



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Energias Alternativas e Renováveis
Departamento de Engenharia de Energias Renováveis
Disciplina de Tópicos Especiais Aplicados à Engenharia de
Energias Renováveis

Tarefa 5 - Modelos de Turbulência

Thiago Ney Evaristo Rodrigues
Professor: Dr. Gilberto Augusto Amado Moreira

João Pessoa, PB
Agosto de 2020

Lista de Figuras

1.1	A geometria do caso Pitz-Daily.	4
2.1	Distribuição de velocidade no modelo k- ϵ	5
2.2	Distribuição de pressão no modelo k- ϵ	6
2.3	Linhas de corrente no modelo k- ϵ	6
2.4	Distribuição de velocidade no modelo realizable k- ϵ	7
2.5	Distribuição de pressão no modelo realizable k- ϵ	7
2.6	Linhas de corrente no modelo realizable k- ϵ	7
2.7	Distribuição de velocidade no modelo k- ω	8
2.8	Distribuição de pressão no modelo k- ω	8
2.9	Linhas de corrente no modelo k- ω	9
2.10	Distribuição de velocidade no modelo k- ω SST.	9
2.11	Distribuição de pressão no modelo k- ω SST.	10
2.12	Linhas de corrente no modelo k- ω SST.	10

Lista de Tabelas

2.1	Valores de referência para o centro de zona de recirculação e ponto de descolamento.	11
2.2	Valores obtidos para o centro de zona de recirculação e ponto de descolamento.	11
2.3	Erro percentual dos valores obtidos em relação aos valores de referência. . .	11

Conteúdo

1	Introdução	4
2	Simulações Computacionais	5
2.1	Modelo k-epsilon	5
2.2	Modelo <i>Realizable</i> k-epsilon	6
2.3	Modelo k-omega	8
2.4	Modelo k-omega SST	9
2.5	Comparação de Resultados	10
3	Conclusão	12

Capítulo 1

Introdução

O caso Pitz-Daily é baseado no experimento do estudo de combustão de um fluido da mistura ar-propano em uma camada de mistura turbulenta, proposto por Robert W. Pitz e John W. Daily.



Figura 1.1: A geometria do caso Pitz-Daily.

Um esboço bidimensional da geometria utilizada é apresentada na Fig. 1.1. As condições iniciais do problema são: $V_{\infty} = 10 \text{ m/s}$, $H = 0,0254 \text{ m}$, $\nu = 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ e $Re = 25400$.

O objetivo do presente trabalho é apresentar alguns modelos de turbulência ($k - \epsilon$, *realizable* $k - \epsilon$, $k - \omega$ e $k - \omega \text{ SST}$), realizando o comparativo dos resultados obtidos do centro de recirculação e ponto de descolamento da camada limite do escoamento do caso em estudo.

Para a resolução dos problemas, utilizou-se do software CAE (*Computer Aided Engineering*) OpenFOAM.

Capítulo 2

Simulações Computacionais

2.1 Modelo k-epsilon

O modelo $k - \epsilon$ é o mais comum modelo usado em na dinâmica dos fluidos computacionais para simular as características de fluxo médios para condições de fluxo turbulentas. É um modelo de duas equações que fornece uma descrição geral da turbulência por meio de duas equações de transporte.

As Fig. 2.1, 2.2 e 2.3 apresentam a simulação do caso para esse modelo.

