

## **ANÁLISE NUMÉRICA DO ESCOAMENTO SOBRE UM VEÍCULO RODOVIÁRIO IDEALIZADO, CORPO DE AHMED.**

**Sandi Itamar Schafer de Souza, sandi@ufrnet.br<sup>1</sup>**  
**Cristiano Vitorino da Silva, cristiano@uricer.edu.br<sup>2</sup>**  
**Gregori da Cruz Balestra, gregori.sb@hotmail.com<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande Norte – UFRN – Curso de Engenharia Mecânica - Caixa Postal 1524, Campus Universitário Lagoa Nova, CEP 59072-970, Natal, RN, Brasil.

<sup>2</sup>Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Campus de Erechim, RS 331, nº425, Bairro Demoliner, CEP 99700-000, Erechim, RS, Brasil.

<sup>3</sup>Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica - Caixa postal 476, Campus Universitário Trindade, CEP 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil.

**Resumo:** *O emprego da simulação numérica no estudo da aerodinâmica dos veículos rodoviários tem contribuído para a melhoria no desempenho dos mesmos. O ambiente virtual possui flexibilidades inerentes, que permitem relajar alterações na estrutura, possibilitando prever o comportamento das características dinâmicas do veículo gerando ações no sentido de maximizar a eficiência energética. Neste sentido este trabalho apresenta os esforços realizados para simular numericamente o escoamento sobre um veículo rodoviário, utilizando como modelo físico idealizado adotado pela indústria automobilística, corpo de Ahmed. Neste trabalho empregou-se a técnica da dinâmica de fluidos computacional (CFD) utilizando o método de volumes finitos para solução das equações diferenciais governantes, empregando o pacote comercial ANSYS-CFX. Como resultados são apresentados: o arrasto de pressão e de atrito, campos de pressão e de velocidade, vetores de velocidade, linhas de corrente de velocidade e vorticidade, avaliações do comportamento da camada limite e seu descolamento e as recirculações. Comparações com soluções experimentais também são apresentadas. Os valores para o coeficiente de arraste obtidos ficaram próximo dos valores obtidos em ensaios realizados em tuneis de vento.*

**Palavras-chave:** *Corpo de Ahmed, Aerodinâmica Veicular, Simulação Numérica, CFD.*

### **1. INTRODUÇÃO**

O estudo dos escoamentos sobre corpos é um capítulo a parte da ciência Mecânica dos Fluidos. Em escoamentos sobre corpos rombudos são encontrados fortes gradientes de pressão ocorrendo regiões onde a camada limite se afasta do contorno sólido, promovendo um escoamento de alta complexidade, com recirculações e de elevado grau de turbulência. No cotidiano encontram-se inúmeros exemplos de corpos rombudos sendo possível citar como exemplo clássico os veículos rodoviários.

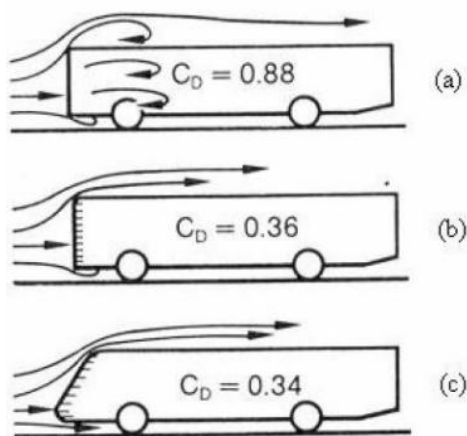
Na indústria automobilística existe uma preocupação constante com a eficiência dos veículos rodoviários, induzindo a busca de inovações visando melhorias nos projetos. O estudo aerodinâmico é uma das etapas do projeto onde o empenho recai sobre o comportamento das forças originadas pelo deslocamento do ar sobre a superfície do veículo e seus acessórios externos. A geometria veicular interfere na magnitude destas forças, recebendo uma grande atenção, pois busca-se minimizar as forças originadas pelos efeitos da viscosidade e da distribuição de pressão sobre a carroceria. Estes efeitos assumem papéis predominantes na resistência ao deslocamento de veículos em velocidades elevadas, tais como as velocidades normais de cruzeiro adotadas.

Segundo Gillespie (1992), a resistência aerodinâmica pode ser distribuída pelas diversas partes do veículo, sendo que aproximadamente 29% dessa resistência é atribuída às superfícies externas, tais como antenas, retrovisores, pneus e demais acabamentos, aproximadamente 8% é devido a parte inferior do chassi, e a maior parcela cerca de 63% está relacionada a forma do veículo, sendo que deste percentual, a maior parte provém do arrasto causado pela zona de separação presente na parte traseira do veículo.

A resistência do ar gerada pela grande área frontal e as esteiras turbulentas que se formam na traseira do veículo aliado aos acessórios, tais como espelhos retrovisores, a cúpula de ar condicionado dentre outros, contribuem em média com 40% da potência total doada pelo motor. Assim, em caminhões e ônibus a grande área frontal torna-se um importante fator na determinação de projetos aerodinâmicos. Estudos sobre a otimização da parte dianteira dos ônibus podem reduzir o arraste, desta forma, segundo Hucho (1987), o arredondamento de cantos vivos na parte frontal é

suficiente para reduzir sensivelmente o arraste. Resultados experimentais podem ser visualizados na Fig. (1), onde percebe-se que com o arredondamento dos cantos vivos diminuí-se o coeficiente arrasto aerodinâmico,  $C_d$ , de 0,88 para 0,36, e com a adição de uma inclinação do pára-brisa este valor passa para 0,34.

