

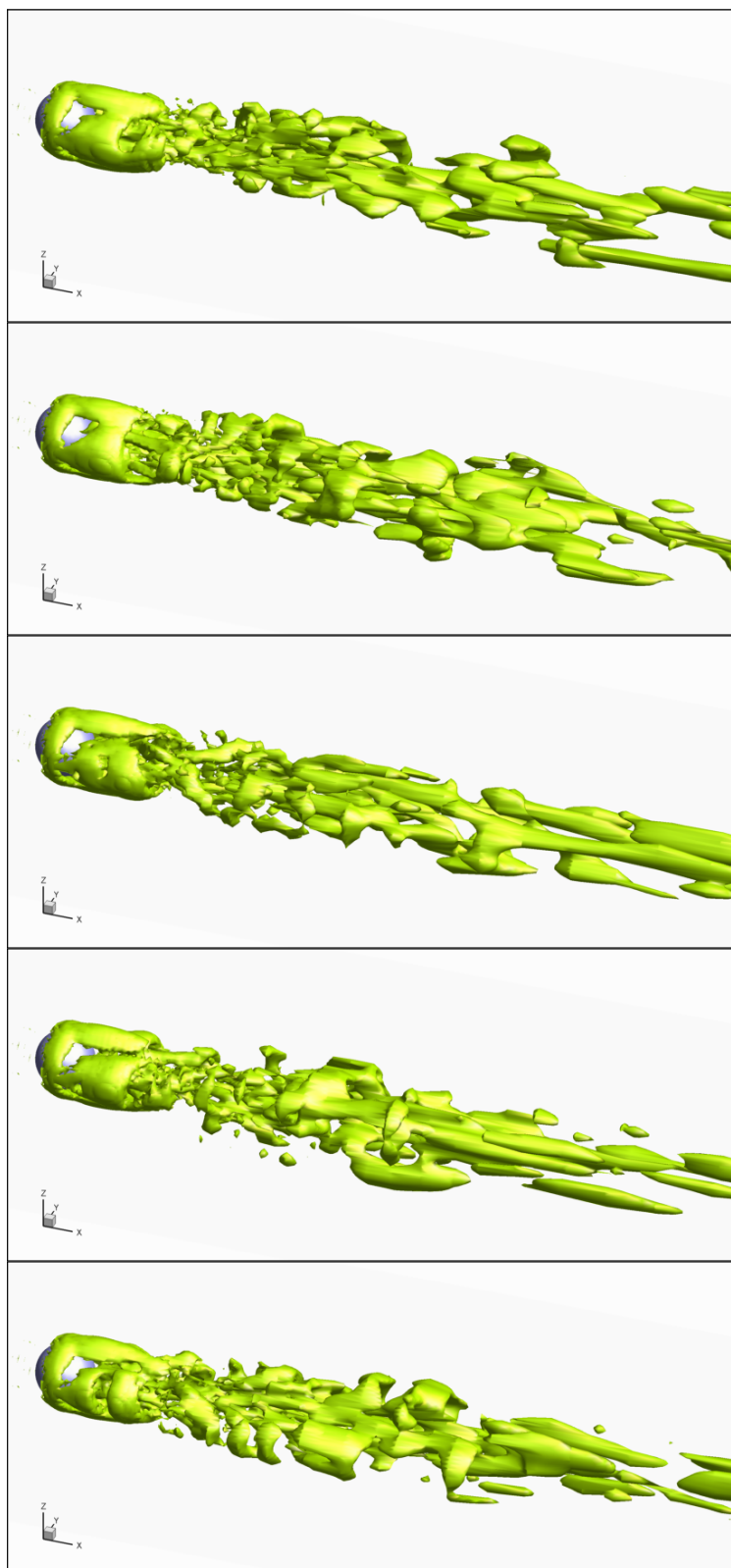


Figura 7.5 - Estruturas turbilhonares a jusante de uma esfera, importada de geradores de malhas livres, *.stl (Re=1.000).