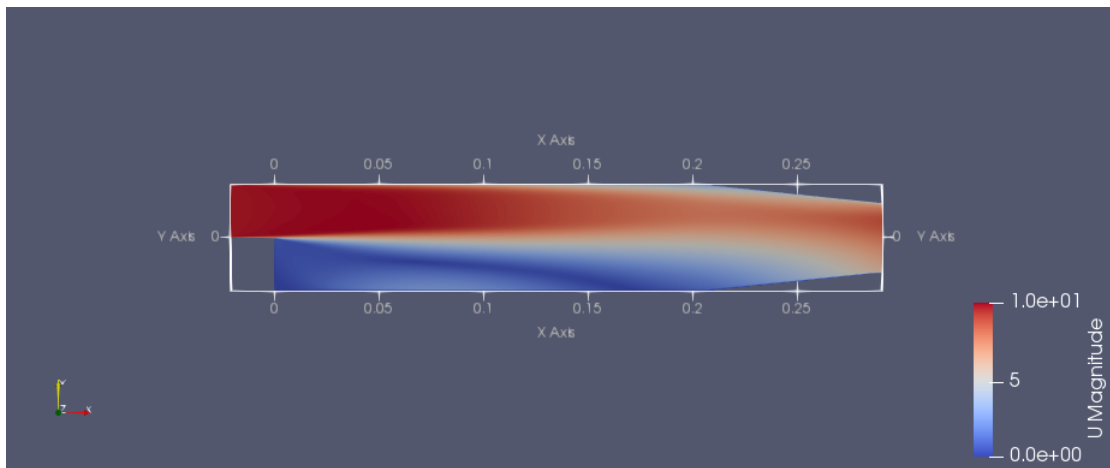


Figura 2.1: Distribuição de velocidade no modelo k- ϵ .

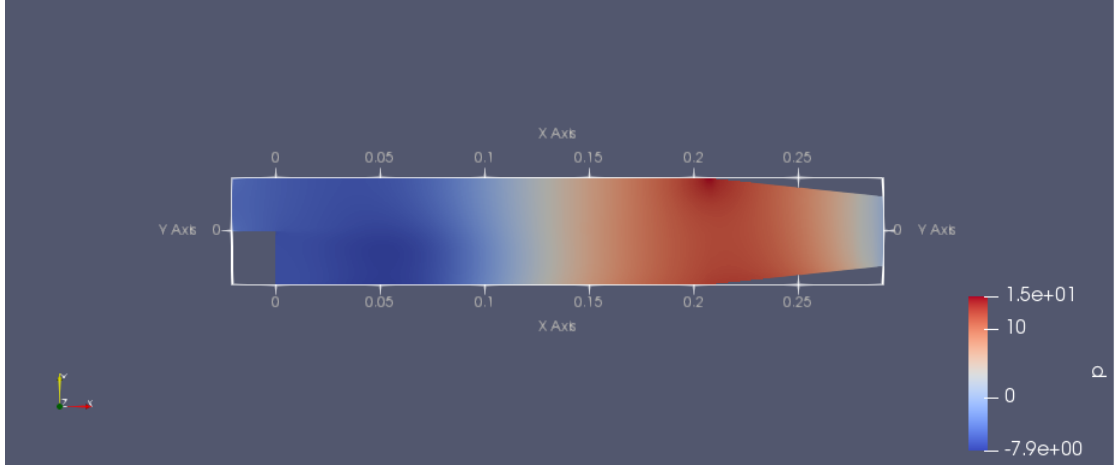


Figura 2.2: Distribuição de pressão no modelo $k-\epsilon$.

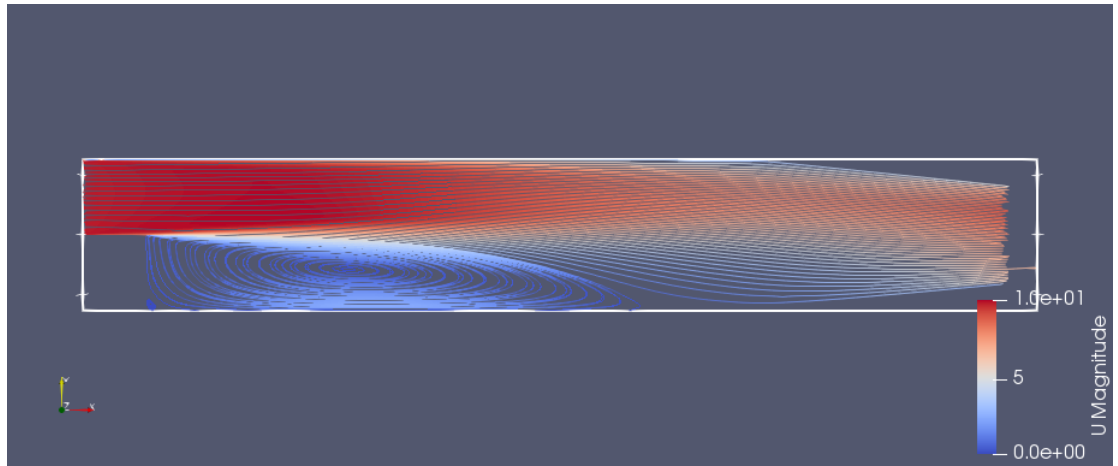


Figura 2.3: Linhas de corrente no modelo $k-\epsilon$.

