

# INFLUÊNCIA DOS MODELOS DE TURBULÊNCIA $k-\omega$ , SST E $k-\omega$ /SST NA OBTENÇÃO DA FORÇA DE SUSTENTAÇÃO EM PERFIL AERODINÂMICO USANDO CFD

Anderson José Antonietti, andernietti@yahoo.com.br

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI – Campus de Erechim. Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Bairro Demoliner, CEP 997000-000, Erechim, RS, Brasil.

**RESUMO:** O coeficiente de sustentação caracteriza-se como uma ferramenta fundamental na área de aerodinâmica, principalmente no que diz respeito à classificação e utilização dos aerofólios em áreas de atuação específicas. Este coeficiente é calculado a partir da força de sustentação atuante em um aerofólio quando este é submetido à ação de um fluxo contínuo. A força de sustentação é responsável pela manutenção da aeronave em voo, porém, o fenômeno da turbulência influi na sustentação e na estabilidade das aeronaves e deve ser prescrito corretamente pelos modelos matemáticos implementados na simulação numérica. Dentre os vários modelos de turbulência existentes, os modelos  $k-\omega$ , SST e  $k-\omega$ /SST possuem características que se aplicam ao estudo do escoamento sobre perfis de asa. Este trabalho consiste na determinação da influência dos modelos de turbulência  $k-\omega$ , SST e  $k-\omega$ /SST na obtenção da força de sustentação no perfil aerodinâmico Eppler 423.

**PALAVRAS-CHAVE:** Turbulência, Eppler 423, Sustentação

**ABSTRACT:** The lift coefficient is characterized as a fundamental tool in the area of aerodynamics, particularly with regard to the classification and use of airfoils in specific areas of expertise. This coefficient is calculated from the lift force acting on an airfoil when it is subjected to the action of a stream. The lift force is responsible for maintaining the aircraft in flight, however, the phenomenon of turbulence influences the support and stability of the aircraft and must be prescribed correctly by mathematical models implemented in the numerical simulation. Among the various existing models of turbulence, the  $k-\omega$  model, SST and  $k-\omega$ /SST have characteristics that apply to the study of flow over the wing profiles. This work consists in determining the influence of the turbulence models  $k-\omega$ , SST and  $k-\omega$ /SST in obtaining lift the Eppler 423 airfoil.

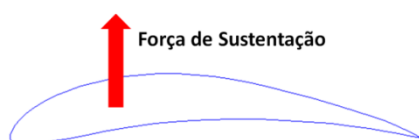
**KEYWORDS:** Turbulence, Eppler 423, Lift

## INTRODUÇÃO

A predição de indicadores de mérito aerodinâmico é fundamental no projeto de aeronaves. Nesse contexto a mecânica dos fluidos computacional mostra-se uma alternativa atraente, senão a única muitas vezes, na obtenção ou estimativa de indicadores, tais como a força de sustentação. O objetivo deste trabalho consiste em quantificar a influência dos modelos de turbulência  $k-\omega$ , SST e  $k-\omega$ /SST na obtenção da força de sustentação no perfil aerodinâmico Eppler 423, perfil de alta sustentação muito utilizado em aeronaves participantes de competições de *aerodesign*.

## METODOLOGIA

A força de sustentação possui seu ponto de ação localizado próximo ao centro aerodinâmico do perfil, conforme a Fig. (1).



**Figura 1.** Demonstrativo da força de sustentação no perfil Eppler 423

O passo inicial para a análise numérica é a construção da malha computacional sobre o perfil aerodinâmico Eppler 423. Para isso foi utilizado o software de simulação Ansys CFD, na interface de criação de malhas ICEM-CFD. A discretização foi realizada usando a técnica de volumes finitos tetraédricos, sendo os volumes prismáticos aplicados apenas nas paredes do perfil a fim de capturar o efeito da camada limite e melhor modelar o problema. Devido a limitações computacionais, o *farfield* (contorno onde o escoamento é considerado livre) utilizado para a criação da malha possui diâmetro cerca de 5 vezes o comprimento da corda do perfil analisado, sendo o tamanho da malha aplicada de aproximadamente  $2,8 \times 10^6$  volumes de controle. Os testes foram efetuados para o ângulo de ataque nulo do perfil.

## Condições de contorno

Para as condições de contorno, considera-se que a velocidade do ar na entrada seja de 14,61 m/s, com temperatura uniforme de 25°C, e condição de simetria nas paredes laterais, de modo que as mesmas não interfiram no escoamento sobre o perfil. O critério de convergência adotado foi o RMS – *Root Mean Square* dos valores residuais, sendo o menor valor adotado igual a  $1 \times 10^{-6}$  para todas as equações. O esquema de interpolação adotado foi o Upwind.

### Equações governantes

A implementação dos modelos matemáticos foi realizado no software de simulação numérica Ansys CFD, na interface Ansys-CFX, sobre as malhas computacionais geradas. As equações de conservação e de quantidade de movimento, aplicadas a este estudo, são descritas em Fox, McDonald e Pritchard (2006). Já a descrição dos modelos de turbulência,  $k-\omega$ , SST e  $k-\omega$ /SST, assim como seu equacionamento, são apresentados em Menter (1993) e Wilcox (2000).

