

# **DESENVOLVIMENTO DE VISUALIZAÇÃO EM COMPUTAÇÃO CIENTÍFICA USANDO SOFTWARE *OPEN-SOURCE* APLICADO A MODELOS AERONAUTICOS.**

**Luciana Abdo Lins de Albuquerque<sup>1</sup>**

labdo@sc.usp.br

(16) 3306 8198

**João Marcelo Souza Pereira<sup>2</sup>**

jaomarc@yahoo.com

(16) 274 4485

**Michael George Maunsell<sup>3</sup>**

Mike@sc.usp.br

(16) 273 9419

**Resumo.** O aumento do poder computacional e consequente desenvolvimento das técnicas numéricas de simulação, aliados ao avanço tecnológico dos periféricos de medição, fizeram com que muitas áreas de pesquisa, passassem a necessitar de ferramentas gráficas e de auxilio computacional constante para apoiar o processo de interpretação das informações geradas. A aplicação de técnicas gráficas para ampliar a capacidade de interpretação de dados científicos tem sido denominada Visualização em Computação Científica (ViSC – *Visualization in Scientific Computing*). Modelos de pequenos aviões, construídos no laboratório, foram calculados em um software numérico de Método dos Painéis e submetidos a rotinas desenvolvidas em C++ as quais serviram de superfície para uma ferramenta do tipo biblioteca de baixo custo, muito utilizada nas Universidades do mundo todo, conhecida como VTK (Visualization Tool Kit), que possui elementos gráficos para a geração de visualizações de qualquer tipo de dados. Esses códigos em C++ são responsáveis pelos tipos de visualização gerados e principalmente por permitir o uso da ferramenta. As visualizações de distribuição de pressão e isolinhas nas superfícies dos modelos são de suma importância na identificação de problemas aerodinâmicos possibilitando correções e modificações antes mesmo de o modelo ser construído.

**Palavras-chave:** visualização; aeronaves; vtk.

## **1. INTRODUÇÃO.**

A Visualização Computacional definida como uma tradução de informações para um formato gráfico, é uma área que atualmente conta com uma grande contingência de pesquisadores do mundo todo. A razão para esse destaque e desenvolvimento é o desafio e a necessidade, uma vez que parece existir mais informação disponível para ser interpretada do que tempo hábil para fazê-lo. O aumento do poder computacional e consequente desenvolvimento das técnicas numéricas de simulação, aliados ao avanço tecnológico dos periféricos de medição, fizeram com que muitas áreas de pesquisa, passassem a necessitar de ferramentas gráficas e de auxilio computacional constante para apoiar o processo de interpretação das informações geradas. Recentemente a Visualização Computacional foi subdividida em Científica, de Informação e de Software. A Visualização

Científica trabalha com dados científicos de diversas áreas como a Medicina, a Meteorologia, Dinâmica e Mecânica de Fluidos, Estudos dos Solos e muitos outros exemplos. Enquanto que a de Informação trata de Base de Dados, Web, Carga em Redes, Relações Humanas, etc. E a de Software trata de Projetos, Depuração, Testes, etc.

No caso de simulações numéricas típicas, atualmente esses dados podem ser obtidos sobre uma quantidade de pontos da ordem de mais de um milhão (Delmarcelle, 1995). É evidente que a análise desses grandes conjuntos de dados vem exatamente de encontro às propostas da Visualização Científica (Brodie, 1992), ou seja, “tornar visível o invisível” de maneira a possibilitar o entendimento local ou global de um determinado fenômeno a partir de conjuntos de dados que o descrevam. A criação de mapeamentos/representações capazes de transmitir, dentro das limitações humanas, a maior quantidade de dados da melhor maneira possível é o objetivo principal da Visualização Científica.

## **2. INTRODUÇÃO À VISUALIZAÇÃO CIENTÍFICA COMPUTACIONAL.**

A Visualização Científica ou ViSC (Visualization in Scientific Computing) tem como objetivos estudar formas e algoritmos para mapear informações numéricas em representações gráficas, não se propondo a entender os dados por si só mas sim o fenômeno que os gerou. A Visualização Científica que tem como definição típica a seguinte citação: “Visualização é mais do que um método de computação. Visualização é o processo de transformar informação para uma forma visual, permitindo aos usuários observar a informação. A apresentação visual resultante permite ao cientista ou engenheiro perceber visualmente características que estão escondidas nos dados, mas que são necessárias para tarefas de exploração e análise”(Gershon, 1994).