2.2 Modelo *Realizable* k -epsilon

Segundo a literatura, um benefício imediato do modelo realizável $k - \epsilon$ (em relação ao padrão) é que ele fornece previsões aprimoradas para a taxa de espalhamento de jatos planares e redondos. Também apresenta desempenho superior para fluxos envolvendo rotação, camadas limite sob fortes gradientes de pressão adversa, separação e recirculação. Em praticamente todas as medidas de comparação, o *Realizable* $k - \epsilon$ demonstra uma capacidade superior de capturar o fluxo médio das estruturas complexas.

As Fig. 2.4, 2.5 e 2.6 apresentam a simulação do caso para esse modelo.

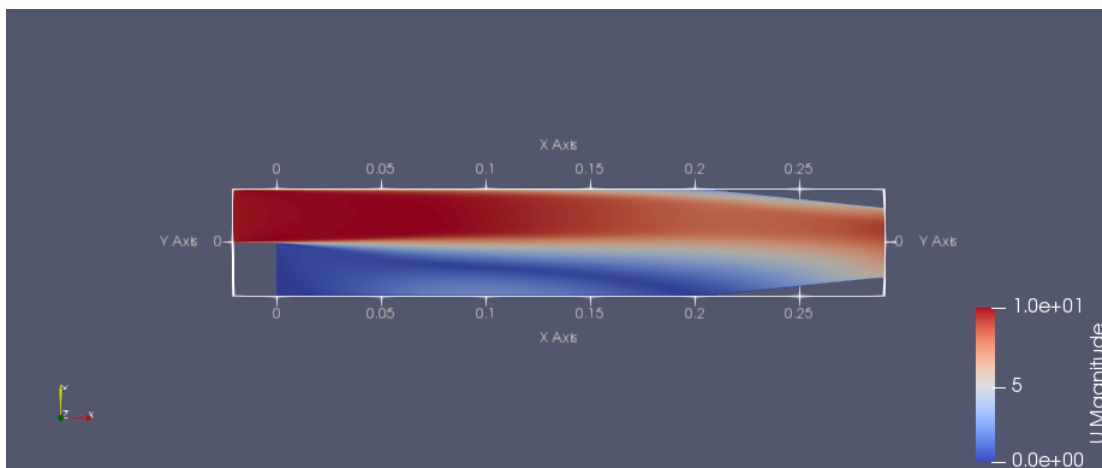


Figura 2.4: Distribuição de velocidade no modelo realizável $k-\epsilon$.

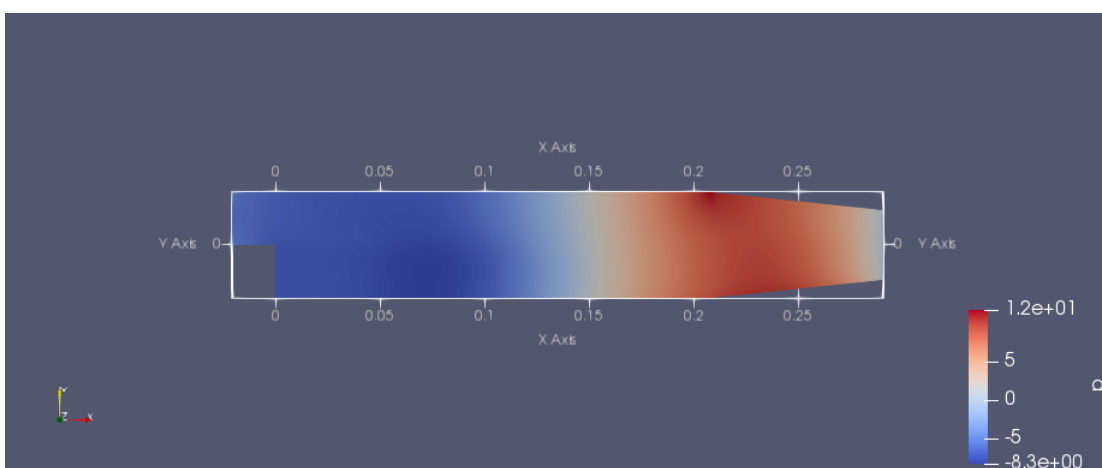


Figura 2.5: Distribuição de pressão no modelo realizável $k-\epsilon$.

