

FERRAMENTA PARA O CÁLCULO DE MEDIDAS DAS SUPERFÍCIES DE CONTROLE PRIMÁRIAS DE UM AEROMODELO EM PYTHON¹

 DOI: 10.5281/zenodo.6426443

Giovanni Jamberso Gonçalves

Universidade do Vale do Paraíba

gjammerso@gmail.com

Eliaquim dos Santos Lima

Universidade do Vale do Paraíba

eliaquim.lima@yahoo.com.br

Igor Felice Souza Mosena

Universidade do Vale do Paraíba

igor.mosena@gmail.com

Erika Peterson Gonçalves

Universidade do Vale do Paraíba

erika@univap.br

Resumo

Otimizar processos durante um projeto de engenharia é muito importante para economizar e diminuir o tempo gasto, uma forma de fazer isso é utilizando linguagens de programação para a criação de ferramentas para a otimização de alguns cálculos matemáticos. O presente trabalho mostra como foi realizado o desenvolvimento de uma ferramenta para cálculo de superfícies de controle utilizando dados fornecidos pelo usuário, importando-os para a linguagem de programação Python: tecnologia de fácil utilização para análise de dados, obtendo assim os melhores resultados de volume de cauda e oferecendo aos usuários diferentes geometrias das superfícies de controle, bem como as respectivas eficiências de deflexão, para uma aeronave com baixo número de Reynolds, a fim de garantir a segurança nos cálculos da estabilidade e controle da aeronave.

¹ XXV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XXI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e XI Encontro de Iniciação à Docência - Universidade do Vale do Paraíba - 2021.

Palavras-chave: Ferramenta, Python, Estabilidade, Otimização.

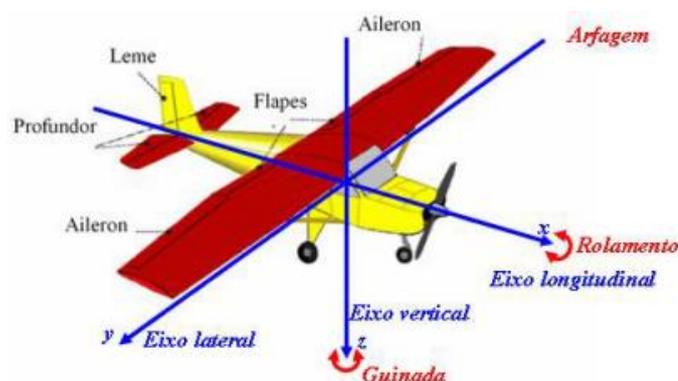
Introdução

A finalidade das superfícies de controle é de permitir o controle de manobras dos aviões, aumentar a sustentação adicional em pousos e decolagens e aumento do arrasto em voo ou no solo. No presente trabalho foi utilizado uma ferramenta para cálculo das superfícies de controle primárias: ailerons, leme de direção e profundor.

Os ailerons ficam localizados na parte posterior da asa (conforme figura) e permitem o movimento de rolamento (roll) do aeromodelo. O leme fica localizado na parte posterior da asa (conforme figura) e permite o movimento de guinada (yaw). Já os profundores ficam localizados na parte posterior do estabilizador horizontal (conforme figura) e permitem o movimento de arfagem (pitch). Cada um deles possui sua própria importância para a movimentação, e todos são essenciais para um aeromodelo funcional.

As áreas das superfícies de controle e suas deflexões foram obtidas através de análises de aeronaves já existentes que obtiveram bons resultados feitas por Raymer (1992).

Figura 1 - Eixos de coordenadas e superfícies de controle.



Fonte: Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues (2014).

Sabendo o que são as superfícies de controle e porquê são importantes, precisamos saber suas medidas, e para isso precisamos calcular individualmente as medidas ideais para cada uma delas. Para tais cálculos foi devolvido um código em

Python 3, com isso pode-se obter diferentes configurações que respeitam os estudos feitos por Raymer (1992), além de importantes dados como volume de cauda e eficiência das superfícies de controle primárias.

Além disso foi utilizado o Google Colaboratory, serviço de nuvem gratuito hospedado pelo próprio Google, para auxiliar no desenvolvimento do código, facilitando muito no processo de desenvolvimento devido à capacidade de utilizar qualquer biblioteca de Python sem a necessidade de nenhum tipo de download, além da execução do programa ser feita em um servidor da Google e da capacidade de armazenar o projeto inteiro no Google Drive.

Metodologia

O código desenvolvido permitiu ao usuário inserir os parâmetros iniciais da aeronave, como envergadura, comprimento, corda da asa, velocidade, posição e perfil aerodinâmico das superfícies de controle. Figura 2.

Figura 2 - Exemplo de inserção de parâmetros iniciais.

```
Bem-vindo ao código Enterprise.  
  
Digite o valor do comprimento máximo da aeronave: 1.4  
Digite o valor de início da asa no eixo X: 0.1  
Digite o valor da Corda da asa: 0.4  
Digite o valor da Envergadura da asa: 2  
Digite a velocidade da aeronave: 20
```

Fonte: o autor.