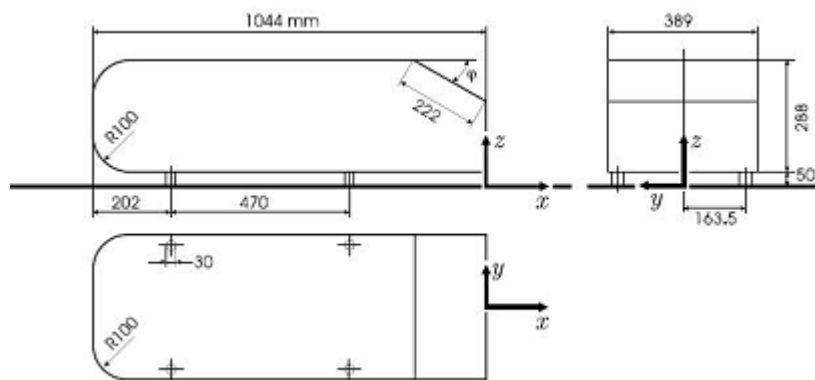
Fletcher e Stewart (1986), conduziram experimentos em modelos simplificados de ônibus. Em seus estudos consideraram dois modelos de carrocerias, sendo uma delas com arredondamentos nas arestas e a outra com a adição de uma curvatura em sua superfície frontal. Segundo os resultados houve uma redução de 27% no valor de  $C_d$ . Utilizando a correlação de McDonald e Palmer (1980), que relaciona a redução do consumo de combustível com a redução do arraste, nota-se uma redução nesse consumo de 13% para uma velocidade de 90 Km/h.



**Figura 1. Coeficiente de arraste para diferentes geometrias de ônibus (Hucho, 1987).**

Sabe-se que o descolamento da camada limite produz regiões de recirculação na traseira dos corpos, sendo este o efeito que mais contribui para o arraste de pressão. Pode-se afirmar que a parte traseira dos veículos é a responsável pela maior parcela do arraste total. Segundo Ahmed et al (1984) a estrutura da esteira formada na traseira dos veículos com regiões de recirculação, e a conseqüente formação de vórtices, depende do formato da traseira. Algumas formas aerodinâmicas podem reduzir ou retardar a separação do escoamento da superfície do veículo diminuindo o arraste. Hucho (1987), em seus experimentos realizados em modelos simplificados de ônibus, observou que a presença de uma superfície mais alongada na parte traseira resultava numa redução de arraste, devido as alterações na estrutura das recirculações.

O exercício de modelar a geometria veicular representa um grande desafio, devido a complexidade e aos detalhes associados. Ahmed et al (1984), apresentaram uma forma veicular simplificada Fig. (2), cujos resultados experimentais, apresentados na Fig. (3) são utilizados para validar inúmeros trabalhos.



**Figura 2. Modelo de Ahmed e suas principais dimensões (Ahmed et al, 1984).**

O uso de técnicas numéricas para a solução de problemas complexos da engenharia e da física é hoje uma realidade, graças ao avanço dos métodos numéricos e ao desenvolvimento de computadores de alto desempenho. A Dinâmica de Fluidos Computacional (CFD) é uma das ferramentas disponíveis para o estudo do escoamento sobre veículos rodoviários. O emprego desta técnica está ganhando espaço devido a sua simplicidade de implantação nas indústrias do ramo automobilístico. É possível com esta técnica, verificar a influência de alterações estéticas no desempenho aerodinâmico, de forma antecipada, minimizando os custos de projeto e de produção. Como exemplo de trabalhos experimentais e numéricos na área pode-se citar os trabalhos de Uruba et al (2009), Rouméas et al (2009), Guilmineau (2008), Watkins et al (2008), Aider et al (2008), Guilmineau (2008), Beaudoin et al (2007), dentre outros.

## 2. MODELO FÍSICO E CONDIÇÕES DE CONTORNO

Devido às limitações de memória do computador empregado na simulação numérica foi necessário reduzir as dimensões do corpo de Ahmed para 36% dos valores mostrados na Fig (2). O percentual adotado foi escolhido para coincidir com os valores utilizados no trabalho experimental de Korkischko et al (2007). O domínio computacional possui as seguintes dimensões: Comprimento  $C=1200$  mm, Largura  $L=370,02$  mm e altura  $H=421,68$  mm, como mostrado na Fig. (4), onde pode-se observar a densidade da malha computacional adotada.

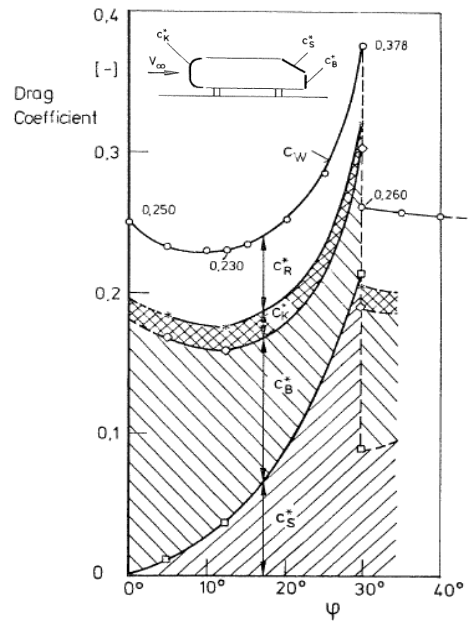


Figura 3. Resultados experimentais para o corpo padrão, (Ahmed et al, 1984).