Genericamente, a técnica de Visualização envolve vários passos: a construção de um modelo empírico a partir dos dados; a seleção de algum mecanismo de mapeamento do modelo em um objeto de visualização abstrato, como uma imagem ou um mapa de contornos; e a renderização da imagem no dispositivo de exibição gráfico.

Em ViSC, os dados podem estar definidos sobre domínios bidimensionais (2D), tridimensionais (3D) e, genericamente, multidimensionais. Em geral estão organizados em uma malha, mas podem se constituir de uma nuvem de pontos esparsos. As informações associadas a cada ponto podem ser um ou mais valores escalares, e os dados podem ser invariantes ou variantes no tempo. Os dados em si podem ser de natureza escalar (temperatura, pressão, umidade, etc), vetorial (velocidade, campo elétrico, etc.) ou tensoriais. No caso de dados vetoriais, uma técnica natural de Visualização Científica é a utilização de glyphs, ou seja, segmentos de retas orientados para representar visualmente cada vetor. Outro exemplo de técnica para visualização de dados vetoriais é a de streamlines, construídas escolhendo-se um ponto inicial de onde partem os segmentos de reta que descrevem de forma aproximada a trajetória de partículas no fluxo (Helman, 1991).

Para aplicações aeroespaciais, existe uma defasagem considerável entre a criação de novas técnicas de visualização úteis e sua utilização em pesquisa na área (Martins, 1997). Técnicas mais antigas, tais como glyphs de vetores e linhas e/ou superfícies de contorno, ainda predominam nos trabalhos de visualização de fluidos com aplicações aerodinâmicas. Em muitos casos, a aplicação simultânea de técnicas mais modernas poderia trazer uma maior percepção e interação dos dados a serem analisados.

## **3. VTK – VISUALIZATION TOOL KIT**

O VTK consiste em uma biblioteca de algoritmos e estruturas de dados para visualização compatível com plataformas UNIX, Windows NT e Windows. O VTK foi desenvolvido em C++ segundo a metodologia de orientação a objetos e é extensível, permitindo: o desenvolvimento de novas aplicações com uma interface gráfica própria; alteração das técnicas já implementadas; e, a inclusão de novas técnicas de visualização, pois o código fonte está disponível. Embora a definição

de open source, como é chamado, seja discutível, a premissa básica é que o código fonte é livremente disponível, criando maiores oportunidades no processo de desenvolvimento de softwares (Schroeder, 2000).

Os métodos implementados no VTK abrangem um conjunto relativamente grande de técnicas de visualização, e não são voltados para nenhum domínio de aplicação específico, pois, um dos objetivos dos desenvolvedores é manter a generalidade do sistema (Schroeder, 1998).

O VTK oferece uma biblioteca de rotinas que executam funções gráficas 3D e de visualização. O ambiente, como já foi dito, foi projetado segundo a metodologia orientada a objetos, podendo ser programado em C++ e Tcl/Tk. Uma camada de código cria uma interface entre as funções do VTK e, no caso deste trabalho, C++. Dessa forma, todas as funções do VTK estão disponíveis (Kitware VTK Producer, 2002).

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Considerações sobre a simulação numérica

Os dados de entrada para as rotinas de visualização são obtidos através de um software de simulação numérica desenvolvido em laboratório, devidamente validado e defendido em dissertação de mestrado (Martins, 1997), que utiliza Método de Painéis nos cálculos de simulação. Esses métodos, embora ainda submetidos a hipóteses restritivas, aumentaram a generalidade das aplicações e a complementação dos métodos experimentais. O Método dos Painéis possui a capacidade de prever velocidades e forças atuantes sobre corpos de geometria qualquer, imersos em escoamentos ideais (invíscidos e incompressíveis). Mesmo com o surgimento de métodos mais avançados, com hipóteses mais abrangentes, o baixo custo, a flexibilidade e a exatidão relativa dos métodos dos painéis os tornam a escolha mais adequada para muitas aplicações aeronáuticas, sob escoamentos subsônicos e subcríticos.