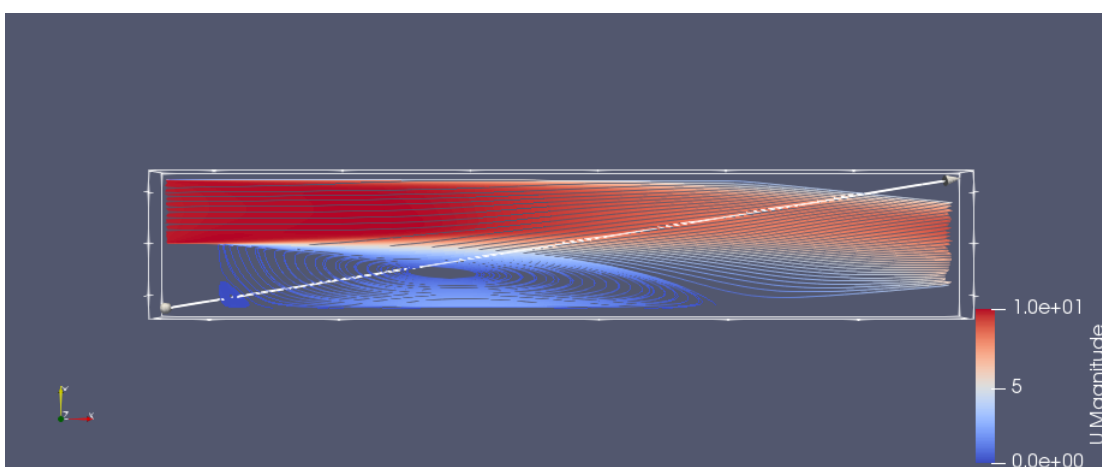


Figura 2.6: Linhas de corrente no modelo realizável $k-\epsilon$.

2.3 Modelo k-omega

O modelo $k - \omega$ é um dos modelos de turbulência mais usados . É um modelo de duas equações , ou seja, inclui duas equações de transporte extras para representar as propriedades turbulentas do fluxo. Isso permite que um modelo de duas equações leve em consideração efeitos históricos como convecção e difusão de energia turbulenta.

As Fig. 2.7, 2.8 e 2.9 apresentam a simulação do caso para esse modelo.

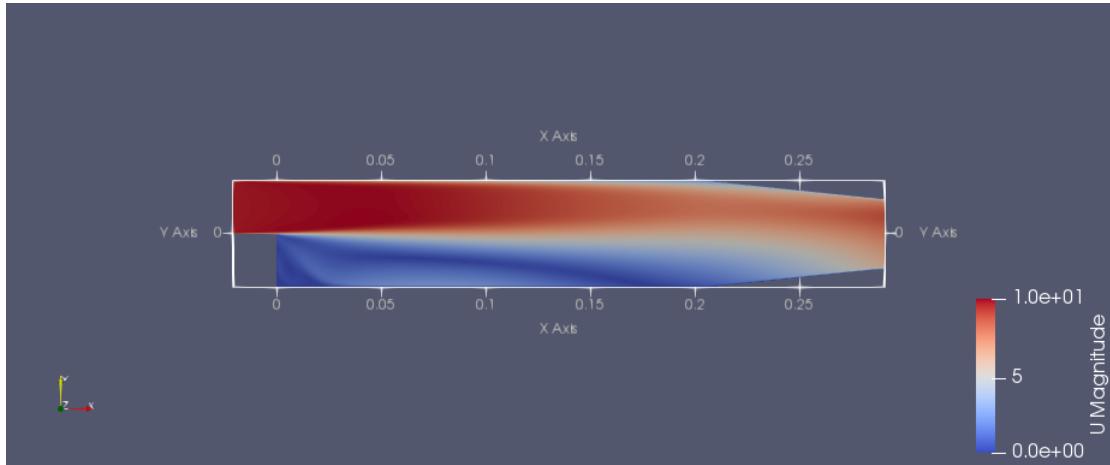


Figura 2.7: Distribuição de velocidade no modelo k- ω .