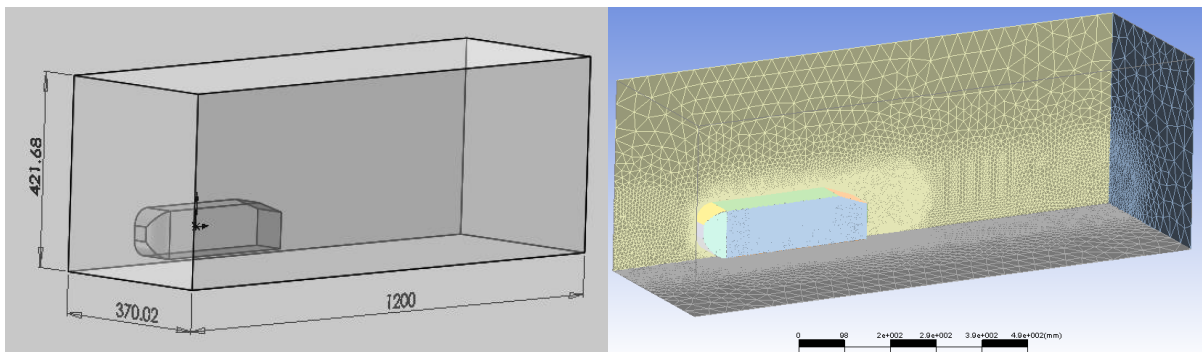


Figura 4. Domínio computacional e densidade de malha empregada.

O ar atmosférico foi adotado como fluido de trabalho e os efeitos da compressibilidade foram desprezados. As condições de contorno adotadas foram: Velocidade de entrada uniforme  $U_{\infty}$ , igual a 50 m/s e saída com pressão parcial uniforme  $p=0$  Pa. Na parede central adotou-se a condição de simetria, enquanto que na parede lateral afastada do corpo e na parede superior foram mantidas condições de deslizamento, enquanto que na parede inferior a condição de não deslizamento foi utilizada. Com a velocidade de entrada adotada o número de Reynolds,  $Re_L$ , fica da ordem de  $1,2 \times 10^6$ , menor que o empregado no trabalho experimental de Ahmed et al (1984), que foi  $Re=4,3 \times 10^6$ .

Para realizar a simulação empregou-se malhas computacionais com 871735 nós e 3336350 elementos, distribuídos em 2493032 tetraedros e 843318 prismas. Para a construção da malha realizou-se o estudo teórico do comportamento da camada limite, identificando a espessura da sub-camada limite laminar. O primeiro elemento da malha foi posicionado a  $1,0 \times 10^{-3}$  mm, com 15 elementos de inflação com um fator de expansão na ordem de 1,2, garantindo um grande número volumes no interior da camada limite e um  $Y^+$ , menor que a unidade. Na construção da malha foi empregando o software CFX-Meshing, criando uma região com malha refinada sobre o corpo estendendo-a na traseira do corpo onde ocorrem os recirculações, Fig. (4). O critério de convergência adotado foi o de  $1,0 \times 10^{-5}$  para a *Root Mean Square* (RMS), de todas as velocidades e para a pressão.

### 3. EQUAÇÕES GOVERNANTES

As equações que governam o escoamento em análise são as equações da conservação de massa e a da quantidade do movimento, que podem ser expressas em sua forma média, respectivamente, como:

$$\frac{\partial}{\partial x_i} (\rho \bar{u}_i) = 0; \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial x_i} (\rho \bar{u}_i \bar{u}_j) = -\frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \mu \left( \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) \right] + \frac{\partial \bar{\tau}_{i,j}}{\partial x_j}, \quad (2)$$

onde  $u_i$  são as componentes de velocidade,  $\rho$  é a massa específica,  $p$  é a pressão,  $\tau$  é o tensor das tensões viscosas de Reynolds,  $\mu$  é a viscosidade.

O modelo  $\kappa$ - $\omega$  SST, Menter et al (2003), foi empregado para tratar os efeitos da turbulência. Este modelo utiliza o equacionamento de dois outros modelos, o  $\kappa$ - $\epsilon$  e o  $\kappa$ - $\omega$ . Na região externa do escoamento usa-se a formulação do robusto modelo  $\kappa$ - $\epsilon$ , e onde esse se mostra pouco eficiente, na região próxima à parede, utilizam-se as equações de transporte do modelo  $\kappa$ - $\omega$ . A viscosidade turbulenta deste modelo é definida como:

$$\mu_t = \rho \frac{a_1 \kappa}{\max \left[ a_1 \omega (S_{i,j} S_{i,j})^{\frac{1}{2}}, F_2 \right]}, \quad (3)$$

onde  $(S_{i,j} S_{i,j})^{1/2}$  é uma medida invariante do tensor taxa de deformação e  $F_2$  é uma das funções de combinação,  $k$  representa a energia cinética turbulenta,  $\omega$  é a dissipação específica. Este modelo necessita das soluções das equações de transporte de  $k$  e de  $\omega$ , descritas abaixo:

$$\rho \bar{u}_i \frac{\partial k}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[ (\mu + \sigma_k \mu_t) \frac{\partial k}{\partial x_i} \right] + \tilde{P}_k - \beta^* \rho k \omega, \quad (4)$$

$$P_k = \mu_t \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} \left( \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) \Rightarrow P_k = \min(P_k, 10\beta^* \rho k \omega), \quad (5)$$

$$\rho \bar{u}_i \frac{\partial \omega}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ (\mu + \sigma_\omega \mu_t) \frac{\partial \omega}{\partial x_j} \right] + \alpha \rho S^2 - \beta \rho \omega^2 + 2(1 - F_1) \rho \sigma_{\omega 2} \frac{1}{\omega} \frac{\partial \kappa}{\partial x_i} \frac{\partial \omega}{\partial x_i}, \quad (6)$$

onde o termo  $F_1$  é definido como:

$$F_1 = \tanh \left\{ \left[ \min \left[ \max \left( \frac{\sqrt{\kappa}}{B^* \omega y}, \frac{500\nu}{y^2 \omega} \right), \frac{4\rho \sigma_{\omega 2} \kappa}{CD_{\kappa\omega} y^2} \right] \right]^4 \right\}, \quad (7)$$

onde:

$$CD_{\kappa\omega} = \max \left( 2\rho \sigma_{\omega 2} \frac{1}{\omega} \frac{\partial \kappa}{\partial x_i} \frac{\partial \omega}{\partial x_i}, 10^{-10} \right), \quad (8)$$

e a função de combinação  $F_2$ :

$$F_2 = \tanh \left\{ \max \left( \frac{2\sqrt{\kappa}}{B^* \omega y}, \frac{500\nu}{y^2 \omega} \right) \right\}. \quad (9)$$