Semelhantemente à Figura 7.4, a Figura 7.5 mostra isosuperfícies de $Q = 10$ para o escoamento a jusante de uma esfera para 5,0 s, 5,5 s, 6,0 s, 6,5 s e 7,0 segundo físicos. Pode-se notar a grande semelhança entre as estruturas turbilhonares existentes. A Figura 7.6 mostra mais claramente esta semelhança.

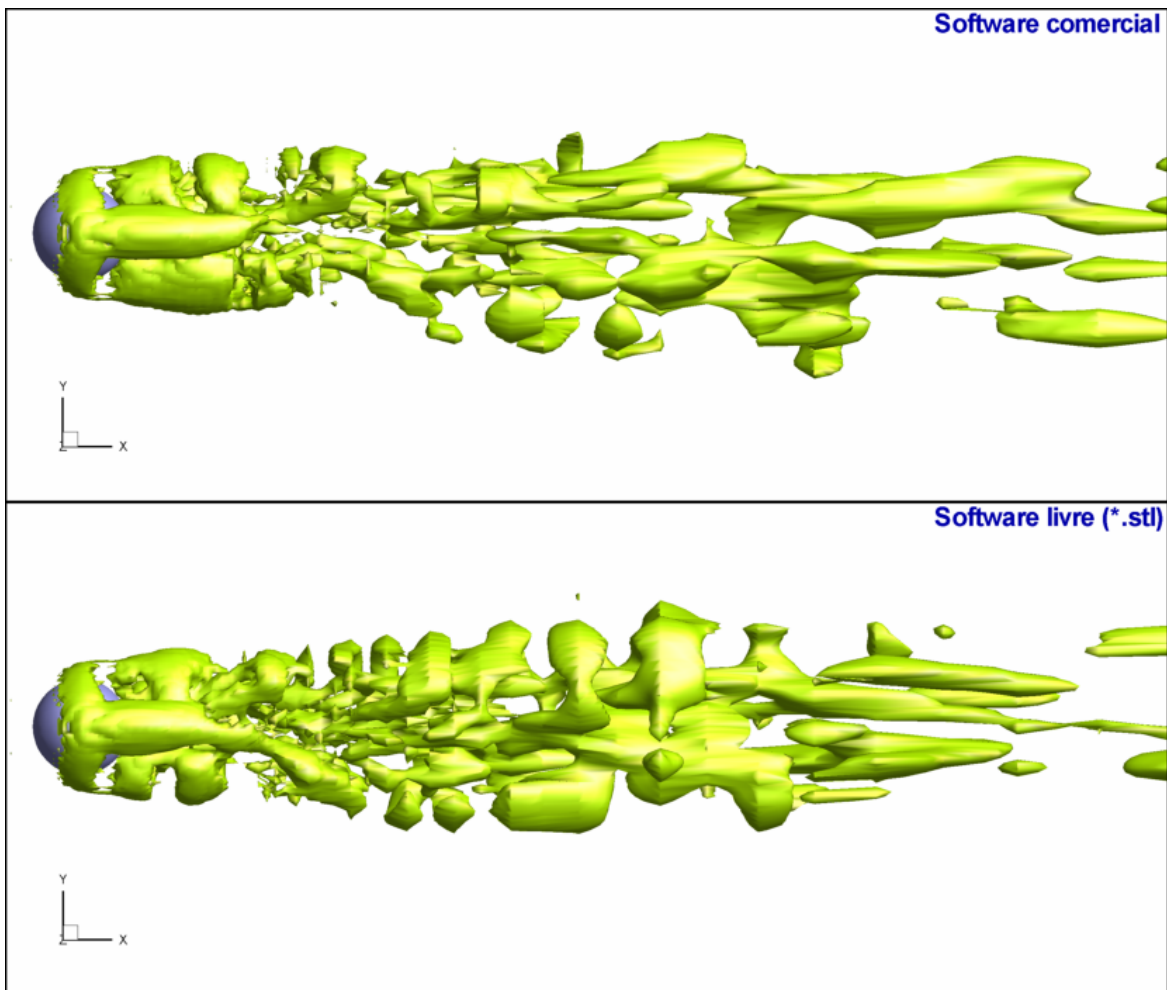


Figura 7.6 - Estruturas turbilhonares geradas a jusante de uma esfera, vistas no plano XY, em $t=7,0s$.

