

trubilhonares do escoamento. Para tal avaliação, um importante parâmetro que pode ser empregado para visualizar o escoamento é o critério Q , Eq. 4.1 (Jeong e Hussain, 1995), definido da forma:

$$Q = \frac{1}{2} [\|\Omega\|^2 - |S|^2] > 0, \quad (4.1)$$

onde S e Ω , são as componentes simétrica e assimétrica do gradiente de u , portanto Q representa o balanço local entre a taxa de deformação e a vorticidade, ou seja, a norma Euclidiana para a qual o tensor rotação supera a taxa de deformação (Haller, 2005), definidos respectivamente como:

$$\Omega = \frac{1}{2} [\nabla v - (\nabla v)^T], \quad (4.2)$$

$$S = \frac{1}{2} [\nabla v + (\nabla v)^T]. \quad (4.3)$$

Sendo assim, o critério Q é uma das várias ferramentas usadas para analisar as propriedades das estruturas turbilhonares geradas no escoamento. Sua principal vantagem é mostrar as estruturas que adquirem mais peso devido ao efeito rotacional, permitindo visualizar as regiões do escoamento com fortes deformações do fluido.

O parâmetro adimensional número de Reynolds (Re), Eq. 4.4, foi empregado para caracterizar o regime de escoamento do fluido sobre a esfera. O Re foi definido baseado no diâmetro D da esfera na forma:

$$Re_D = \frac{\rho U_\infty D}{\mu}, \quad (4.4)$$

onde U_∞ é a velocidade da corrente livre do escoamento, ρ e μ são a massa específica e a viscosidade dinâmica do fluido, respectivamente.