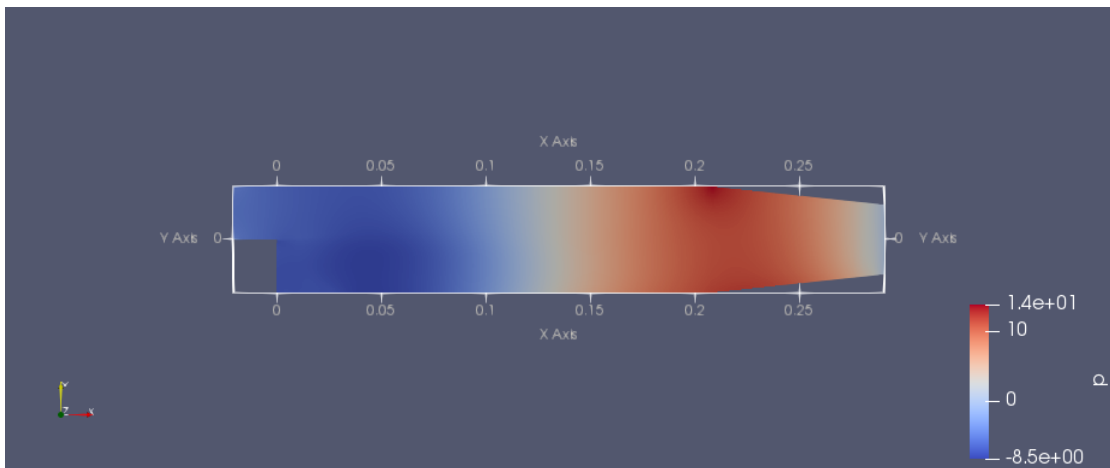


Figura 2.8: Distribuição de pressão no modelo k- ω .

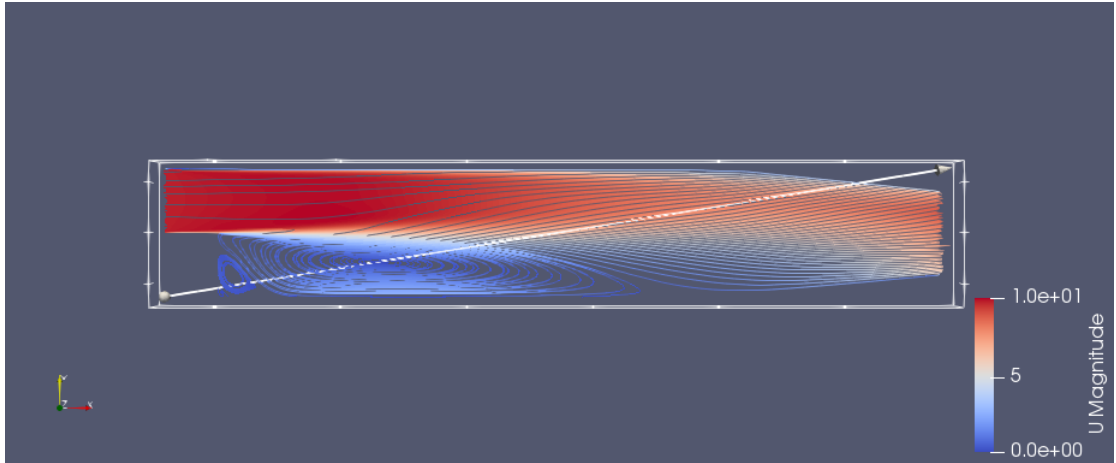


Figura 2.9: Linhas de corrente no modelo $k-\omega$.

2.4 Modelo k - ω SST

O modelo de turbulência SST $k-\omega$ é um modelo de viscosidade por turbilhão de duas equações que é usado para muitas aplicações aerodinâmicas. É um modelo híbrido que combina os modelos $k-\omega$ e $k-\epsilon$.