### 4.2 Visualização

O tipo de visualização que atende os principais requisitos para o caso de pequenos modelos aeronáuticos consiste em visualizar o campo escalar na superfície. Para o desenvolvimento desta visualização foram adotadas duas técnicas consagradas:

- Mapeamento por cor na superfície modelada por polígonos;
- Linhas de contorno de pressão constante na superfície modelada por polígonos.

As duas técnicas acima foram implementadas num script em C++ para o VTK 3.1. Um objeto vtkPolyDataReader lê um arquivo texto ASCII em formato padrão VTK contendo o conjunto de dados com os pontos-amostra da superfície a ser visualizada, assim como a topologia da superfície poligonal que será formada entre estes pontos e o valor escalar associado a cada um. Em seguida, parâmetros são definidos para um filtro de linhas de contorno vtkContourFilter, que processa os escalares gerando os contornos para constantes pré-definidas. Os parâmetros são definidos para uma tabela de mapeamento de valores escalares para tons de cores, representada por um objeto vtkLookupTable. Finalmente, a superfície é renderizada com as cores atribuídas pela tabela e com as linhas de contorno geradas.

Além dos objetos descritos acima podemos destacar o uso do objeto vtkScalarBarActor que desempenha o papel de legenda a partir da leitura dos dados contidos na tabela de cores. O uso do objeto facilita a compreensão da associação de cores ao valor numérico (valor de Cp) correspondente.

A gama de variação de cores no mapa apresentado foi estabelecida sobre o espectro, variando do azul para as pressões mais baixas ao vermelho para as pressões mais altas.

#### 4.3. Arapuca

A aeronave Arapuca (Fig.1) foi desenvolvida e construída pela equipe Aerodesign da EESC – USP para a competição SAE Brasil Aerodesing 2002, possuindo como principal característica de projeto, alta sustentação a baixas velocidades (por volta de Mach 0.055), uma vez que o propósito era construir uma aeronave cargueira com características não convencionais.

O protótipo Arapuca tem asas dispostas em tandem sendo que a asa dianteira não possui diedro nem enflechamento, o perfil utilizado para esta foi o Selig 1223 e sua corda mede 220mm, enquanto que a asa traseira possui diedro e enflechamento positivos, o perfil é o Clark-y e sua corda mede 155mm. A asa traseira ainda possui winglets com superfícies de comando para o controle direcional e ailerons para o controle de rolagem. O controle de arfagem é feito pela asa dianteira e esta configuração exclui a necessidade de empenagem. Além disso, cabe colocar que as asas não possuem nenhuma torção e as seções dos aerofólios têm suas cordas enfileiradas sendo o valor de  $\alpha$  (ângulo de ataque) igual para ambos, ou seja, o ângulo das linhas de corda de ambos, referente à direção de vôo. Lembrando que o efeito de “downwash” da asa dianteira, ou seja, a tendência do escoamento saindo da asa possui um componente vertical descendente que faz com que a asa traseira de fato possua um ângulo de incidência menor, sendo que o ângulo de incidência é aquele entre a nova direção geral do escoamento e a linha de corda local da asa. Assim  $\alpha$  possui um único valor. As asas de um lado da aeronave foram simuladas a um Mach de 0.055, o que equivale à velocidade média de vôo da aeronave, e variando  $\alpha$  em 0 e 5 graus. Em seguida submetidas à rotina de visualização, como apresentam as Fig. (2) e Fig. (3) abaixo. As setas em vermelho ilustram a direção e o sentido do escoamento, de forma aproximada, apenas para deixar claro a posição das asas.