A validação quantitativa, através de propriedades como coeficiente de arrasto, lateral e de sustentação mostraram-se satisfatórias. A comparação dos coeficientes de arrasto pode ser vista na Figura 7.7. Nesta figura nota-se que o coeficiente de arrasto praticamente não se altera com relação ao tipo de gerador de malha.

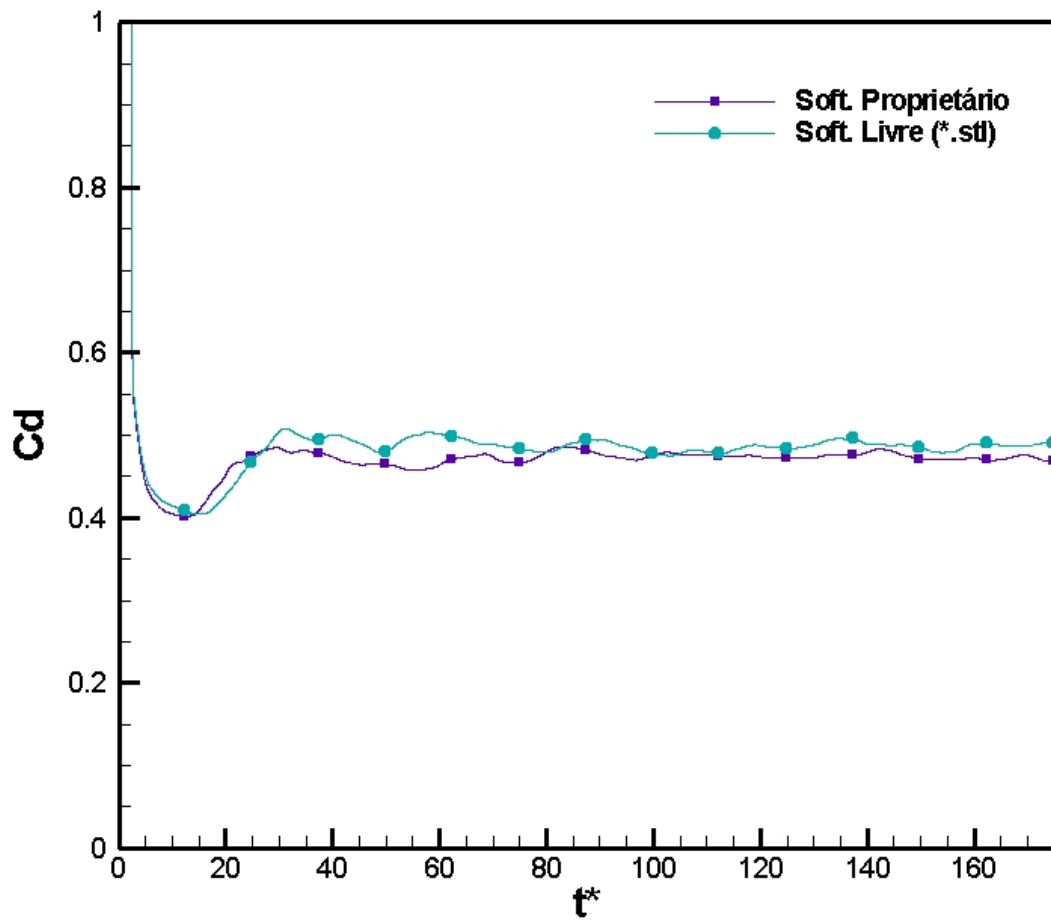


Figura 7.7 - Gráfico do coeficiente de arrasto, C_D , por t^* .

o tempo adimensional t^* é dado por:

$$t^* = \frac{t \cdot U_\infty}{D}, \quad (7.8)$$

onde t é o tempo físico e D é o diâmetro da esfera.