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

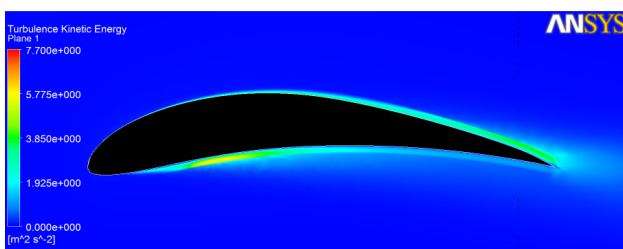
Os três modelos de turbulência  $k-\omega$ , SST e  $k-\omega$ /SST foram aplicados para uma mesma condição de contorno e configuração de malha, de modo a identificar a influência destes modelos na obtenção da força de sustentação do perfil Eppler 423. Dessa análise obtiveram-se os valores descritos na Tab. 1.

**Tabela 1.** Comparação da força de sustentação obtida nos três modelos de turbulência analisados

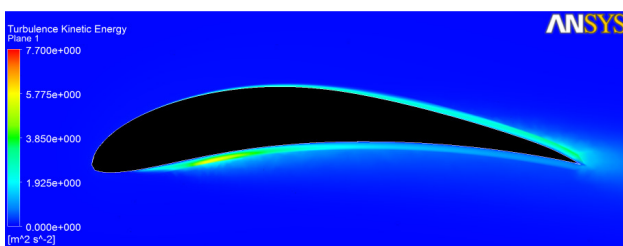
| Modelo de Turbulência | Força de Sustentação (N) | Diferença em relação ao modelo $k-\omega$ /SST |
|-----------------------|--------------------------|--|
| $k-\omega$ /SST       | <b>0,291751</b>          | -  |
| $k-\omega$            | <b>0,29894</b>           | ↑2,434%  |
| SST                   | <b>0,288758</b>          | ↓1,025%  |

É possível observar na Tab. 1 que a força de sustentação obtida ao aplicar-se o modelo  $k-\omega$  excede 2,43% em relação àquela obtida com o modelo  $k-\omega$ /SST. Já para o modelo SST a força de sustentação é 1,02% menor em relação à força obtida no modelo combinado.

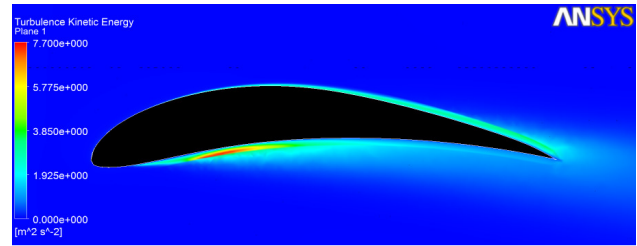
Cada um destes três modelos de turbulência é composto por duas equações, uma referente à energia cinética turbulenta  $k$  e outra a sua frequência turbulenta  $\omega$ . A Fig. (2) apresenta os campos de energia cinética turbulenta sobre o perfil para os três modelos de turbulência aqui estudados.



(a) Máximo valor de  $k = 6,07285 \text{ m}^2/\text{s}^2$ .



(b) Máximo valor de  $k = 5,88279 \text{ m}^2/\text{s}^2$ .



(c) Máximo valor de  $k = 7,62916 \text{ m}^2/\text{s}^2$ .

**Figura 2.** Comparação dos campos de energia cinética turbulenta  $k$  para os modelos (a)  $k-\omega$ , (b) SST e (c)  $k-\omega$ /SST

Observa-se que o máximo valor obtido para a energia cinética turbulenta ocorre no modelo  $k-\omega$ /SST, seguido pelo modelo  $k-\omega$  e pelo modelo SST. Com isso pode-se concluir, nesse caso, que o modelo combinado prevê com maior acuracidade o fenômeno da turbulência.

O modelo  $k-\omega$ /SST proporciona melhores resultados, pois possui propriedades favoráveis de ambos os modelos, utilizando diferentes características para a modelagem da turbulência nas paredes e distante delas.

### CONCLUSÃO

Os modelos de turbulência apresentaram influência na força de sustentação do perfil de asa Eppler 423, isto é devido ao modelo de cálculo utilizado na condição de parede e na região de escoamento livre. O modelo  $k-\omega$  apresenta bons resultados quando aplicado no escoamento próximo às paredes. Já o modelo SST é adequado para predições acuradas da separação sob condições de gradiente de pressão adverso. Para a análise em perfis de asa recomenda-se o uso do modelo  $k-\omega$ /SST, pois possui propriedades favoráveis de ambos os modelos na análise do escoamento sobre o perfil, proporcionando resultados de maior confiabilidade.

### REFERÊNCIAS

- Fox, R. W.; McDonald, A. T.; Pritchard, P. J. , 2006. "Introdução à Mecânica dos Fluidos", 6° ed. Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, RJ.
- Menter, F. R., 1993. "Zonal Two Equation  $k-\omega$  Turbulence Modeling for Aerodynamics Flows", Proc. 24th Fluid Dynamics Conf., Orlando, Florida, USA, 6-9 July, AIAA Journal 93-2906.
- Wilcox, D. C., 2000, "Turbulence Modeling for CFD", 2nd, DCW Industries, Inc. La Cañada, Califórnia, EUA.

### DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

O autor é o único responsável pelo material impresso contido neste artigo.