



Fundação Universidade Federal do ABC

Pró reitoria de pesquisa

Av. dos Estados, 5001, Santa Terezinha, Santo André/SP, CEP 09210-580

Bloco L, 3º Andar, Fone (11) 3356-7617

iniciacao@ufabc.edu.br

Projeto de Iniciação Científica submetido para avaliação no Edital: 04/2022

Declaração de Interesse por Bolsa

O aluno associado a este projeto deseja participar do programa de iniciação científica como bolsista.

Título do projeto: Parametrização de aerofólios pela metodologia *Class-Shape Transformation* (CST)

Palavras-chave do projeto: parametrização, aerofólios, aerodinâmica, CFD

Área do conhecimento do projeto: Programação, matemática e aerodinâmica

Sumário

| | | |
|---|--------------------------|---|
| 1 | Resumo | 3 |
| 2 | Introdução | 3 |
| 3 | Objetivos | 4 |
| 4 | Metodologia | 5 |
| 5 | Cronograma de atividades | 5 |

1 Resumo

Os métodos de otimização computacional caracterizam-se, especialmente no escopo aeronáutico, por explorar o escopo do projeto de forma a aumentar a sua eficácia. Com esse objetivo, a parametrização geométrica de aerofólios se destaca na busca por eficiência durante a otimização de superfícies aerodinâmicas. Sob essa perspectiva, este projeto aborda o desenvolvimento de um código computacional que descreve aerofólios a partir de funções matemáticas, com a ideia principal de adequação destes em parâmetros matemáticos que influenciam diretamente no seu comportamento aerodinâmico, a fim de facilitar sua otimização.

2 Introdução

O escoamento dos fluidos é descrito matematicamente por um sistema de equações diferenciais a derivadas parciais (PDE¹'s) não-lineares, do qual a solução analítica geral não é conhecida [1]. Nesse sentido, a partir do crescimento da computação, a comunidade científica se dedicou em desenvolver métodos numéricos para solucionar de maneira aproximada e entender melhor o comportamento dos escoamentos, uma vez que uma das poucas maneiras de prever o movimento de fluidos, até então, era de forma experimental, que custa muito tempo e recursos. Assim, esse movimento originou, na Mecânica dos Fluidos, a área de Dinâmica dos Fluidos Computacional (CFD²).

A CFD demonstrou ser um excelente mecanismo de análise de escoamentos em configurações complexas de aeronaves, possibilitando a redução de custos operacionais, comparado aos testes experimentais, e grande precisão nos resultados [4]. Contudo, o método de utilização da CFD era muito demorado devido às análises individuais de simulação para cada criação proposta pelos projetistas, sem que existisse uma ferramenta que eliminasse a tentativa e erro e explorasse a viabilidade total das soluções. Sob essa óptica, surgiram métodos de otimização e projeto inverso, os quais procuram percorrer e investigar o espaço de projeto mais eficientemente.

A parametrização é um método comum de discretização das superfícies aerodinâmicas que sistematiza o processo de otimização. Em princípio, pode-se utilizar coordenadas de pontos discretos da superfície como variáveis para a otimização, o que permite maior facilidade e flexibilidade para a geração de configurações alternativas de aerofólios, por exemplo, desde que essa abordagem seja realizada de forma adequada e com um grande número de pontos.

¹sigla em inglês para *Partial Differential Equations*

²sigla em inglês para *Computational Fluid Dynamics*

Ainda, o desempenho aerodinâmico, especialmente das asas, está, de modo intuitivo, relacionado a sua forma. O raio do bordo de ataque de seu aerofólio, por exemplo, indica a capacidade de aumento do ângulo de ataque da aeronave em relação ao escoamento sem que ocorra a separação da camada limite, a qual acarretaria na diminuição da sustentação e aumento do arrasto, isto é, no fenômeno conhecido como *stall*. A parte dianteira do aerofólio tem um efeito significativo no arrasto, enquanto a parte traseira, incluindo o ângulo de fechamento do bordo de fuga, são determinantes para manter o escoamento colado à superfície até o bordo de fuga e, portanto, satisfazer a condição de Kutta [2], que afeta diretamente na força de sustentação. Assim, é necessário evitar problemas de discretização do aerofólio e, logo, de geração de superfícies irregulares, particularmente, em regiões complexas e sensíveis, como do bordo de ataque ou do bordo de fuga.