A Figura 7.8 e a Figura 7.9 mostram comparações entre os coeficientes laterais e de sustentação, respectivamente, para a simulação com as duas abordagens de geração de malha. Nota-se mais uma vez a semelhança entre as respectivas curvas. Deve-se salientar que as pequenas variações nas curvas são devidas à quantidade de pontos lagrangianos em cada

esfera. No caso da malha *.stl, existem cerca de 200 pontos a mais que na malha gerada por geradores comerciais, estes pontos excedentes são devidos ao fato de que a ferramenta geradora do arquivo *.stl, o software Gmsh, (OLIVEIRA, 2007), não possui um controle de comprimento característicos de malha (Δx_k) tão eficaz quanto os geradores de malha comerciais. Este fato, apesar de alterar sensivelmente áreas e comprimentos característicos de cada elemento triangular, no entanto, não impediu a validação da importação de geometrias via *.stl.

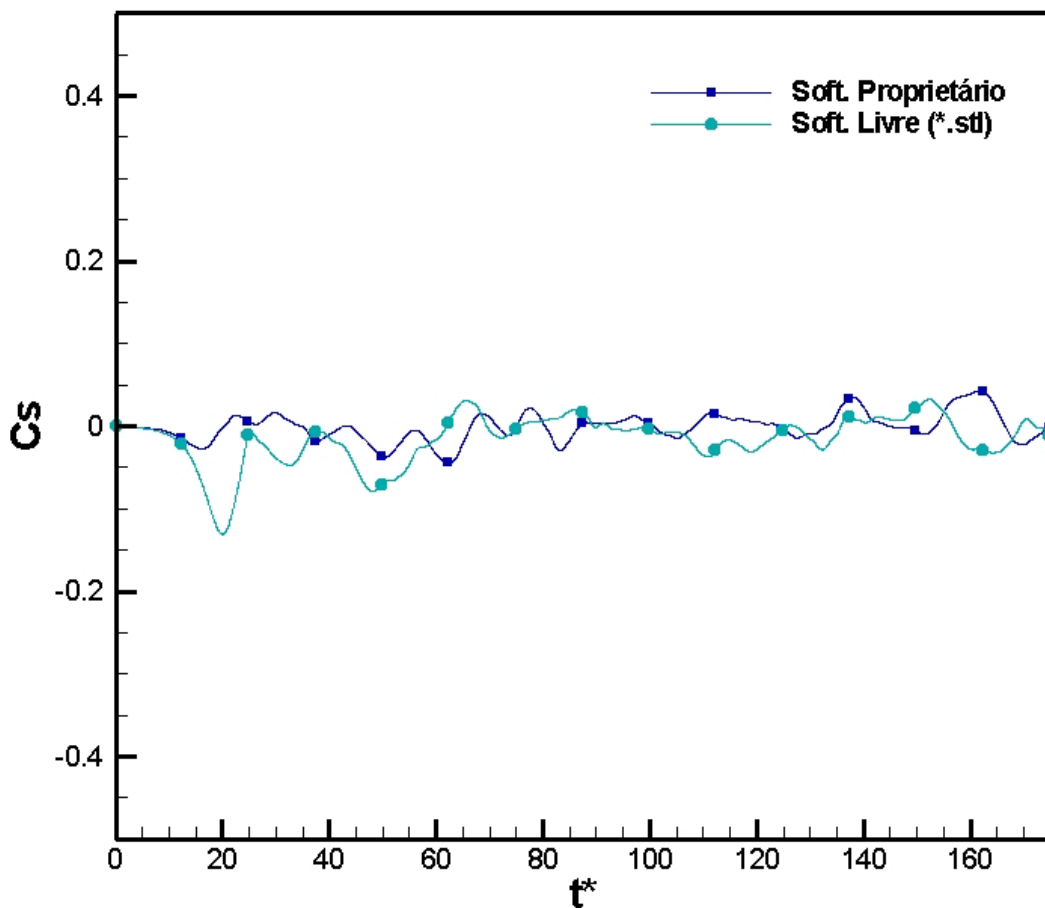


Figura 7.8 - Gráfico do coeficiente lateral, C_S , por t^* .

