



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

Relatório da Atividade 1

Thiago Ney Evaristo Rodrigues - 11502852
Professor: Dr. Gilberto Augusto Amado Moreira

João Pessoa, PB
Junho de 2020

Lista de Figuras

2.1	Primeira simulação: distribuição de pressão no tempo 0.5 s	7
2.2	Primeira simulação: distribuição de velocidade no tempo 0.5 s	7
2.3	Primeira simulação: campo de velocidade no tempo 0.5 s	8
2.4	Primeira simulação: curvas dos parâmetros no tempo 0.5 s	8
4.1	Terceira simulação: distribuição de pressão no tempo 0.5 s	14
4.2	Terceira simulação: distribuição de velocidade no tempo 0.5 s	14
4.3	Terceira simulação: campo de velocidade no tempo 0.5 s	15

Conteúdo

1	Introdução	3
2	Primeira Simulação	4
2.1	Pré-processamento	4
2.1.1	Inicialização	4
2.1.2	Geometria	4
2.1.3	Malha	4
2.1.4	Condições Iniciais e de Contorno	5
2.1.5	Propriedades Físicas	5
2.1.6	Tempo de Simulação	6
2.2	Execução	6
2.3	Pós-processamento	6
3	Segunda Simulação	10
3.1	Pré-processamento	10
3.2	Execução	10
4	Terceira Simulação	11
4.1	Pré-processamento	11
4.1.1	Geometria	11
4.1.2	Malha	11
4.1.3	Condições Iniciais e de Contorno	12
4.1.4	Propriedades Físicas	13
4.2	Pós-processamento	13
5	Conclusões	16

Capítulo 1

Introdução

O presente trabalho tem como objetivo apresentar o estudo de caso de simulação computacional denominado **Lid-Driven Cavity Flow** e caracterizado por um escoamento Newtoniano, isotérmico, incompressível em uma cavidade, onde a fronteira superior desloca-se com velocidade conhecida e as demais fronteiras são estacionárias.

Foi-se utilizado o software **OpenFoam[®]**, sendo esse em linguagem C++ e que busca realizar o desenvolvimento de ferramentas de análise numérica para solução de problemas de Dinâmica dos Fluidos Computacional (CFD). O software é open-source, ou seja, é lançado com o status livre e de fonte aberta, sob a GNU General Public License.

Ao longo do texto foram realizadas simulações para três situações (alterando-se a geometria e as condições de contorno), a fim de se introduzir o uso do software, apresentar conceitos físicos em questão e comparar os distintos comportamento para os contextos de escoamentos.

Capítulo 2

Primeira Simulação

2.1 Pré-processamento

2.1.1 Inicialização

Para iniciar a simulação, através do *bash* (terminal do *Ubuntu*), executou-se o software OpenFoam e criou-se o diretório ao qual estariam os arquivos a serem utilizados, através dos seguintes comandos:

```
cd $FOAM_RUN
cp -r $FOAM_TUTORIALS/incompressible/icoFoam/cavity/cavity .
cd cavity
```

2.1.2 Geometria

A geometria utilizada foi a gerada de forma padrão pelo software.

2.1.3 Malha

Para a malha, optou-se por utilizar a configuração de $120 \times 120 \times 1$ células, para isso, no arquivo *blockMeshDict* do diretório *"../cavity/system"*, alterou-se os valores padrões para:

```
31 blocks
32 (
33     hex (0 1 2 3 4 5 6 7) (120 120 1) simpleGrading (1 1 1)
34 );
```

Para gerar a malha, no *bash*, executou-se o comando:

2.1.4 Condições Iniciais e de Contorno

As condições iniciais e de contorno foram consideradas as padrões do software.