Onde  $y$  é a distância da superfície de não deslizamento e as outras constantes são todas oriundas dos modelos  $k-\epsilon$  e  $k-\omega$  com alguns ajustes e são determinadas como descrito por Menter et al (2003):  $\beta^*= 0,09$ ,  $\alpha_1 = 5/9$ ,  $\beta_1 = 0,075$ ,  $\sigma_k = 0,85$ ,  $\sigma_{\omega 1} = 0,5$ ,  $\alpha_2 = 0,44$ ,  $\beta_2 = 0,0828$ ,  $\sigma_{k 2} = 1$  e  $\sigma_{\omega 2} = 0,856$ .

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O estudo das forças aerodinâmicas é realizado com o auxílio do coeficiente adimensional de arraste  $C_d$ , determinados da seguinte forma:

$$C_d = \frac{2F_d}{\rho V^2 A}, \quad (10)$$

onde  $V$  é a velocidade não perturbada,  $A$  é a área projetada do corpo, e  $F_D$  é a componente da Força no sentido do escoamento, composto pelos efeitos da pressão e das tensões de origem viscosa  $\tau$ .

$$F_d = F_p + F_\mu = \int_A p dA + \int_A \tau dA, \quad (11)$$

onde  $F_p$  representam a força de arraste produzida pela distribuição de pressão na direção do escoamento e  $F_\mu$  representa a força de arraste na direção do escoamento devido ao efeito do atrito. O campo de pressão atuando no domínio pode ser visualizado na Fig. (5). Percebe-se o elevado gradiente de pressão que existe sobre o corpo, onde os valores máximos acontecem na parte frontal, na região onde a velocidade é baixa.

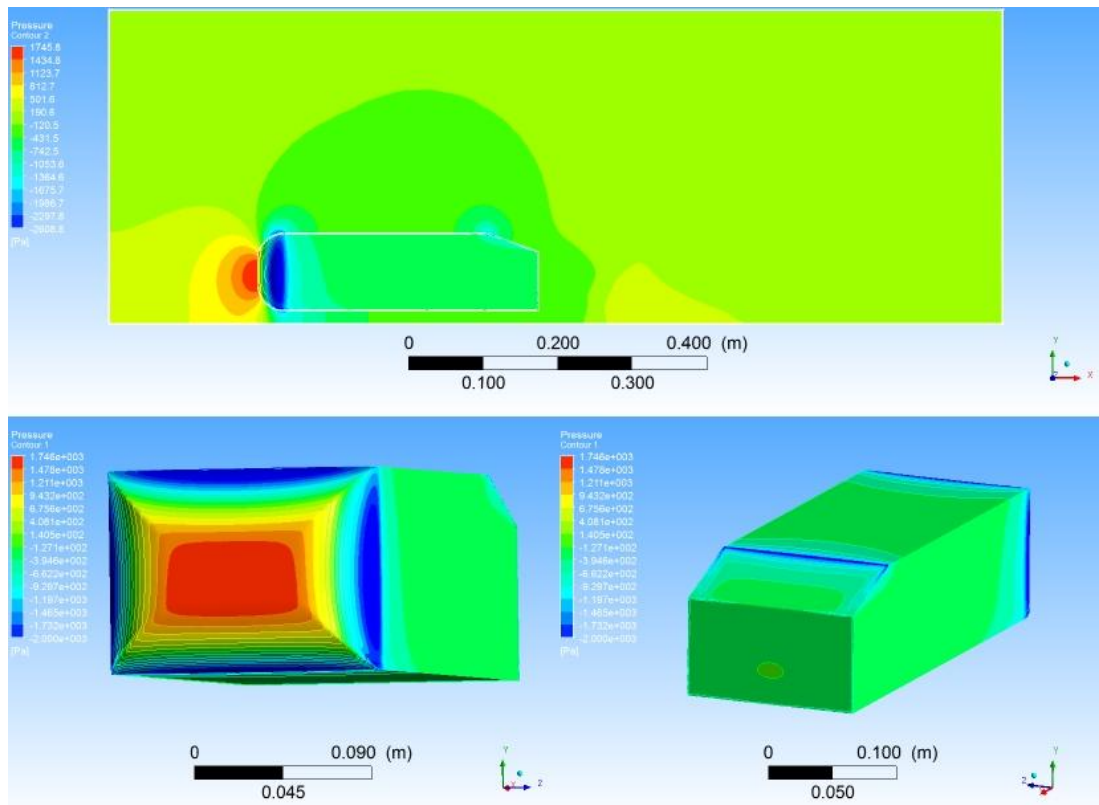


Figura 5. Distribuição de pressão sobre o corpo.

Na Fig. (6), está exposto o comportamento do coeficiente de pressão definido como:

$$C_p = \frac{p - p_\infty}{\frac{1}{2} \rho V^2 A}, \quad (12)$$

onde  $p_\infty$  é a pressão de referência. Nota-se que na região superior ocorre uma queda brusca do coeficiente de pressão, na posição onde o plano está inclinado em  $20^\circ$ , devido a desaceleração do fluido.