As Fig. 2.10, 2.11 e 2.12 apresentam a simulação do caso para esse modelo.

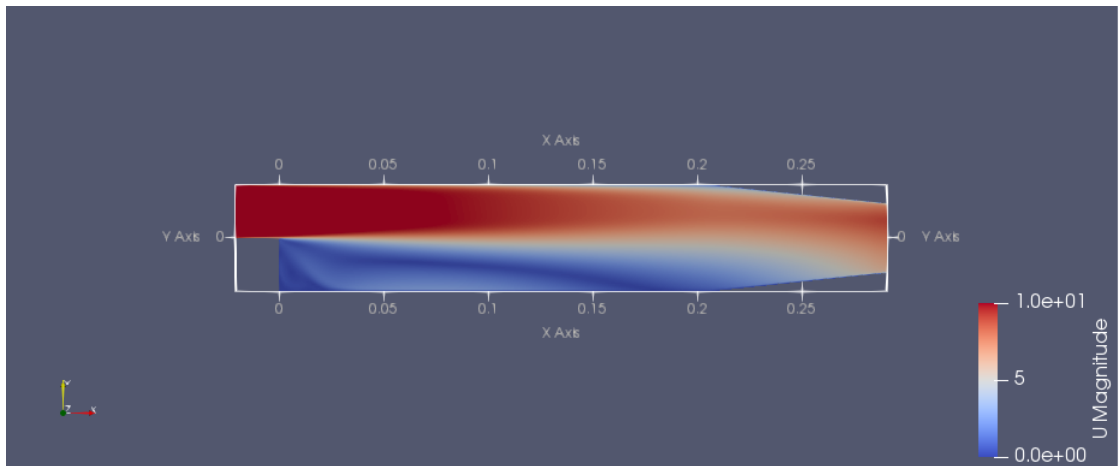


Figura 2.10: Distribuição de velocidade no modelo $k-\omega$ SST.

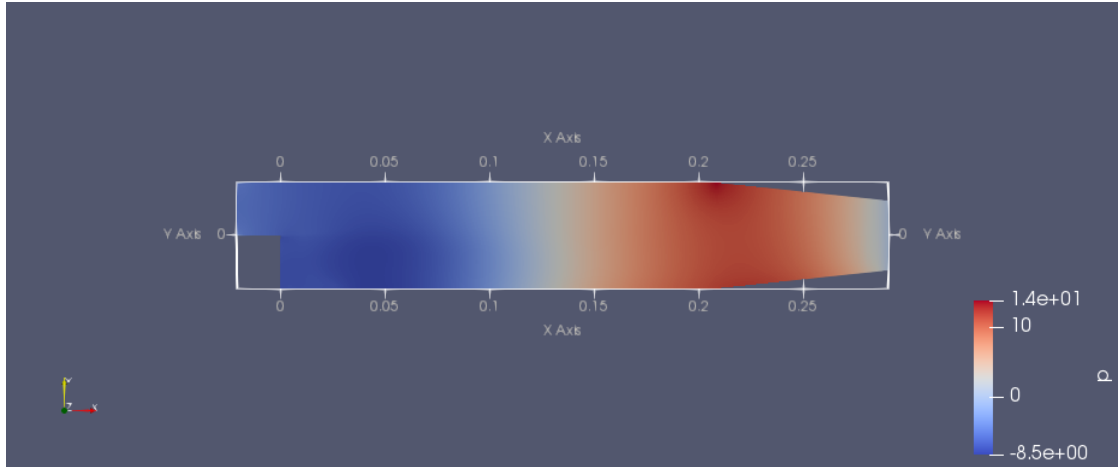


Figura 2.11: Distribuição de pressão no modelo $k-\omega$ SST.