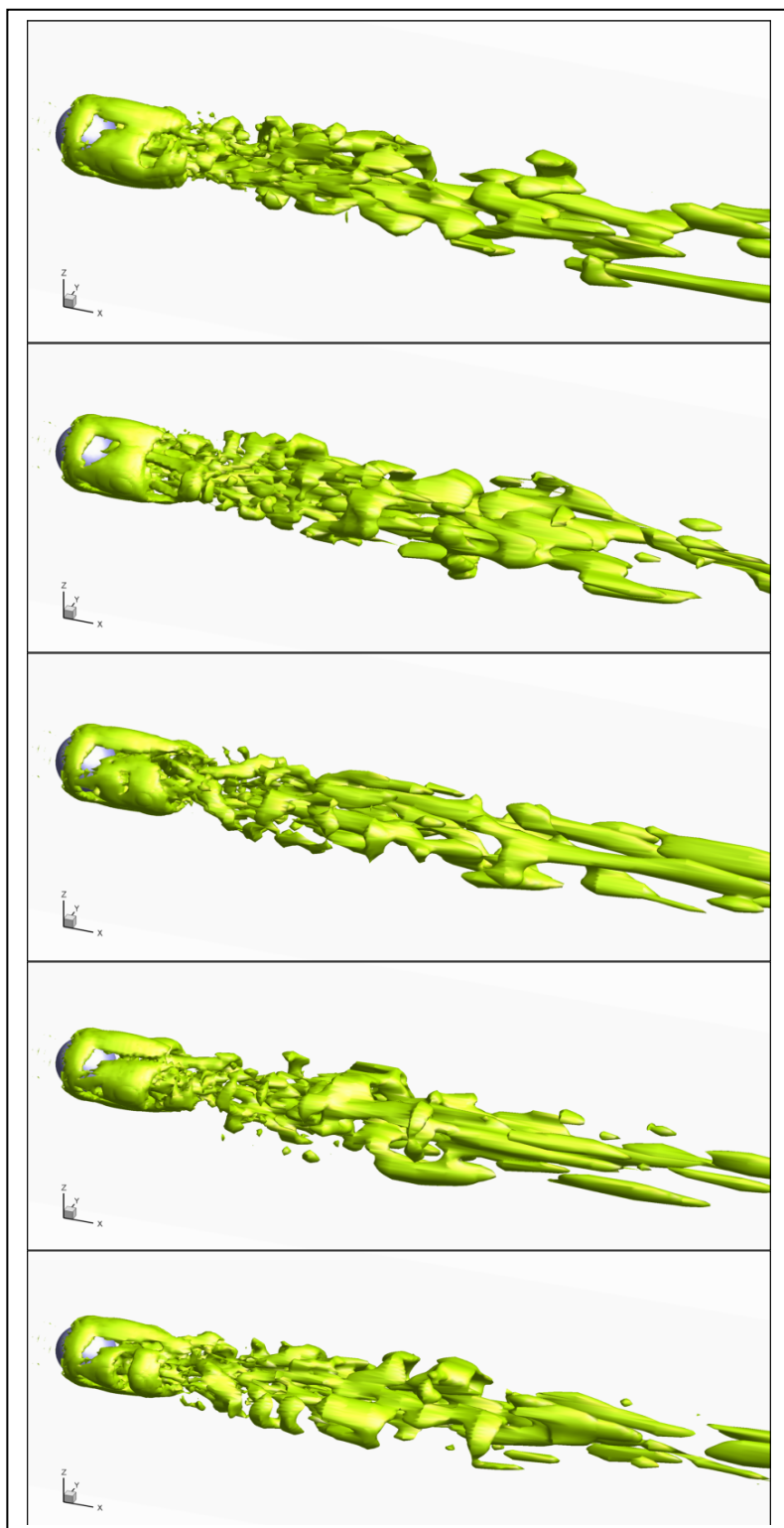


Figura 4.14. Detalhe dos vórtices sobre a esfera a $Re = 1.000$ evidenciado pelo critério Q (Vedovoto, 2007); malha gerada com pacote comercial.

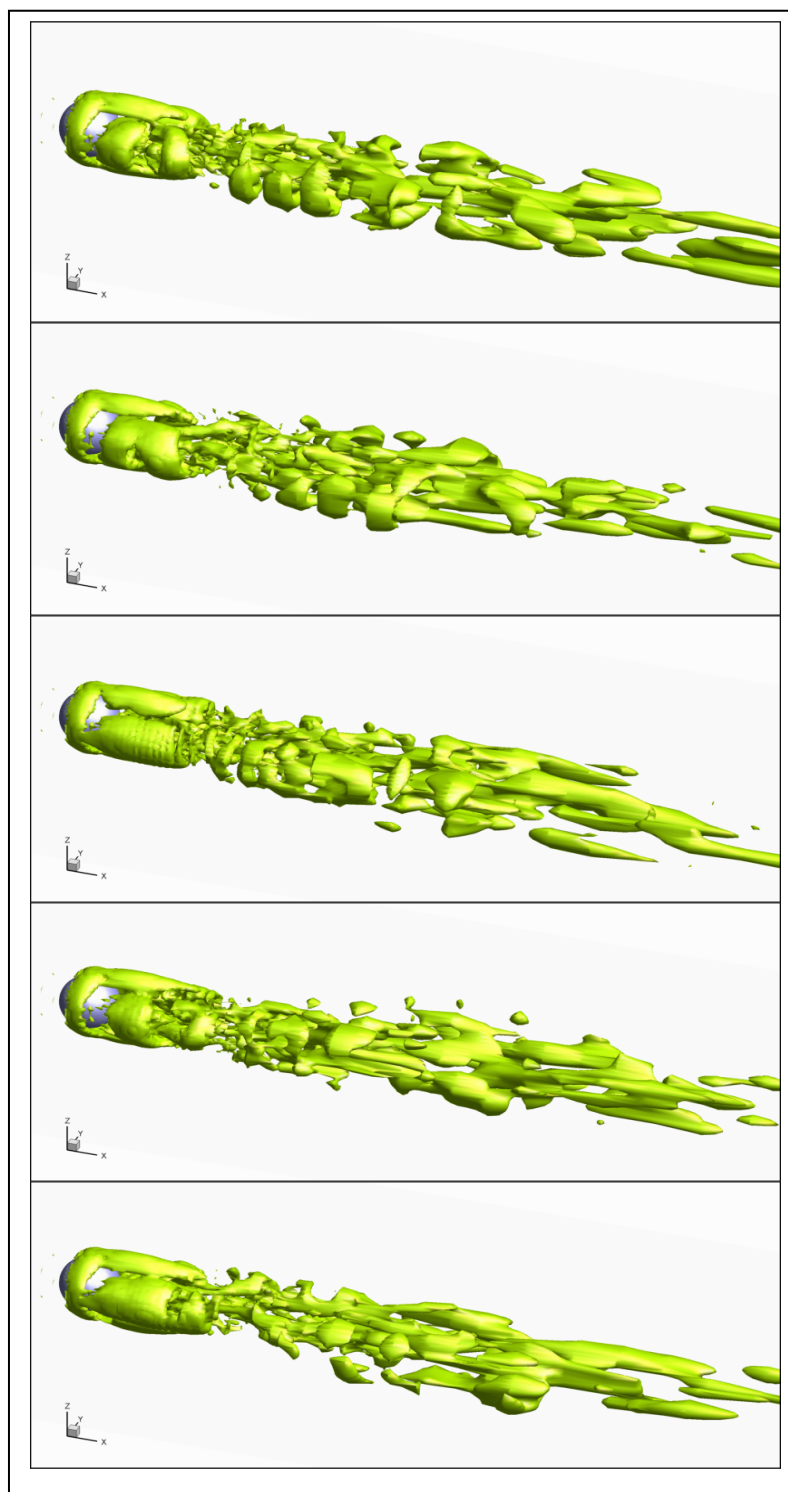


Figura 4.15. Detalhe dos vórtices sobre a esfera a $Re = 1.000$ evidenciado pelo critério Q (Vedovoto, 2007), malha gerada com GMSH.