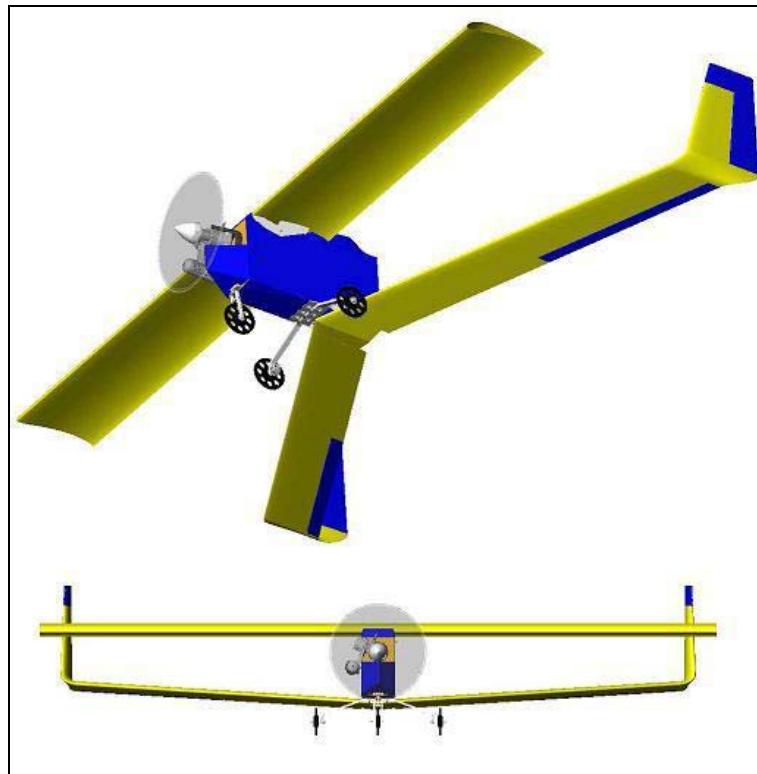


FIGURA 1. – Desenho Esquemático da Aeronave Arapuca.

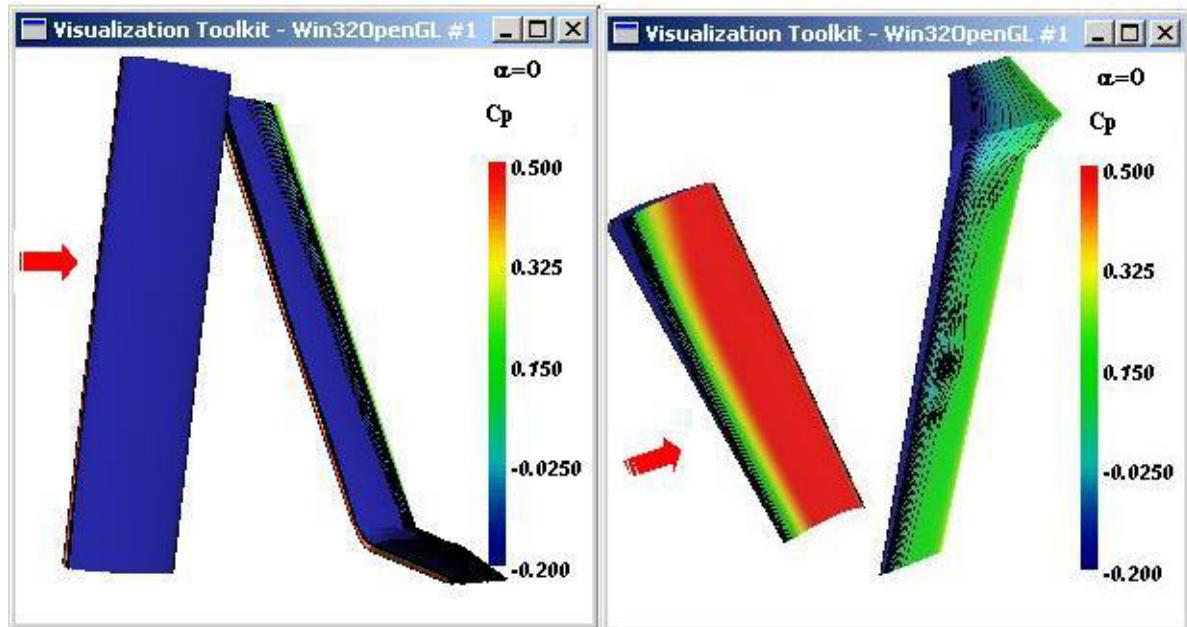


FIGURA 2. – Distribuição de Cp sobre as asas da Aeronave Arapuca para  $\alpha=0$  (à esquerda extradorso e à direita intradorso).