Dentre elas, tem-se:

Fronteira

- Paredes em movimento: Parede
- Paredes fixas: Parede
- Frente e verso: Vazio

Velocidade Inicial

- Uniforme
- Paredes em movimento: Valor fixo (uniforme) de 1 m/s
- Paredes fixas: Sem escorregamento
- Frente e verso: Vazio

Pressão Inicial

- Uniforme
- Paredes em movimento: Sem gradientes
- Paredes fixas: Sem gradientes
- Frente e verso: Vazio

2.1.5 Propriedades Físicas

Dentre as propriedades físicas que regem o sistema, tem-se que apenas o número de Reynolds é necessário para descrever o escoamento.

$$Re = \frac{d|U|}{\nu}$$

Das quais tinha-se por padrão: $d = 0.1 \text{ m}$ e $|U| = 1 \text{ m/s}$.

A fim de obter-se um número de Reynolds de 100, alterou-se o arquivo *transportProperties* no diretório *"../cavity/constant"*:

```
18 nu [0 2 -1 0 0 0 0] 0.001;
```

2.1.6 Tempo de Simulação

Utilizou-se os parâmetros de controle de tempo de simulação padrões.

2.2 Execução

Devido as características do problema, utilizou-se a ferramenta *IcoFoam*, para isso, no bash, utilizou-se o comando:

```
icoFoam
```

2.3 Pós-processamento

Após os resultados convergirem, para visualizá-los, utilizou-se o software **ParaView®**. Para executá-lo, no bash, utilizou-se o comando:

```
paraFoam &
```

As seguintes distribuições de pressão e velocidade foram obtidas após a simulação:

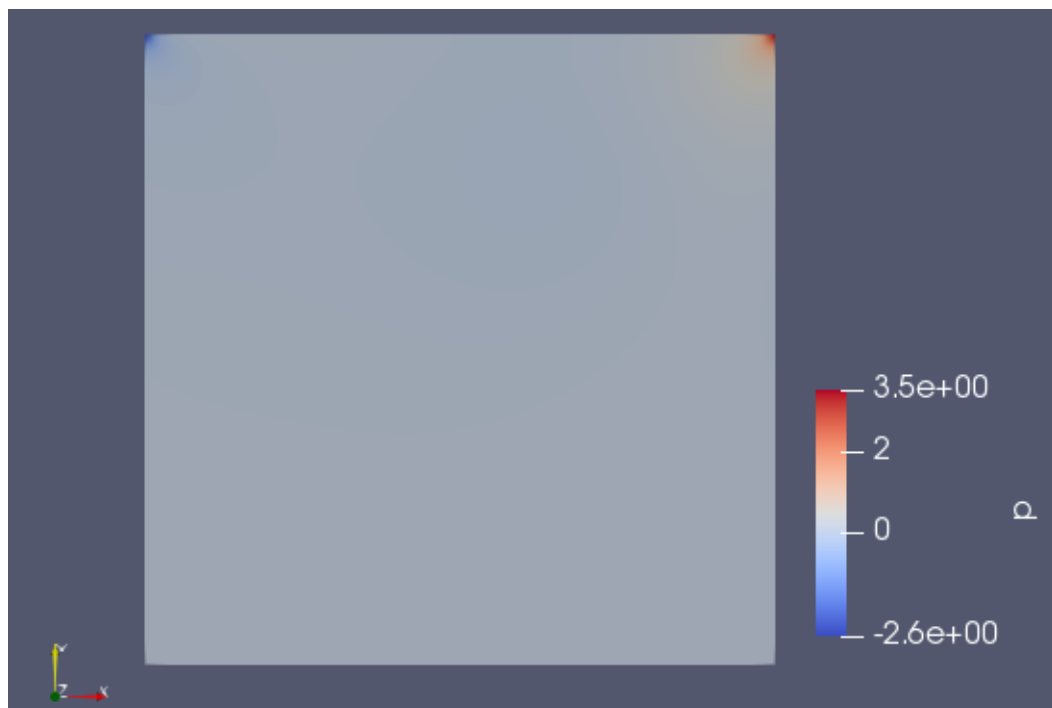


Figura 2.1: Primeira simulação: distribuição de pressão no tempo 0.5 s

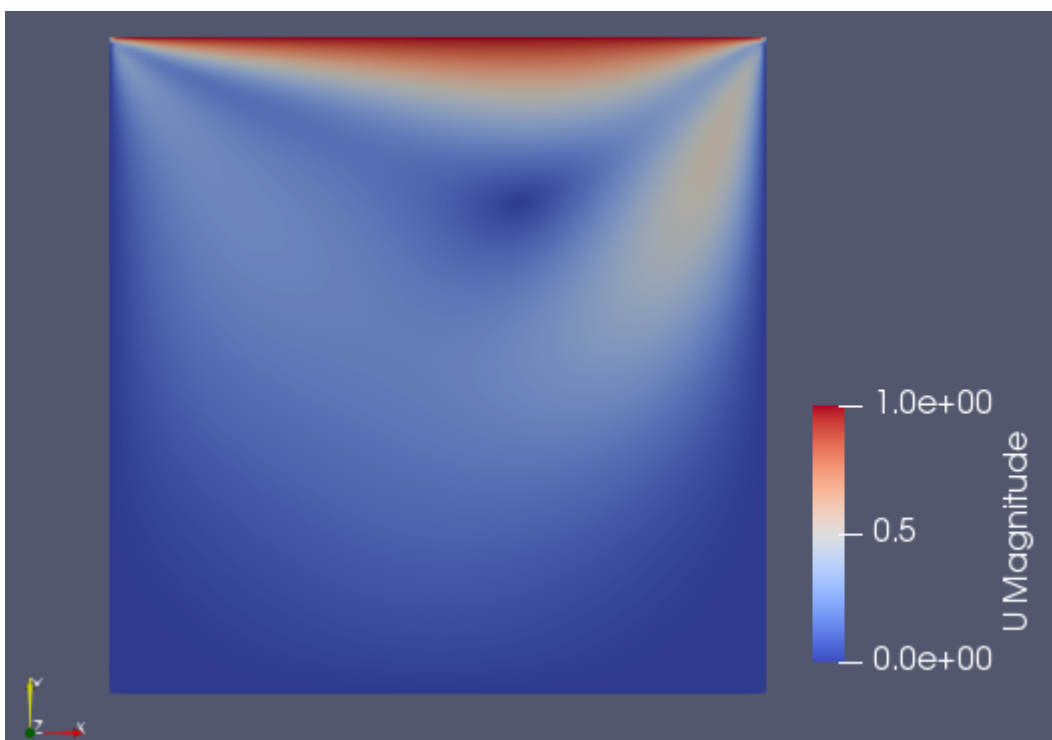


Figura 2.2: Primeira simulação: distribuição de velocidade no tempo 0.5 s

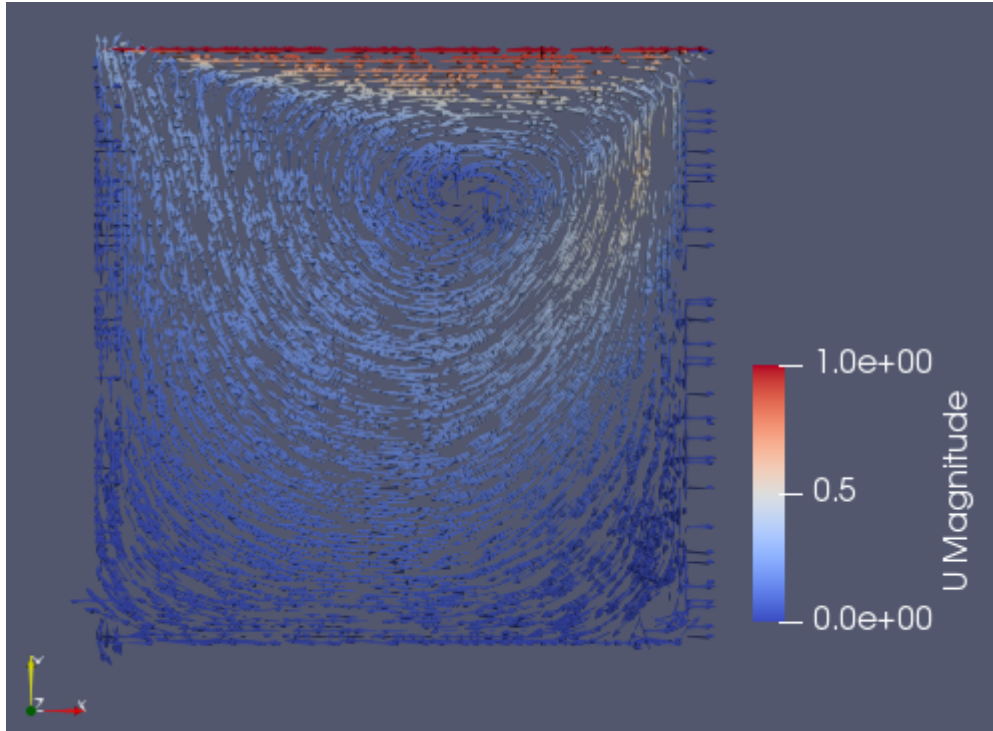


Figura 2.3: Primeira simulação: campo de velocidade no tempo 0.5 s