Nas simulações adotou-se a pressão atmosférica como referência. Assim, os valores negativos nas escalas de pressão representam pressões abaixo da atmosférica referenciada. O gradiente de pressão entre a parte anterior e posterior é da ordem de 2,9 kPa. Nota-se que comportamento da pressão nas laterais é simétrico, como esperado, e o comportamento do coeficiente de pressão para esta região também pode ser visualizado Fig. (6). As menores pressões acontecem nos cantos onde existem grandes acelerações do fluido. Na Fig. (8), pode-se observar o comportamento da tensão de cisalhamento. Nessa figura e percebe-se que nos cantos acontecem os valores máximos devido ao alto gradiente de velocidade.

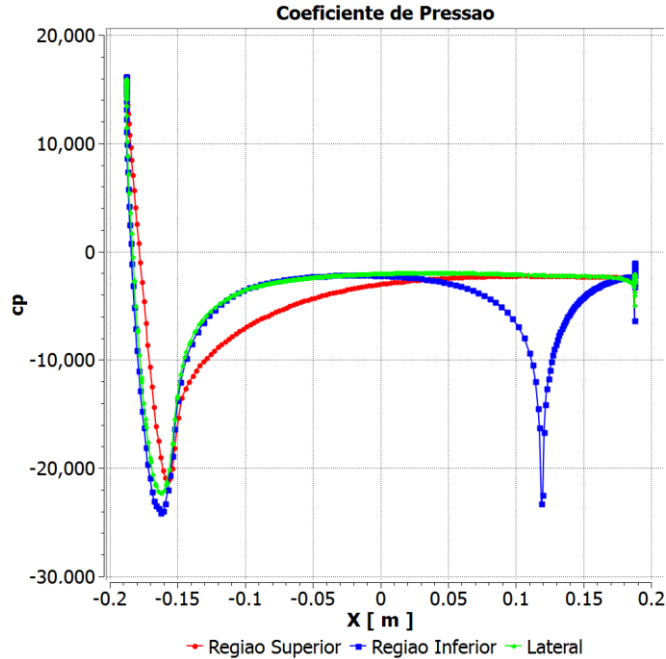


Figura 6. Comportamento do coeficiente de pressão em três planos no corpo.

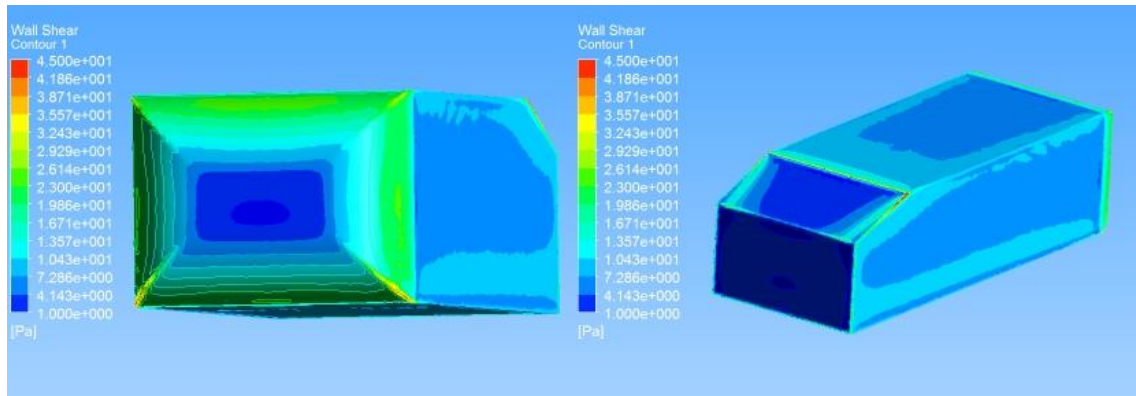


Figura 7. Tensão de cisalhamento na parede.

No modelo adotado, registrou-se valores para  $F_\mu$  da ordem de 0,076 N, enquanto que para  $F_p$  2,7 N, correspondendo a uma força de arraste total de  $F_d=2,776$  N. A massa específica neste trabalho teve seu valor constante  $\rho=1.185$  kg/m<sup>3</sup>. O Coeficiente de arraste pode ser determinado  $C_d$  com o auxílio da Eq. (10), cujo valor é 0,258. Os demais coeficientes de arraste de pressão obtidos por Ahmed et al (1984) mostrados na Fig. (3), também foram determinados neste trabalho, seguindo a metodologia de avaliação da referência e os valores são:  $C_s^*=0,104$ ,  $C_B^*=0,133$  e  $C_R^*=0,012$  e a parcela devido ao atrito  $C_K^*=0,0075$ .

Observando-se a Fig. (9), pode-se verificar o comportamento das linhas de corrente, na esquerda, e vetores de velocidade, na direita, sobre o corpo, percebe-se a concordância com o comportamento descrito por Ahmed et al (1984) como mostra a Fig. (10). Neste trabalho adotou-se o ângulo de inclinação na parte traseira do veículo da ordem de 20°, situação esta que mantém o escoamento colado na superfície do veículo, como pode-se observar na Fig. (9), resultados da simulação, e Fig. (8), onde Hucho et al (1993), mostra o comportamento do coeficiente de arraste em função do ângulo de inclinação, denominado por ele de  $\alpha$ . Para ângulos da ordem de 20° o escoamento permanece colado a superfície do corpo, havendo uma ótima concordância dos resultados deste trabalho com valores experimentais.