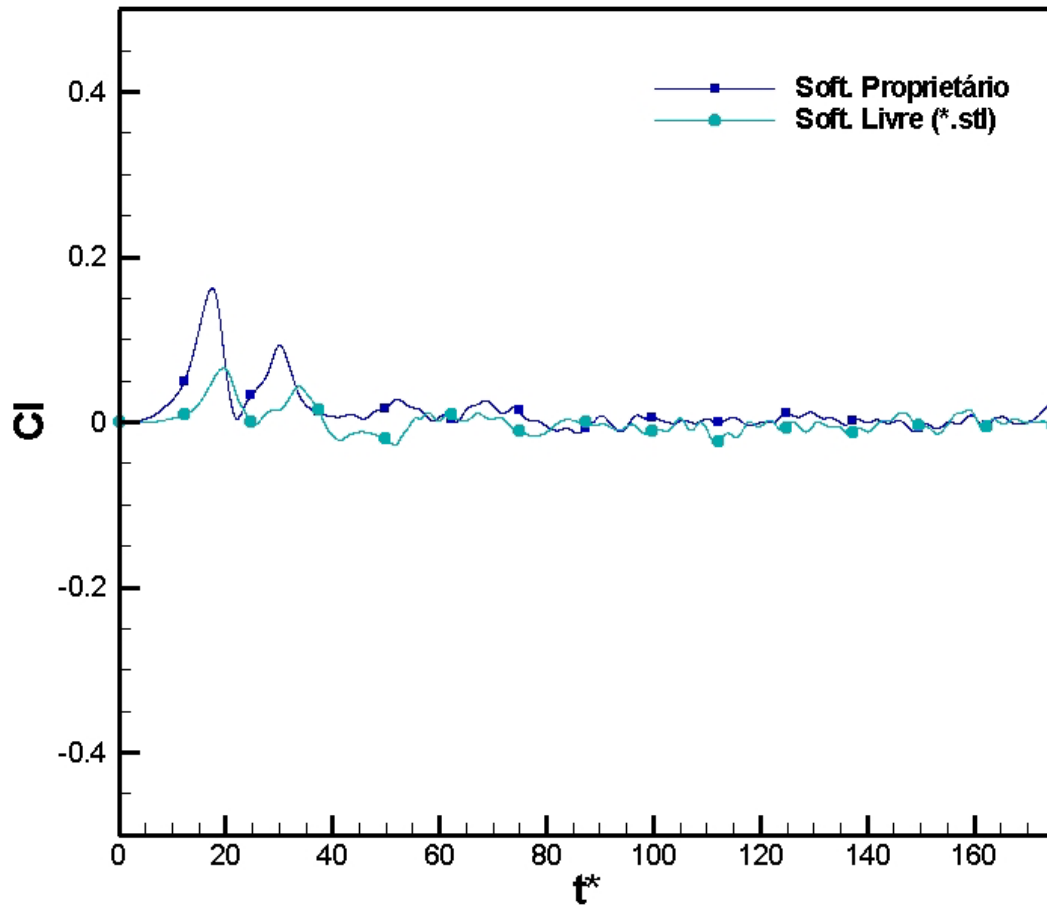


Figura 7.9 - Gráfico do coeficiente de sustentação, C_L , por t^* .

7.1.2 Resultados de re-validação de importação de geometrias geradas via geradores de malha comerciais – Escoamento sobre um cubo

Para fins de re-validação da importação de geometrias geradas em geradores de malha comerciais, o escoamento sobre um cubo à um número de Reynolds igual a 290 foi escolhido. A malha do cubo pode ser visualizada através da Figura 7.10. Como já mencionado no capítulo cinco, a importação de novas geometrias, que não as esferas do trabalho de Campregher (2005), era possível, mas inviável para uso comum da ferramenta Fluids-3D. Com o intuito de facilitar a importação de geometrias, a sub-rotina de importação de malhas foi

alterada de forma a poder ler os arquivos de nós e conectividades geradas por um gerador de malhas comerciais, sem que houvesse necessidade de alteração destes arquivos por parte do usuário do código.

