asas precisam ser avaliadas, e confiável, para que o resultado obtido não distoe muito da realidade. Para isso, foi escolhido o AVL (Athena Vortex Lattice), um software desenvolvido no MIT (Massachusetts Institute of Technology) que aplica o tipo de análise VLM, amplamente utilizado em aplicações universitárias como Thomaz et al. (2019). Esse método divide a asa em um número pré-definido de painéis, um artifício matemático, e calcula o coeficiente aerodinâmico em cada um deles. Com isso, é obtido o CL (Coeficiente de sustentação) e CD (Coeficiente de Arrasto) da asa, e com estes é possível estimar quanto de carga que essa asa poderá carregar (Budziak, 2015).

Figura 3. Visualização de uma asa através do VLM. Fonte: Parenteau et al.



Com essa primeira população gerada e analisada, um algoritmo genético é utilizado para criar novas gerações de asas. Esse algoritmo simula a seleção natural, criando novos indivíduos a partir das características de dois pais e utilizando uma função objetivo para guiar o caminho da evolução das asas (Holst e Pulliam, 2001). Modificando essa função objetivo, são mudadas as características da geração final do programa.

A função objetivo utilizada foi a função de pontuação de carga da classe Advanced da SAE BRASIL Aerodesign 2020 (SAE BRASIL, 2020), representada na seguinte equação.

$$P = 8,3 \cdot e^{(C/6)} \quad (1)$$

Onde,

P = Pontuação de carga
 e = Número de Euler
 C = Carga Paga

A carga paga, que é o peso efetivamente carregado pela aeronave, ficou fixa em 65% do peso total do avião, baseado em dados de anos anteriores da equipe. Com isso e com os valores aerodinâmicos obtidos na etapa de análise, a seguinte equação (Bortolete, 2017) é usada para calcular o

peso total (W) que uma aeronave pode possuir para decolar em uma pista com comprimento finito (S) utilizando a asa gerada. Os valores atmosféricos e do grupo motopropulsor foram estipulados empiricamente com base no histórico da equipe.

$$S = (1,44.W^2) / (g.\rho.S.CL\{T - [D + \mu.(W - L)]\}0,7.V) \quad (2)$$

Onde,

g = Aceleração da gravidade
 ρ = Densidade do ar
 S = Área da superfície da asa
 T = Tração
 D = Força de arrasto
 μ = Coeficiente de atrito de rolamento
 L = Força de sustentação
 V = Velocidade de decolagem

O valor de velocidade na hora da decolagem é obtido usando a seguinte equação.

$$V^2 = 2.W / (\rho.S.CL) \quad (3)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Realizando um ciclo de análise do programa, quatro indivíduos aleatórios foram gerados inicialmente e que por sua vez criam dois filhos, com as características advindas dos iniciais. Os intervalos das variáveis geométricas para criação da geração inicial estão na Tabela 1.

Tabela 1. Intervalos das variáveis geométricas da população inicial

Variável	Corda	Offset	Envergadura
Limite Superior	0,5	0,15	4
Limite Inferior	0,25	0,01	2

Os indivíduos são nomeados no sistema de X.Y, onde X representa o número da geração e Y o número do indivíduo nessa geração. Os resultados, já organizados em ordem decrescente de valor de pontuação, estão na Tabela 2:

Tabela 2. Resultados de um ciclo do programa

Nome da asa	Massa total (W/g)	Carga paga (C)	Área (S)	Envergadura	Pontuação (P)
Asa 1.001	16.56	10.76	1.432	3.157	49.888
Asa 0.004	15.56	10.11	1.266	2.916	44.766
Asa 0.002	15.33	9.97	1.144	2.938	43.701
Asa 0.003	15.33	9.97	1.033	3.039	43.701
Asa 1.002	15.00	9.75	1.089	2.988	42.151
Asa 0.001	14.67	9.53	1.108	2.674	40.656

É possível notar que, já na primeira geração de filhos, um indivíduo se sobressaiu em relação aos que o geraram (pais). Para se obter uma asa que satisfaça os requisitos da equipe, é necessário realizar muitos ciclos desse programa, até que uma gama de diferentes asas tenha sido gerada e analisada. A partir destas, um projetista escolhe a que melhor se adequa, levando em conta quesitos construtivos, e então esse projeto segue para a etapa de manufatura e futuros testes.

CONCLUSÃO

O software permitiu realizar a análise de um número muito maior de asas, simplesmente por ter automatizado o processo de criação e análise de novos indivíduos, aumentando a chance de se encontrar uma solução melhor no espaço de asas possíveis. Um grande problema ainda encontrado ao se realizar o projeto de novas asas são as considerações estruturais, que influenciam bastante no resultado mas não estão sendo levadas em conta no programa.

Sendo assim, um módulo de estruturas está em criação, assim como um de análise de estabilidade e controle. O objetivo final é o desenvolvimento de todos os módulos necessários para a criação de uma aeronave, que posteriormente serão unidos para se ter um programa que desenvolva o projeto completo de um avião.

REFERÊNCIAS

- Anderson, J. D. Computational Fluid Dynamics: The basics with applications. 1.ed. McGraw Hill, New York, 1995. 547p.
- Anderson, J.D. Aircraft Performance and Design. New York, 1999.
- Anderson, J.D. Fundamentals of aerodynamics. 5.ed. McGraw-Hill series in aeronautical and aerospace engineering, Nova York, 2011. 1131p.
- Bortolete, F. A. Algoritmo de Otimização Aerodinâmica de Asas Voltadas a uma Aeronave de Baixo Número de Reynolds. 2017. 63f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Escola Superior de Tecnologia, Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2017.
- Budziak, K. Aerodynamics Analysis with Athena Vortex Lattice (AVL). Hochschule für Angewandete Wissenschaften Hamburg, Department of Automotive and Aeronautical Engineering, 2015.
- Holst, T.L., Pulliam, T.H. Aerodynamic Shape Optimization Using a Real-Number-Encoded Genetic Algorithm, 2001. Disponível em: <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20010003442>. Acesso em: 12 de Fevereiro de 2020.
- Parenteau, M., Plante, F., Laurendeau, E., Costes, M. Unsteady Coupling Algorithm for Lifting-Line Methods. In: 55th AIAA Aerospace Sciences Meeting, 2017.
- SAE BRASIL, 22ª Competição sae brasil aerodesign 2020 classes regular, advanced e micro regulamento da competição, 2020. Disponível em: http://saebrasil.org.br/2020/Aero2020/Regulamento_SAE_BRASIL_AeroDesign_2020_Rev02.pdf. Acesso em: 25 de Março de 2020.
- Souza, L.G.; Bortolete, F.A.; Kieling, A.C.; Junior, H.M.T. Metodologia de um projeto aerodinâmico básico voltado a competição sae brasil aerodesign. In: XLIV Congresso brasileiro de educação em engenharia, 2016.
- Thomaz, D.B.M.A., Pinto, T.C.F., del Campo, E.R.B. Análise teórica e numérica da implementação de hidrofólios de sustentação em uma embarcação solar. In: XXVI Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica, 2019.
- Turan, M. Tools for the conceptual design and engineering analysis of micro air vehicles. Ohio, 2009. 156f. Tese (Master of Science in Aeronautical Engineering).