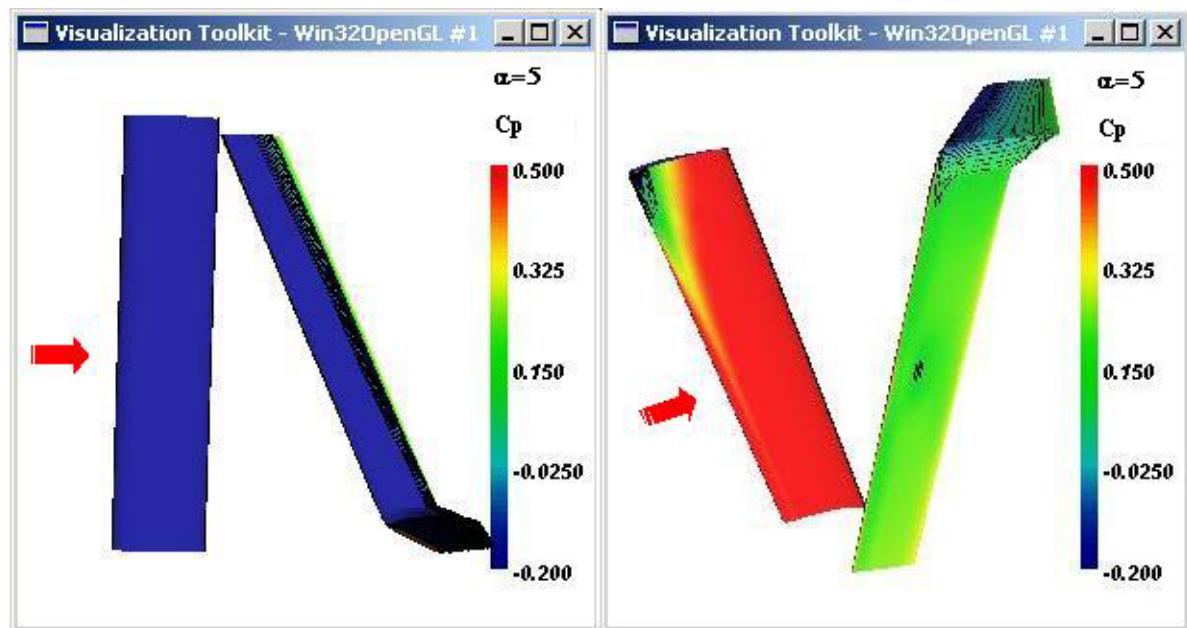


FIGURA 3. – Distribuição de Cp sobre as asas da Aeronave Arapuca para  $\alpha=5$  (À esquerda extradorso e à direita intradorso).

#### 4.4. Seneca.

A segunda visualização a ser apresentada é baseada em um modelo em corte derivado do Piper/Embraer Seneca III para testes em túnel de vento Fig.(4). A simulação foi feita apenas na asa com a configuração do aerofólio NACA 652-215 original sem a nacelle e sem o aumento de corda junto à fuselagem (ou raiz), como aparecem na Fig.(4). As condições de simulação numérica e de visualização são as mesmas do modelo anterior com exceção do numero de Mach que foi de 0.034 que equivale às condições de vôo para este modelo no túnel de vento.

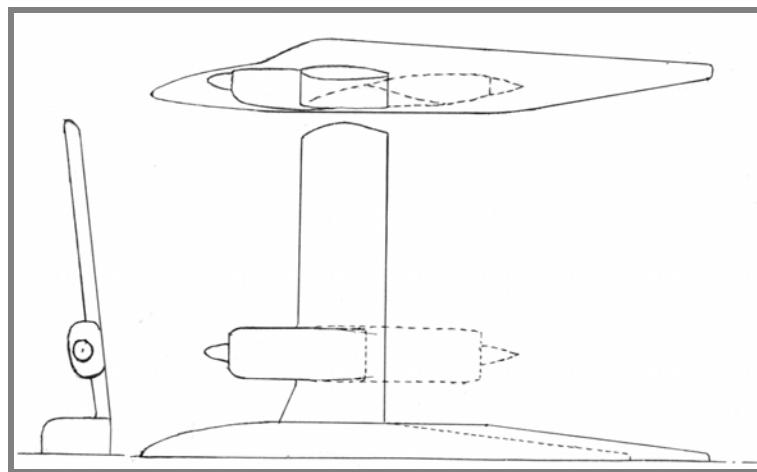


FIGURA 4. – Desenho Esquemático do meio-modelo Seneca.