Na parte traseira do corpo, Fig. (9), nota-se a existência de uma estrutura de vórtices bastante complexa, confinada junto ao corpo, onde predominam dois vórtices com sentido anti-horário. Nos resultados deste trabalho aparece claramente este comportamento, quando observa-se a Fig. (9) onde são mostrados os vetores velocidades. Esta estrutura é causada pelos efeitos cisalhantes que estão presentes na parte inferior e superior do corpo.

Ná Fig. (10), está mostrado um vórtice positivo de sentido horário que tem sua origem no canto superior do corpo. Segundo os resultados deste trabalho, esta estrutura acontece em ambas as laterais do corpo, e a sua origem é semelhante a da estrutura que fica confinada próxima ao corpo. O efeito cisalhante da lateral do corpo é a responsável por esta estrutura, como pode ser visualizado pelas linhas de corrente na Fig. (9). A Fig. (11) mostra o comportamento longitudinal da estrutura de vórtices e para o ângulo de inclinação escolhido. Não foram registradas as instabilidades oscilatórias provocadas pela separação da camada limite. Estas oscilações atuam em escoamentos onde o ângulo de inclinação é maior que  $28^\circ$ , segundo Hucho et al (1993), Fig (10) e  $25^\circ$  segundo Uruba et al (2009).

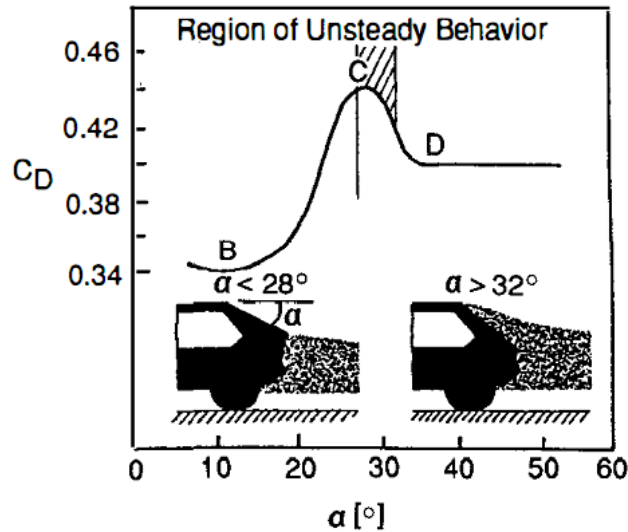


Figura 8. Comportamento do coeficiente de arraste com o ângulo de inclinação, (Hucho et al, 1993).

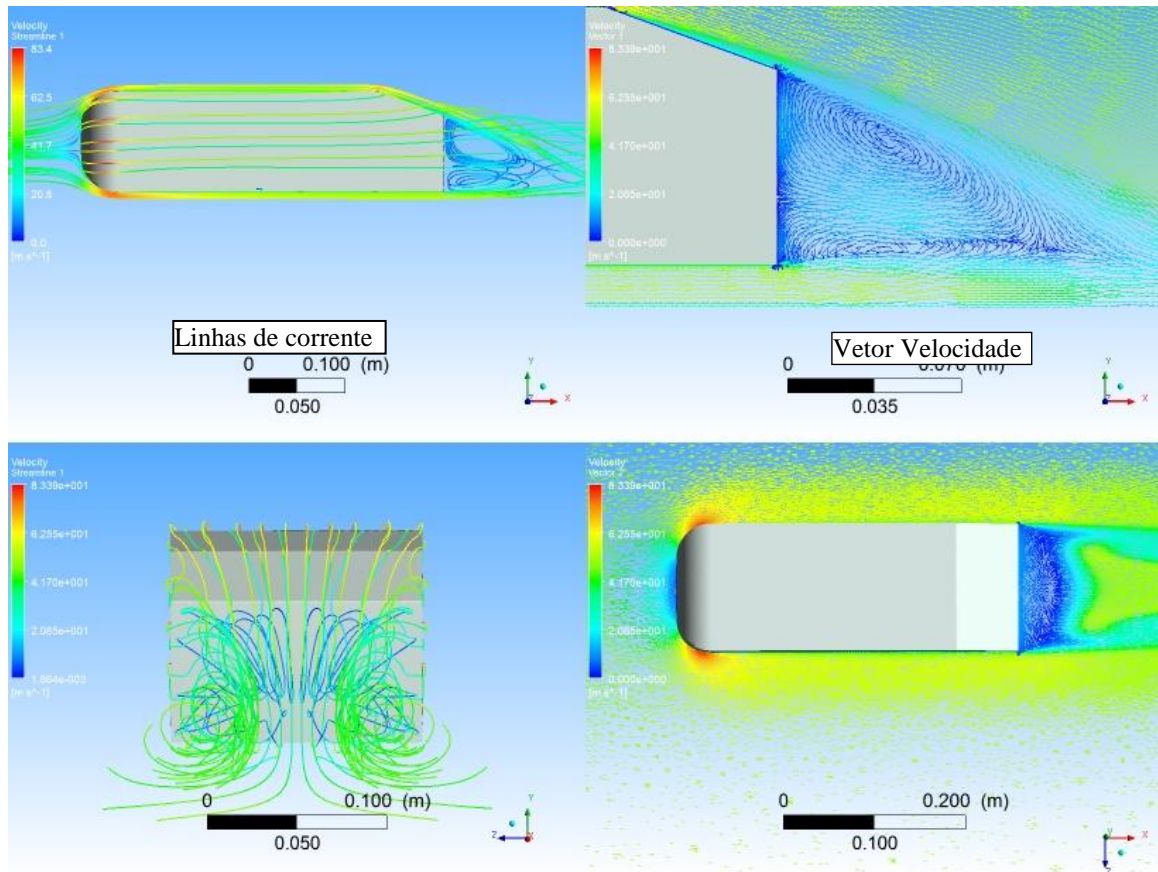


Figura 9. Linhas de corrente e campo de velocidade.