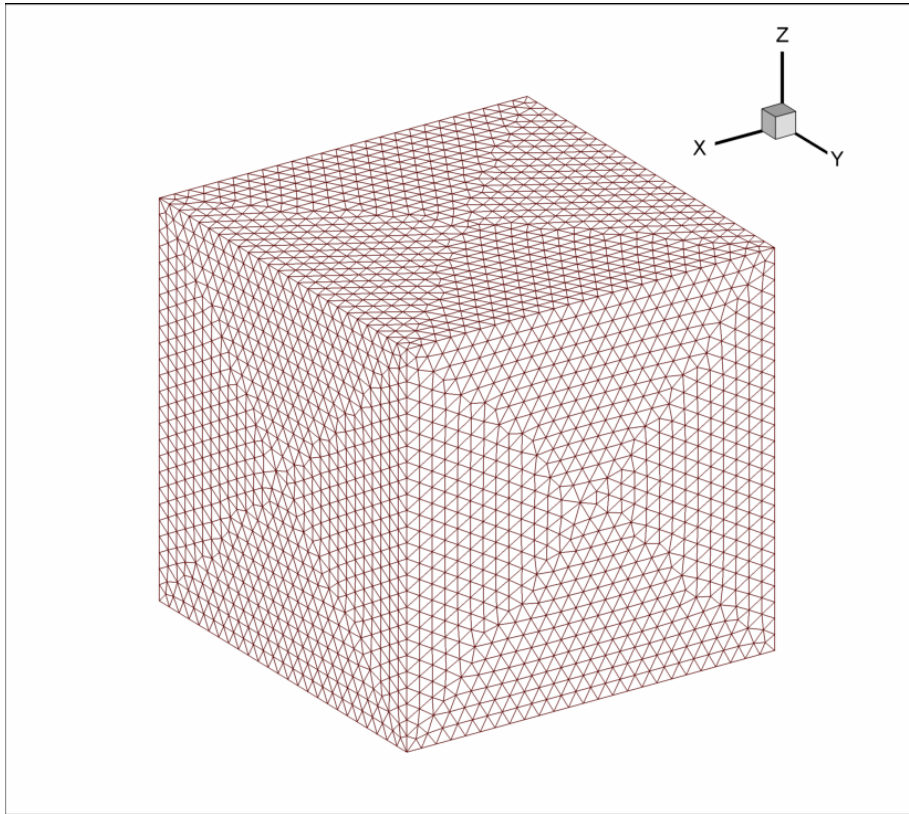


Figura 7.10 - Malha de elementos triangulares representando um cubo.

O Cubo tem dimensões de $0,1 \times 0,1 \times 0,1$ m, e está inserido em um domínio retangular de dimensões $2,8 \times 1,4 \times 1,4$ m. A Figura 7.11 mostra tal domínio na maneira em que foi paralelizado, ou seja em quatro subdomínios. As dimensões do domínio e do cubo foram escolhidas para comparação com o trabalho de Saha (2004), que estudou a tridimensionalização de um escoamento sobre um cubo a baixos números de Reynolds. A malha euleriana utilizada possui aproximadamente 2.100.000 volumes ($194 \times 104 \times 104$), também das mesmas dimensões da malha utilizada por Saha (2004). Neste caso, as condições de contorno, tanto na direção y quanto na direção z são impostas como parede.