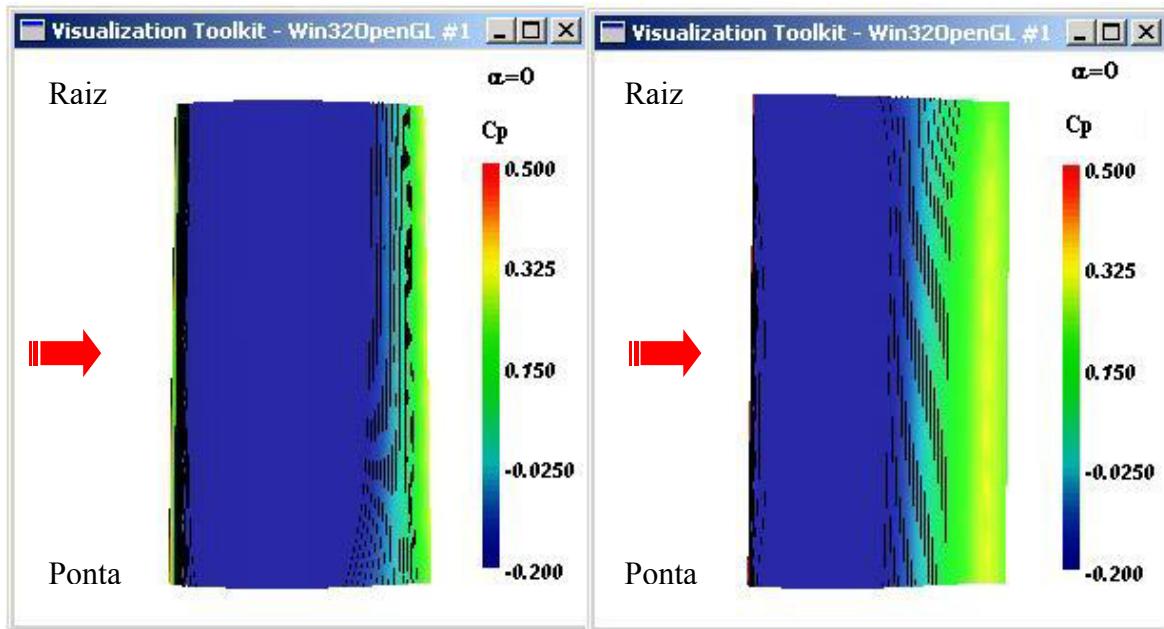


FIGURA 5. – Asa do modelo com  $\alpha=0$  (à esquerda extradorso e à direita intradorso).

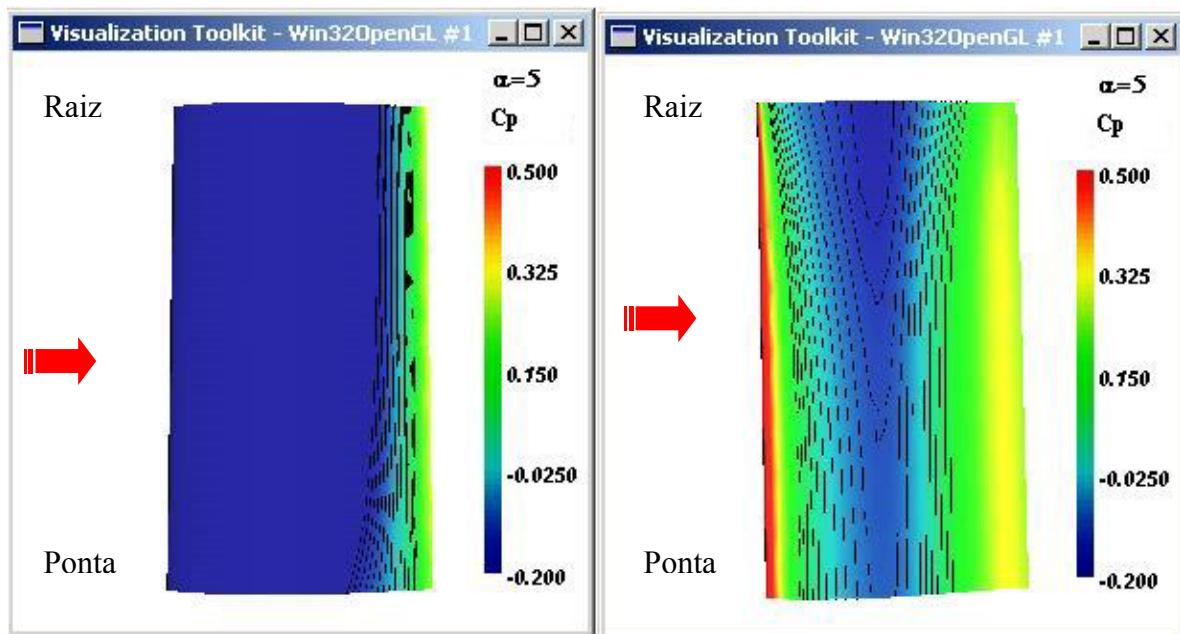


FIGURA 6. – Asa do modelo com  $\alpha=5$  (À esquerda extradorso e à direita intradorso)