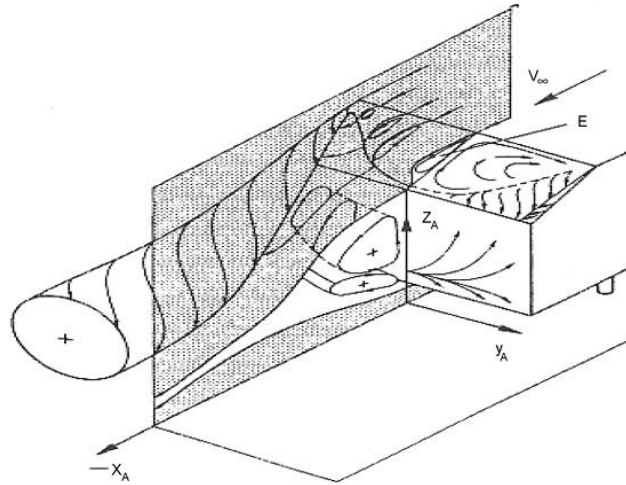


Figura 10. Estrutura de vórtices na parte posterior segundo (Ahemed et al, 1983).

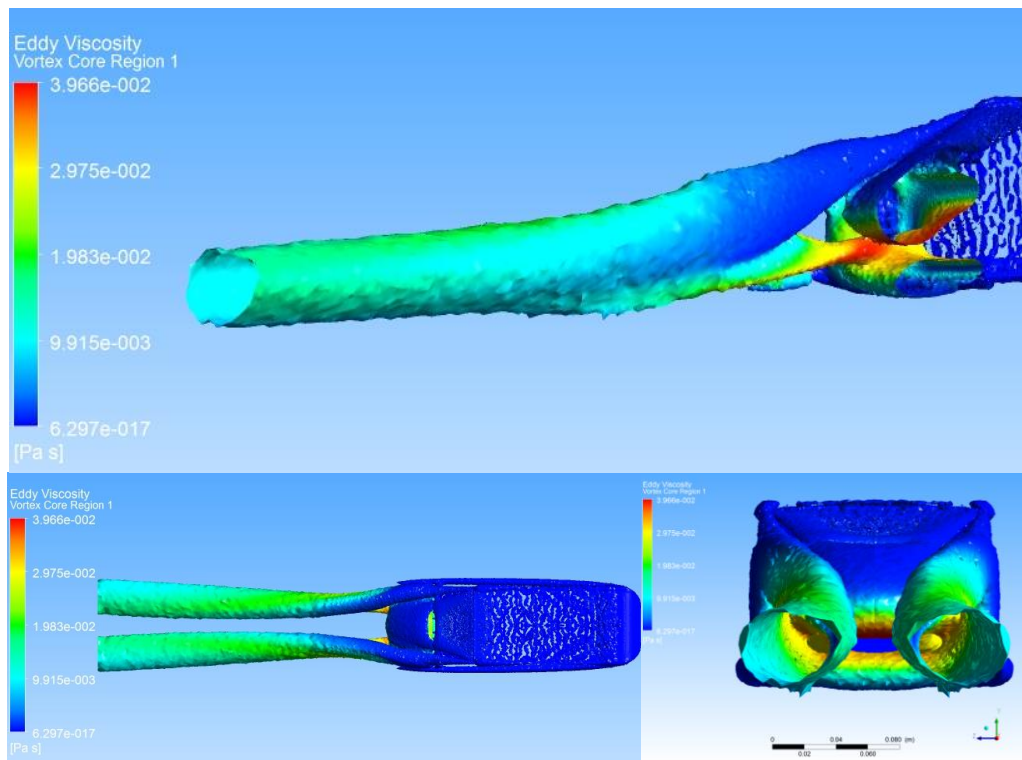


Figura 10. Esteira de vórtices utilizando o método swirling strength.

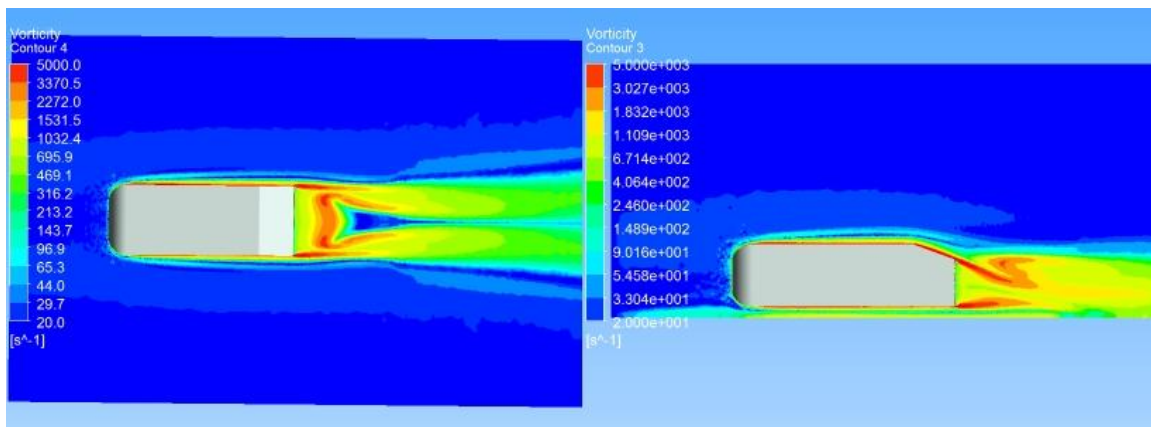


Figura 11. Vorticidade no escoamento simulado.