Assim, com a finalidade de superar essas e outras dificuldades, Kulfan e Bussoletti desenvolveram uma representação paramétrica de superfícies aerodinâmicas robusta, conhecida por parametrização CST (*Class/Shape function Transformation*) [3]. Essa metodologia se destaca como uma das maneiras mais eficientes de representação por viabilizar o controle de parâmetros geométricos essenciais para o desempenho aerodinâmico de aerofólios, como o raio de arredondamento do bordo de ataque, a espessura e ângulo do bordo de fuga. Além disso, a parametrização CST admite uma vasta gama de aerofólios possíveis de discretização, captando as características de cada tipo e mantendo a fidelidade da curva.

3 Objetivos

Este projeto tem a finalidade de desenvolver um código computacional que permita descrever aerofólios de geometrias complexas de modo adequado, por meio de coeficientes de funções matemáticas retornadas pela parametrização CST. Assim, a partir do código desenvolvido, espera-se implementar o método dos mínimos quadrados para determinar tais coeficientes que representam uma dada geometria, sendo possível, além disso, realizar um estudo dos parâmetros necessários para representar um perfil conhecido, com determinada margem de erro.

Ainda, este projeto de pesquisa pode promover, futuramente, a implementação de um código de otimização ou de criação de aerofólios, com um comportamento aerodinâmico controlado de acordo com os parâmetros definidos previamente.

4 Metodologia

Sabe-se que a escolha de uma representação matemática de uma geometria em um processo de otimização aerodinâmica afeta diretamente o custo computacional, a possibilidade de se obter geometrias com superfície irregular e a possibilidade do ponto ótimo não estar presente no espaço de projeto [3].

Por conseguinte, a metodologia proposta baseia-se na utilização da metodologia CST de Kulfan e Bussoletti, que utiliza uma combinação de uma função de classe e uma função de forma para parametrizar as superfícies aerodinâmicas, usufruindo de polinômios de Bernstein, que se mostraram capazes de capturar todo o espaço de projetos de aerofólios com superfícies suaves e sem irregularidades, já que, como visto nas seções prévias, é muito complicado manter o controle sobre as características geométricas de um aerofólio com poucos parâmetros de discretização e suavemente.

5 Cronograma de atividades

As atividades propostas para a realização do projeto foram separadas nas etapas listadas abaixo e inseridas em um cronograma na tabela 1, que divide o período em quadrimestres.

1. Etapa 1

- (a) Revisão bibliográfica.
- (b) Fundamentação teórica.
- (c) Aprendizado das ferramentas computacionais que serão utilizadas.

2. Etapa 2

- (a) Implementação do código para parametrização.

3. Etapa 3

- (a) Escrita do relatório parcial

4. Etapa 4

- (a) Implementação do Método dos Mínimos Quadrados.
- (b) Aplicação do método para geometrias de aerofólios já existentes.
- (c) Realização de testes de validação do código e ajustes finais.

5. Etapa 5

(a) Escrita do relatório final.

| Etapas | Quadri. 2022.2 | Quadri. 2022.3 | Quadri. 2023.1 | Quadri. 2023.2 | Quadri. 2023.3 |
|--------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1.a | X | X | | | |
| 1.b | X | X | | | |
| 1.c | | X | | | |
| 2.a | | X | X | | |
| 3.a | | | X | | |
| 4.a | | | X | X | |
| 4.b | | | X | X | |
| 4.c | | | | X | X |
| 5.a | | | | X | X |

Tabela 1: Cronograma de atividades.

Referências

- [1] John D. Anderson. *Fundamentals of Aerodynamics*. McGraw-Hill, New York, 5th edition, 2011.
- [2] A.M. Kuethe and J.D. Schetzer. *Foundations of Aerodynamics*. John Wiley & Sons, New York, 1959.
- [3] Brenda M. Kulfan and John E. Bussoletti. Fundamental parametric geometry representations for aircraft component shapes. *American Institute of Aeronautics and Astronautics. In: 11th AIAA/ISSMO Multidisciplinary Analysis and Optimization Conference*, September 2006.
- [4] Clovis Raimundo Maliska. *Transferência de calor e mecânica dos fluidos computacional*. LTC, Rio de Janeiro, RJ, 2nd edition, 2004.