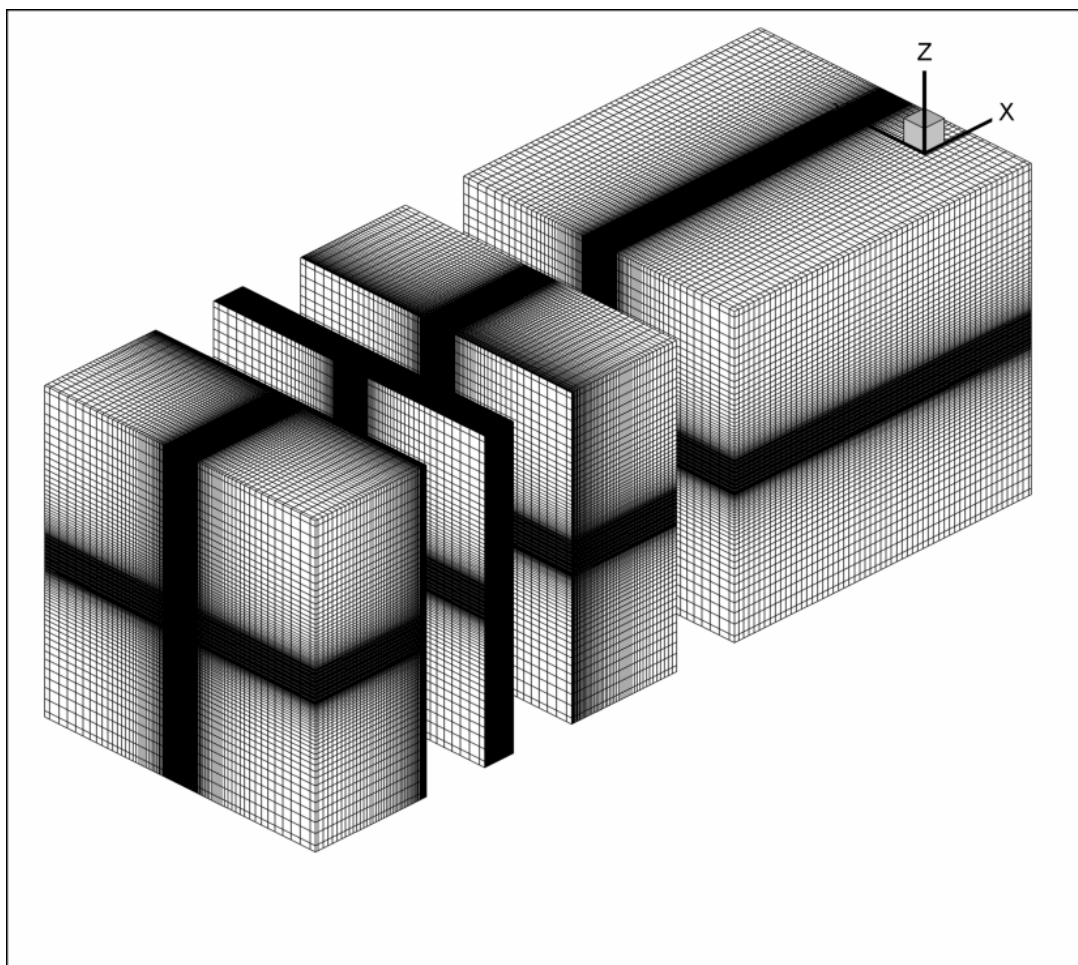
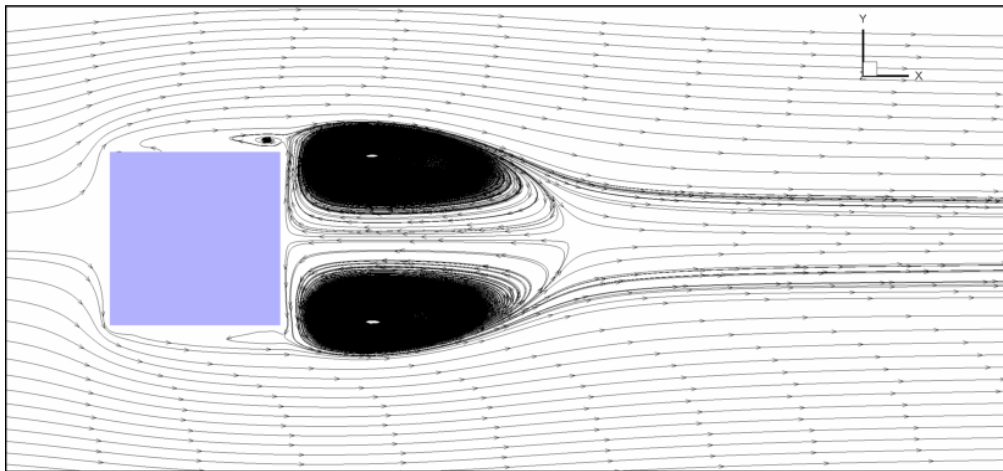
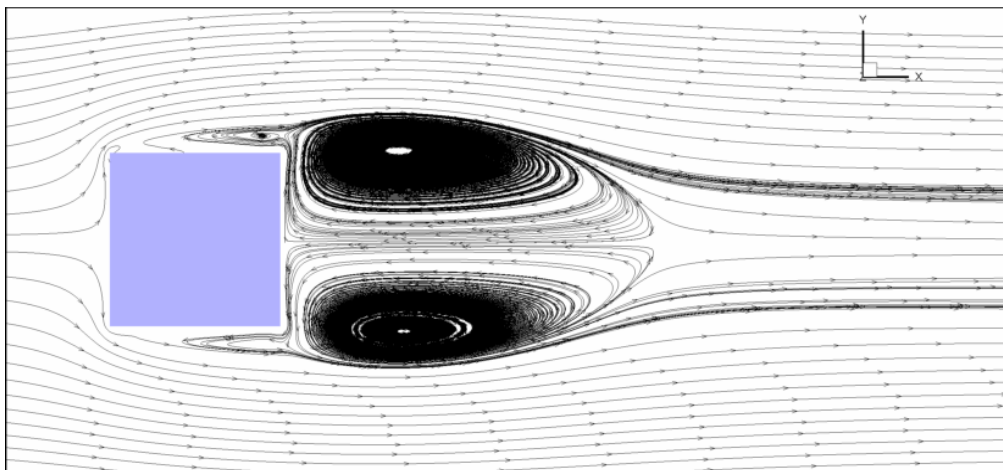