A Fig. (11) mostra a vorticidade do escoamento em dois planos, onde percebe-se que a estrutura de vórtices provocada pelo escoamento cisalhante que ocorre nas laterais se propaga para a jusante do corpo.

## 5. CONCLUSÕES

O coeficiente de arrasto obtido neste trabalho está de acordo com os valores experimentais de Ahmed et al (1984), que é um dos trabalhos de referência no estudo da aerodinâmica veicular. Obteve-se sucesso na determinação dos campos de velocidade, pressão e tensão de cisalhamento na parede. O comportamento das linhas de fluxo e emissão obtidas aqui condizem com o fenômeno real estudado em tuneis de vento. Os valores para os coeficientes de arraste foram obtidos, cujos valores são semelhantes aos encontrados por Ahmed et al (1984). A técnica de volumes finitos empregados na simulação numérica se mostrou eficiente para resolver o problema e acoplada ao modelo de turbulência  $\kappa-\omega$  SST obteve sucesso na reprodução do comportamento do fenômeno. Os resultados obtidos neste trabalho mostram que este foi um excelente teste, credenciando a equipe de trabalho a atacar problemas de maior envergadura, junto a indústria de ônibus e outros veículos rodoviários.

## 6. REFERÊNCIAS

- Aider, J.L., Beaudoin, J.F., and Wesfreid, J.E., 2009, "Drag and Lift Reduction of a 3D Bluff-Body Using Active Vortex Generations", *Experiment in Fluids*, DOI 10.1007/s00348-009-0770-y.
- Ahmed, S.R., Ramm, G., Faltin, G., 1984, "Some Salient Features of the Time-Averaged Ground Vehicle Wake", SAE Paper 840300.
- Beaudoin, J.F., Aider, J.L., 2008, "Drag and Lift Reduction of a 3D Bluff Body Using Flaps", *Experiment in Fluids*, Vol.44, pp. 491-501.
- Fletcher, C.A.J; Stewart, G.D.H., 1986, "Bus Drag Reduction by the Trapped Vortex Concept for a Single Bus and Two Buses in Tandem". *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. Vol.24, pp. 143-168.
- Gillespie, T.D., 1992, "Fundamentals of Vehicle Dynamics", SAE, USA, 510 p.
- Guilmineau E., 2008, "Computational Study of Flow Around a Simplified Car Body", *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, Vol.96, pp. 1207-1217.
- Hucho, W.H., 1987, "Aerodynamics of Road Vehicles", Butterworth, 576 p.
- Hucho, W.H., Sovran, G., 1993, "Aerodynamics of Road Vehicles", *Annual Review of Fluid Mechanics*, Vol.25, pp. 485-537.
- Korkischko, I., Meneghini, J.R., 2007, "Experimental Investigation and Numerical Simulation of the Flow Around an Automotive Model: Ahmed Body", 19th International Congress of Mechanical Engineering, Proceedings of COBEM2007, Brasília, Brasil.
- Mcdonald, A.T., Palmer, G.M., 1980, Aerodynamics Drag Reduction of Intercity Buses. SAE Paper, n°801404.
- Menter, F.R., Kuntz, M. and Langtry, R., 2003, "Ten Years of Industrial Experience with the SST Turbulence Model", Proceedings of the 4th International Symposium on Turbulence, Heat and Mass Transfer, pp. 625-632.
- Rouméas M., Gilliéron P., and Kourta A., 2009, "Drag Reduction by Flow Separation Control on a Car After Body", *Int. J. Numerical Methods in Fluids*, Vol.60, pp. 1222-1240
- Uruba V., Sedlák K., 2009, Flow Around Ahmed Body, *Colloquium Fluid Dynamics*, Institute of Thermomechanics, Prague, Czech Republic, pp11-12.
- Watkins, S., Vio, G., 2008, "The effect of Vehicle Spacing on the Aerodynamics of a Representative Car Shape", *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, Vol.96, pp.1232-1239.



**VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING**  
**18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil**  
**August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil**

## **NUMERICAL ANALYSIS OF FLOW ON A IDEALIZED ROAD VEHICLE, AHMED BODY**

**Sandi Itamar Schafer de Souza, sandi@ufrnet.br<sup>1</sup>**  
**Cristiano Vitorino da Silva, cristiano@uricer.edu.br<sup>2</sup>**  
**Gregori da Cruz Balestra, gregori.sb@hotmail.com<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande Norte – UFRN – Curso de Engenharia Mecânica - Caixa Postal 1524 - Campus Universitário Lagoa Nova - CEP 59072-970 Natal - RN – Brasil.

<sup>2</sup>Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Campus de Erechim, RS 331, nº425, Bairro Demoliner, Erechim, RS, CEP 99700-000, Brasil.

<sup>3</sup>Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica - CEP 88040-900 Florianópolis - SC – Brasil.

**Abstract:** *The use of numerical simulation to study the aerodynamics of road vehicles has contributed to the advance in their performance. The virtual environment has inherent flexibility, allowing make changes in the structure, making it possible to predict the behavior of the dynamic characteristics of the vehicle generating actions to maximize energy efficiency. So, this paper presents the efforts made to numerical simulation the flow on a road vehicle, using as an idealized physical model adopted by the automotive industry, the body of Ahmed. The technique of computational fluid dynamics (CFD) and the finite volume method was used for solving the governing differential equations. The commercial code ANSYS-CFX was used. As results was presented: the pressure and friction drag, pressure and velocity fields, velocity vectors, streamlines and vorticity, evaluations of the behavior of the boundary layer and its separation and recirculations. Comparisons with experimental solutions are also presented. The values for the drag coefficient obtained were close to the values obtained from experimental test..*

**Keywords:** *Ahmed body, vehicular aerodynamics, numerical simulation, CFD.*