Utilizando como base os valores de C_{vt} e C_{ht} para um aeromodelo (*homebuilt*) encontrados por Raymer, conforme a tabela retirada de seu livro (RAYMER, 1992, p. 112): Tabela 1.

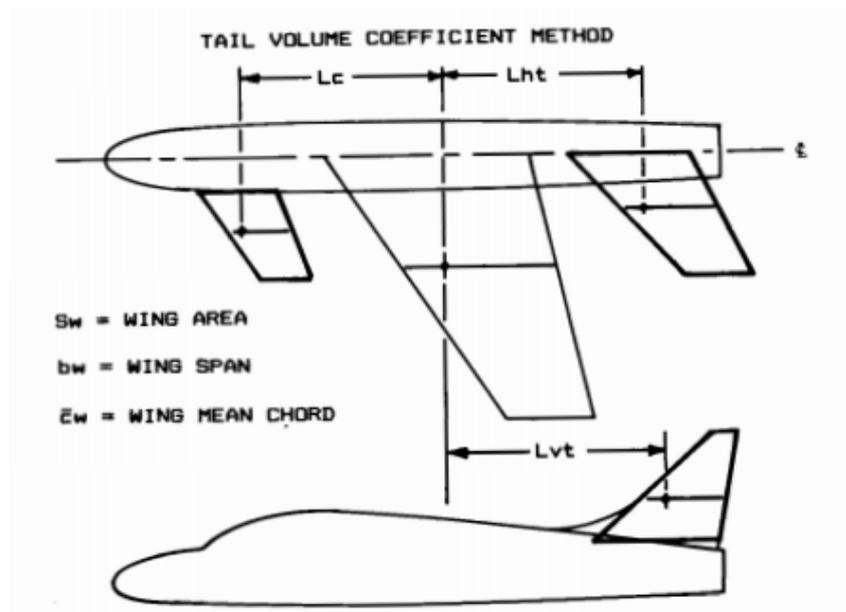
Tabela 1 - Coeficiente de volume de cauda.

	Typical values	
	Horizontal c_{HT}	Vertical c_{VT}
Sailplane	0.50	0.02
Homebuilt	0.50	0.04
General aviation—single engine	0.70	0.04
General aviation—twin engine	0.80	0.07
Agricultural	0.50	0.04
Twin turboprop	0.90	0.08
Flying boat	0.70	0.06
Jet trainer	0.70	0.06
Jet fighter	0.40	0.07
Military cargo/bomber	1.00	0.08
Jet transport	1.00	0.09

Fonte: Daniel P. Raymer (1992).

Calculando assim os valores necessários de L_{vt} e L_{ht} , através dos valores de comprimento e posição da asa inseridos pelo usuário, conforme Figura 3.

Figura 3 - Dimensionamento inicial da cauda.



Fonte: Daniel P. Raymer (1992).

Os valores encontrados são então inseridos nas fórmulas de volume de cauda vertical e volume de cauda horizontal, respectivamente, equações 1 e 2.

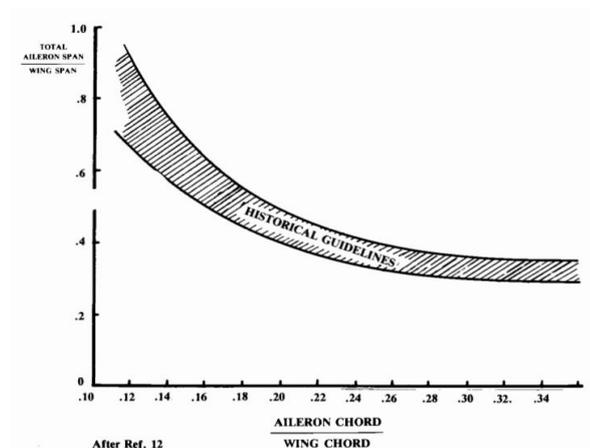
$$S_{VT} = \frac{c_{VT} b_w S_w}{L_{VT}} \quad (1)$$

$$S_{HT} = \frac{c_{HT} \bar{C}_w S_w}{L_{HT}} \quad (2)$$

As configurações das superfícies de controle se basearam nos estudos feitos por Raymer, onde suas dimensões são dadas por: a envergadura do Aileron se estende de 50 a 90% da envergadura da asa (até 70% no caso do código feito por se tratar de um aeromodelo construído em casa), enquanto sua corda se estende de 15 a 25% da corda da asa; a envergadura do profundor se estende até 90 ou 100% do comprimento do estabilizador horizontal, enquanto sua corda se estende de 25 a 50% da corda da cauda; a envergadura do leme se estende até 90% do comprimento do estabilizador vertical, enquanto sua corda se estende de 25 a 50% da corda da cauda também. (RAYMER, 1992, p. 113)

Como é mostrado no gráfico da Figura 4:

Figura 4 - Linhas de referência para dimensionamento dos Ailerons.



Fonte: Daniel P. Raymer (1992).

Dessa forma o usuário recebe um menu de opções, como na Figura 5:

Figura 5 - Menu de opções do programa.

```
Selecione uma opção (digite o número correspondente):  
[0] - Volumes de cauda (Sht, Svt)  
[1] - Dimensões das superfícies de controle  
[2] - Gráfico das superfícies de controle  
[3] - Sair  
Sua escolha: 
```

Fonte: o autor.