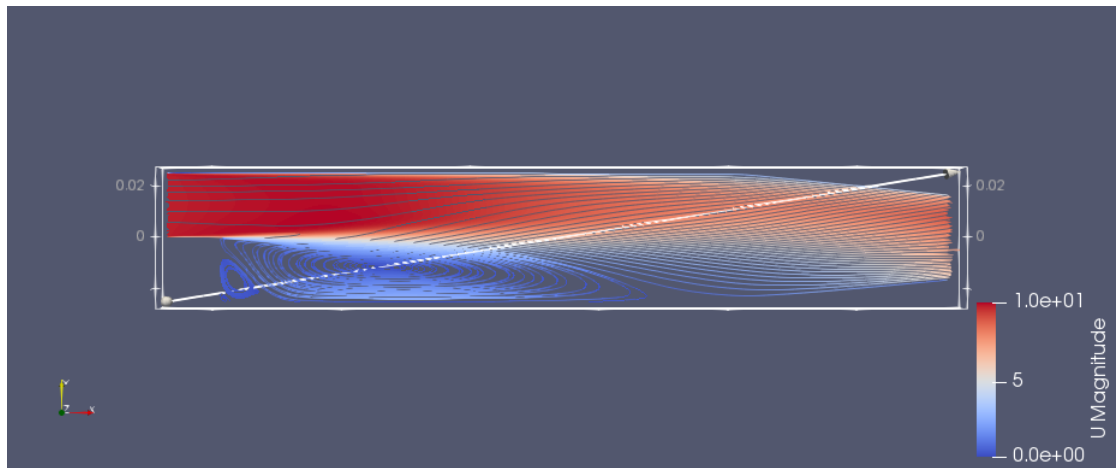


Figura 2.12: Linhas de corrente no modelo $k-\omega$ SST.

2.5 Comparação de Resultados

Em sua tese de mestrado, Eric Furbo avaliou diversos modelos de turbulência para o caso em estudo. Os seus valores obtidos estão presentes na Tab. 2.1 e serão utilizados como valores de referências.

Modelos de Turbulência	Centro de Recirculação		Ponto de Descolamento
	x_1/H	x_2/H	x_1/H
$k - \epsilon$	2,61	-0,45	5,9
Realizable $k - \epsilon$	3,29	-0,44	7,82
$k - \omega$	2,68	-0,46	6,82
$k - \omega$ SST	2,85	-0,46	7,12
Valores Médios	2,86	-0,45	6,92

Tabela 2.1: Valores de referência para o centro de zona de recirculação e ponto de descolamento.

A Tab. 2.2. contém os valores obtidos ao longo do presente trabalho.

Modelos de Turbulência	Centro de Recirculação		Ponto de Descolamento
	x_1/H	x_2/H	x_1/H
$k - \epsilon$	2,68	-0,47	6,54
Realizable $k - \epsilon$	3,50	-0,47	7,58
$k - \omega$	2,72	-0,43	6,59
$k - \omega$ SST	2,66	-0,44	6,61
Valores Médios	2,89	-0,46	6,83

Tabela 2.2: Valores obtidos para o centro de zona de recirculação e ponto de descolamento.

A fim de comparar-se os valores obtidos, uma análise do erro relativo para cada simulação foi realizada e é apresentada na Tab. 2.3.

Modelos de Turbulência	Centro de Recirculação		Ponto de Descolamento
	x_1/H	x_2/H	x_1/H
$k - \epsilon$	2,57 %	4,99 %	10,77 %
Realizable $k - \epsilon$	6,50 %	7,37 %	-3,09 %
$k - \omega$	1,36 %	-5,85 %	-3,31 %
$k - \omega$ SST	-6,76 %	-3,71 %	-7,10 %
Valores Médios	1,09 %	0,60 %	-1,22 %

Tabela 2.3: Erro percentual dos valores obtidos em relação aos valores de referência.

Embora alguns casos apresentem erros que podem ser considerados elevados, quando observado os valores médios, vemos que o estudo apresentou-se satisfatório.

Capítulo 3

Conclusão

Os resultados obtidos apresentaram-se satisfatórios, visto que a partir dos valores de erros obtidos, os valores médios de erros foram aceitáveis.

Vale salientar que os resultados obtidos ao longo do presente estudo foram obtidos de forma visual, possibilitando assim eventuais erros, visto que o ser humano é suscetível a erros.

De uma forma geral, o trabalho demonstrou-se como uma ferramenta eficiente para uma compreensão introdutório sobre o fenômeno de turbulência.