Figura 7.11 - Malha euleriana utilizada na simulação do escoamento sobre um cubo.

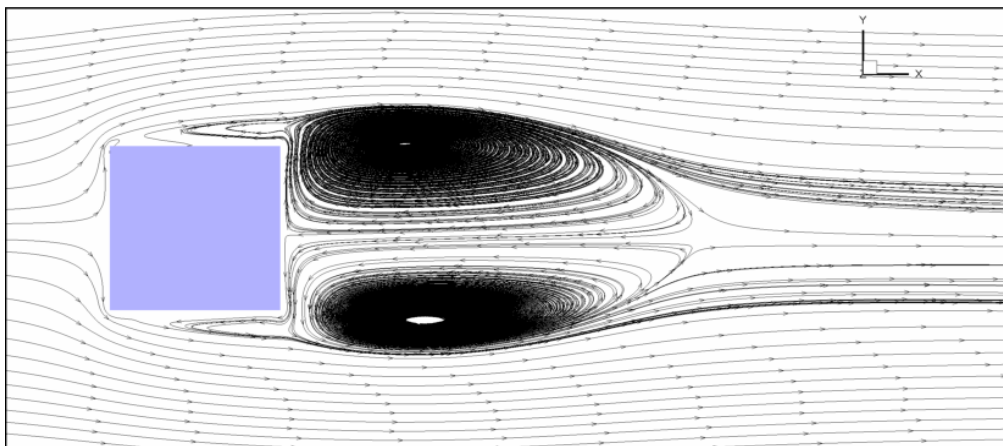
A Figura 7.12 (a)-(f) mostra a evolução temporal para linhas de corrente em um plano xy em $z=0,65$ m do escoamento sobre um cubo a Reynolds 290.



(a)



(b)



(c)