Foi-se possível também obter gráficos para cada parâmetro:

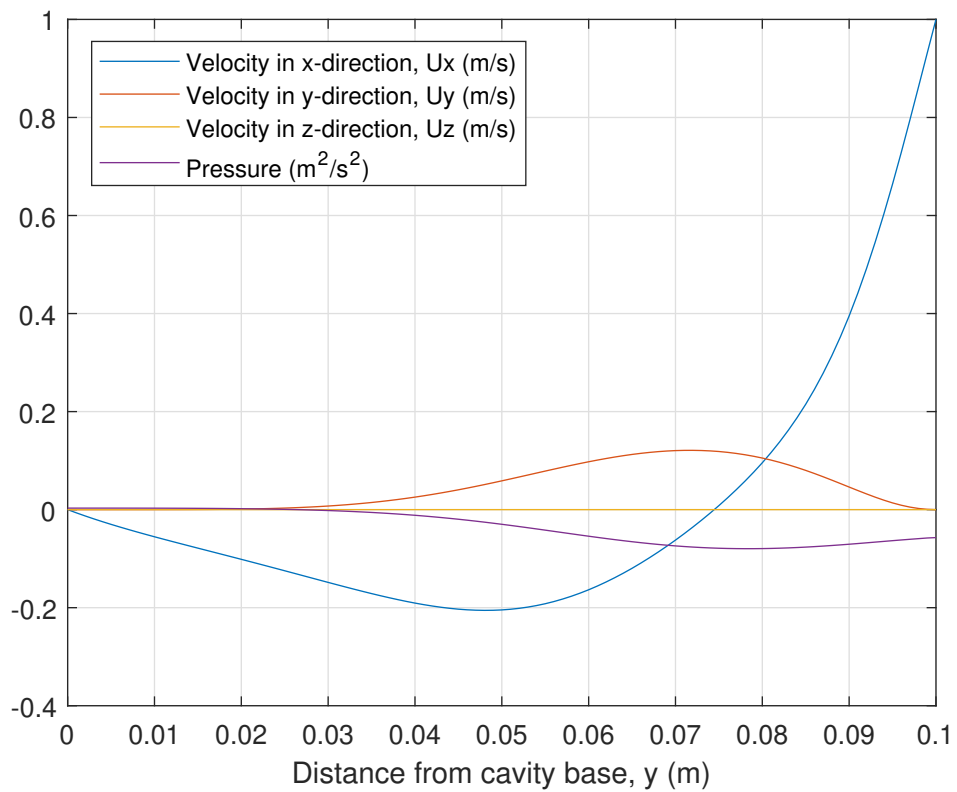


Figura 2.4: Primeira simulação: curvas dos parâmetros no tempo 0.5 s

Através da Fig. 2.1, é possível observar que os pontos com a pressão mais significativa são os vértices superiores, com módulos relativamente próximos porém sentido contrário.