Resultados

Após a execução dos cálculos, obtém-se os volumes de cauda (Sht e Svt),
Figura 6.

Figura 6 - Exemplos de valores de volume de cauda.

```
Volumes de cauda:  
Sht: 0.16609  
Svt: 0.06894
```

Fonte: o autor.

Assim pode-se obter até 6 configurações, que satisfaçam essa proporção,
deixando ao projetista a escolha ideal para seu projeto ou estudo, mostrando também
as proporções mínimas e máximas para se satisfazer as configurações desejadas.

Figura 7 - Exemplo de configurações das medidas do profundor.

```
Configurações do Profundor: (B x C)
```

```
Config. 1 do Profundor:  
(min): 0.6443 x 0.075 m  
(max): 0.6443 x 0.15 m
```

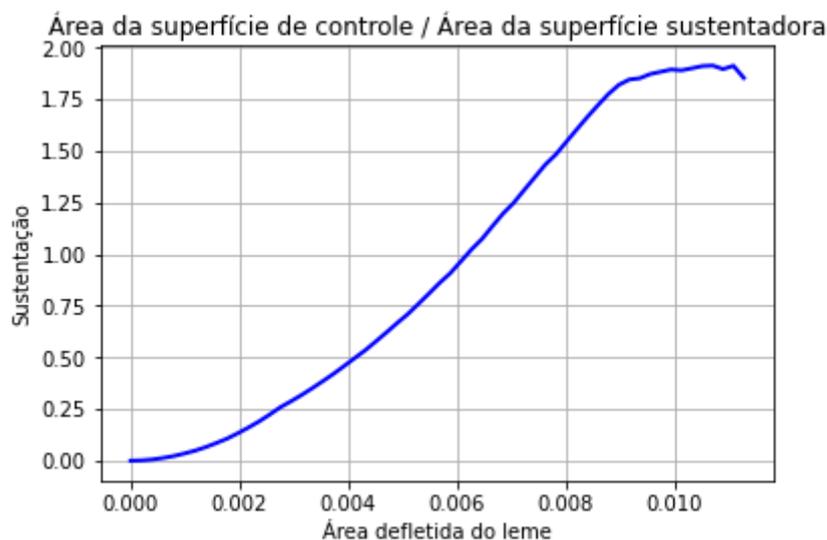
```
Config. 2 do Profundor:  
(min): 0.6364 x 0.075 m  
(max): 0.6364 x 0.15 m
```

Fonte: o autor.

Além disso, é possível obter um gráfico relacionado à eficiência da deflexão da superfície de controle escolhida.

Quando há uma deflexão das superfícies de controle ocorrem fenômenos aerodinâmicos, pois há uma mudança na geometria do perfil, assim, pode-se calcular até que ponto essa deflexão é positiva para o objetivo do projeto, sem que haja perda de energia (arrasto) ou estol (desprendimento do fluxo de ar da superfície do aerofólio). Conforme Figura 8:

Figura 8 - Eficiência de deflexão do leme de direção.



Fonte: o autor.

A deflexão do leme de direção em qualquer sentido produz uma força lateral que quando multiplicada pelo braço de momento em relação ao CG da aeronave provoca o momento de guinada necessário para a mudança de atitude da aeronave. (RODRIGUES, 2014, p. 55)

Discussão

Após uma análise nos resultados constatou que a ferramenta desenvolvida é capaz de obter valores de volume de cauda semelhantes aos estudados por Raymer, além de apresentar seis diferentes configurações para o usuário.

Na eficiência das superfícies de controle, nota-se o ponto máximo da eficiência antes de estolar, auxiliando o usuário na escolha do perfil e no ângulo máximo de deflexão. Por isso a importância do desenvolvimento das ferramentas utilizadas. Desta forma o projetista tem a opção de escolha dos coeficientes de diferentes perfis aerodinâmicos.

Conclusão

Verifica-se que para o bom desenvolvimento de projetos na área da engenharia aeroespacial, é de fundamental importância o uso de ferramentas de otimização e validação.

Analisando os resultados apresentados, verifica-se a importância da ferramenta na definição das superfícies de controle, para garantir desempenho em voo e manobrabilidade com margens de segurança adequadas.

Referências

RAYMER, Daniel P. Initial Sizing: Control-Surface Sizing. In: RAYMER, Daniel P. **Aircraft Design: A Conceptual Approach**. 2. ed. Los Angeles: AIAA, 1992. cap. 6.5, p. 113-116. ISBN 0-930403-51-7.

RODRIGUES, Luiz Eduardo Miranda José. Análise de Estabilidade Estática. In: RODRIGUES, Luiz Eduardo Miranda José. **Fundamentos da Engenharia Aeronáutica com Aplicações ao Projeto SAE-AeroDesign: Estabilidade e Estruturas**. 1. ed. Salto: [s. n.], 2014. cap. 5, p. 9-63. ISBN 978-85-918113-1-1. E-book (208 p.).