Através das Fig. 2.2 e 2.3, é possível observar uma certa vorticidade no interior da geometria. A região com escoamento mais significativa é próxima a parede superior, algo esperado, visto que foi a parede na qual foi definido a condição de escoamento.

Através das curvas apresentadas na Fig. 2.4, é possível observar que não existe escoamento ao longo da direção Z (visto que é uma simulação bidimensional) e o escoamento mais significativo ocorre ao longo da direção X, algo esperado, visto que foi a direção da condição inicial de velocidade definida.

Capítulo 3

Segunda Simulação

3.1 Pré-processamento

Para a segunda simulação, buscou-se modificar (em relação a primeira simulação) o arquivo *boundary* do diretório *"../cavity/constant/polyMesh"*, para:

```
20     movingWall
21     {
22         type      patch;
23     }
```

3.2 Execução

Ao tentar executar a simulação, ocorreu-se um erro:

```
--> FOAM FATAL ERROR:
keyword startFace is undefined in dictionary ".movingWall"
```

De acordo com o relatório de erro, para a condição de fronteira, o comando *patch* não seja válido.

Capítulo 4

Terceira Simulação

Para a terceira simulação, buscou-se modificar obter a simulação para o caso 3D.

4.1 Pré-processamento

4.1.1 Geometria

No arquivo *blockMeshDict* do diretório *"../cavity/system"*, alterou-se os valores padrões para:

```
19 vertices
20 (
21     (0 0 0)
22     (1 0 0)
23     (1 1 0)
24     (0 1 0)
25     (0 0 1)
26     (1 0 1)
27     (1 1 1)
28     (0 1 1)
29 );
```

4.1.2 Malha

Optou-se por utilizar a configuração de $20 \times 20 \times 20$ células, para isso, no arquivo *blockMeshDict* do diretório *"../cavity/system"*, alterou-se os valores padrões para:

```
31 blocks
32 (
```

```
33     hex (0 1 2 3 4 5 6 7) (20 20 20) simpleGrading (1 1 1)
34 );
```

4.1.3 Condições Iniciais e de Contorno

As condições iniciais e de contorno foram consideradas as padrões do software, fazendo-se algumas alterações para o caso 3D.

Dentre elas, tem-se:

Fronteira:

No arquivo *blockMeshDict* do diretório *"../cavity/system"*, alterou-se os valores padrões para:

```
60     frontAndBack
61     {
62         type wall;
63         faces
64         (
65             (0 3 2 1)
66             (4 5 6 7)
67         );
68     }
```

Velocidade Inicial:

No arquivo *U* do diretório *"../cavity/0"*, alterou-se os valores padrões para:

```
23     movingWall
24     {
25         type          fixedValue;
26         value          uniform (0 0 0);
27     }
28
29     fixedWalls
30     {
31         type          noSlip;
32     }
33
```

```

34     frontAndBack
35     {
36         type                zeroGradient;
37     }

```

Pressão Inicial:

No arquivo P do diretório `"../cavity/0"`, alterou-se os valores padrões para:

```

23     movingWall
24     {
25         type                zeroGradient;
26     }
27
28     fixedWalls
29     {
30         type                zeroGradient;
31     }
32
33     frontAndBack
34     {
35         type                zeroGradient;
36     }

```

4.1.4 Propriedades Físicas

Assim como no caso 2D (primeira simulação), utilizou-se um $Re = 100$, para isso alterou-se o arquivo *transportProperties* no diretório `"../cavity/constant"`:

```

18 nu                [0 2 -1 0 0 0 0] 0.001;

```

4.2 Pós-processamento

As seguintes distribuições de pressão e velocidade foram obtidas após a simulação:

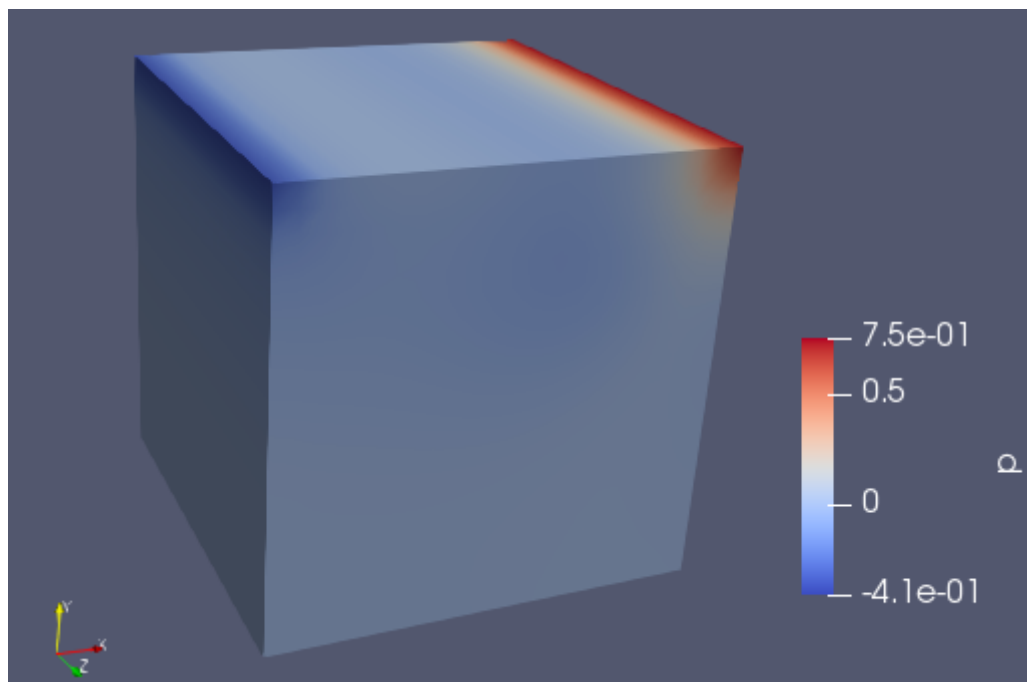


Figura 4.1: Terceira simulação: distribuição de pressão no tempo 0.5 s

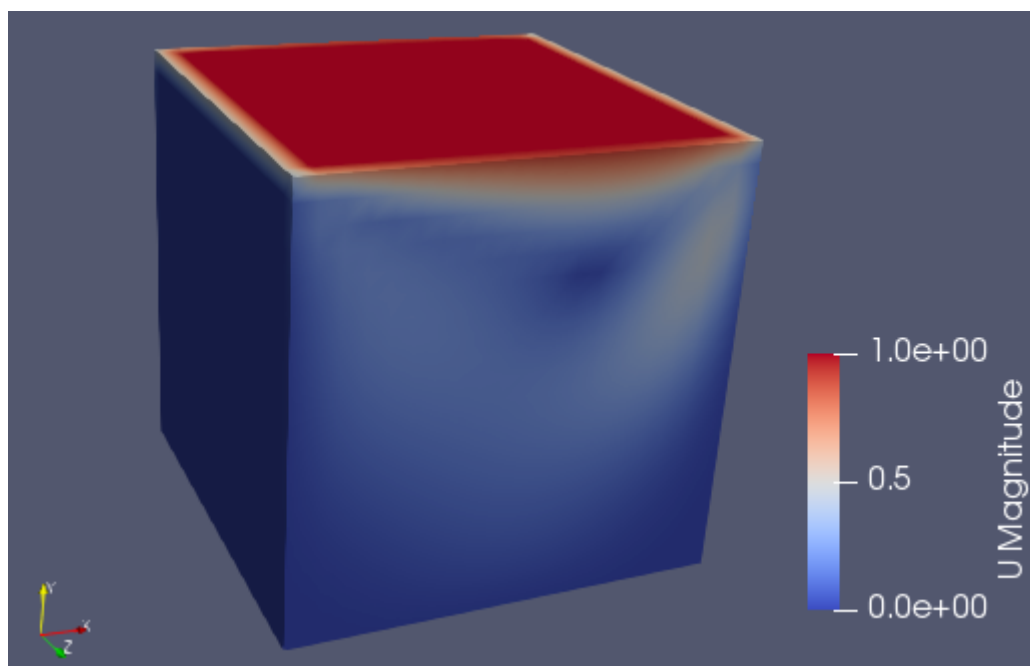


Figura 4.2: Terceira simulação: distribuição de velocidade no tempo 0.5 s

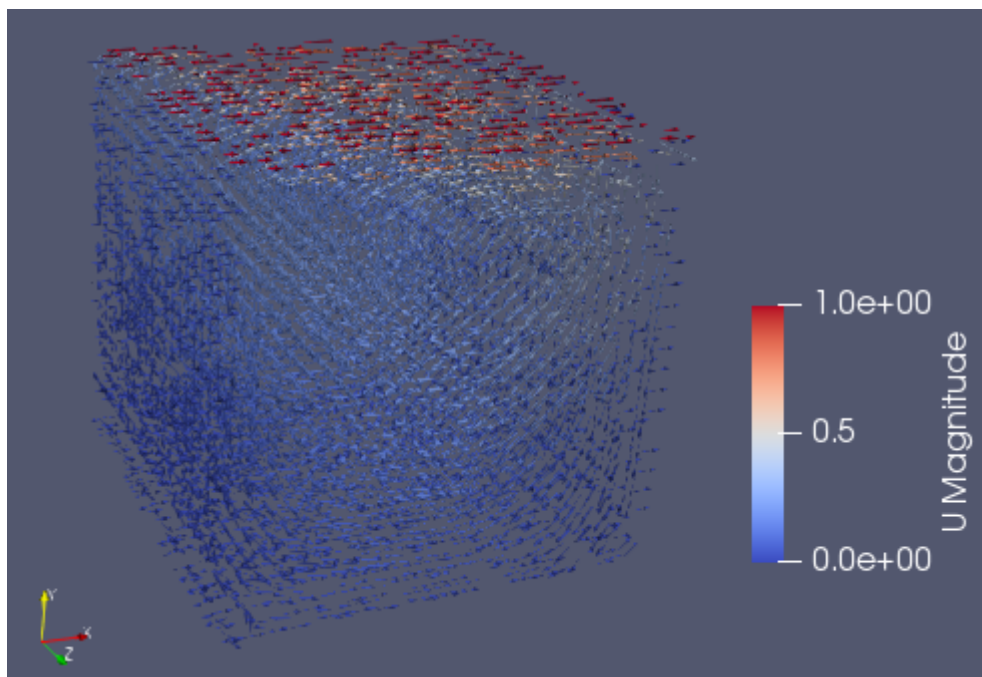


Figura 4.3: Terceira simulação: campo de velocidade no tempo 0.5 s

Comentários análogos aos apresentados no caso 2D podem ser retirados dos resultados obtidos no caso 3D.

Capítulo 5

Conclusões

Ao se comparar os resultados obtidos, observa-se qualitativamente (visualmente) que os resultados para ambas as simulações (2D e 3D) apresentaram comportamentos análogos, mesmo utilizando-se de malhas com refinamentos distintos. Isso é compreensível, visto que a geometria e as condições de contorno foram mantidas semelhantes (com apenas algumas adaptações para o caso 3D).

Ao longo do trabalho, foi-se possível adquirir um noção introdutória satisfatória sobre dinâmica dos fluidos computacional e sobre o software OpenFoam, visto que (para a física em questão) vários parâmetros foram abordados e, conseqüentemente, várias ferramentas foram utilizadas.