#### 4.5. Análise dos Resultados

As rotinas de visualização podem ser incrementadas, com um refinamento na tabela de cores, para uma melhor observação dos resultados do extradorso compreendidos na cor azul. Estes dados possuem uma variação um pouco mais minuciosa que não pode ser vista no modelo atual.

As figuras ilustram os efeitos do escoamento na superfície das asas. Mais especificamente o  $C_p$  (coeficiente de pressão) sendo um valor adimensional, equivalente ou proporcional aos valores de pressão estática.

Deve-se lembrar que a simulação em questão foi realizada em método dos painéis, um método potencial, ou seja, livre de efeitos viscosos. Isto ocasiona perda de eficiência do método para altos ângulos de ataque uma vez que nestas condições existem efeitos viscosos iminentes.

Entretanto, os resultados são bastante úteis, em sua maioria, na identificação e análise de fenômenos e efeitos aerodinâmicos já citados, principalmente no intradorso onde a distribuição de cores é mais favorável à observação até mesmo dos efeitos que a fuselagem provoca no escoamento sobre a superfície da asa.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

- Brodlie, K. W.; Carpenter, L. A.; Earnshaw, R. A.; Gallop, J. R.; Hubbold, R. J.; Munford, A. M.; Osland, C. D.; Quarendon, P. (Editors), 1992, “Science Visualization: Techniques and Applications”, Ed. Springer Verlag.
- Delmarcelle, T.; Hesselink, L. (Editor: Gallagher, R. S.), 1995, “A Unified Framework for Flow Visualization”, Computer Visualization : Graphics techniques for Scientific and Engineering Analysis, CRC Press, Cap 5, pp. 129-170.
- Gershon, N., 1994, “From Perception to Visualization”, in Rosemblum, L. et al. (eds.) - Scientific Visualization, Advances and Challenges, Academic Press.
- Helman, J.L.; Hesselink, L., 1991, “Visualizing Vector Field Topology in Fluid Flows”, IEEE Computer Graphics and Applications, vol. 11, n. 3, pp. 36-46.
- Kitware VTK Producer, 2002, <<http://public.kitware.com/VTK/>> Acesso em: 12. Nov. 2002.
- Martins, A. L., 1997, “Estudo de Revisão, Implementação e Aplicação de Método de Painéis em Aerodinâmica.”, TESE, USP – São Carlos.

Martins, A. L.; Oliveira, M. C. F.; Minghim, R., 1997, “Visualização Científica em Mecânica dos Fluídos”, Notas do ICMC - Instituto de Ciências Matemáticas e Computação n.34 – São Carlos, Universidade de São Paulo.

Schroeder, W. J.; Avila, L. S.; Hoffman, W., 2000, “Visualizing with VTK: A Tutorial”, IEEE Computer Graphics and Applications, sep-out.

Schroeder, W.; Martin, K.; Lorensen, B., 1998, “The Visualization Toolkit – an object-oriented approach to 3D graphics”, Prentice Hall.

# **Development of Visualization in Scientific Computing using open-source software to Aircrafts Models.**

**Luciana Abdo Lins de Albuquerque<sup>1</sup>**

labdo@sc.usp.br

(16) 3306 8198

**João Marcelo Souza Pereira<sup>2</sup>**

jaomarc@yahoo.com

(16) 274 4485

**Michael George Maunsell<sup>3</sup>**

Mike@sc.usp.br

(16) 273 9419

**Abstract.** The increase of computational power and the technical development of numerical simulation are responsible for the creation of many new areas that use graphics tools and computational aid for the interpretation of the information generated. The application of graphics techniques to increase the capability of scientific interpretation is called ViSC or Visualization in Scientific Computation. Laboratory built freeflight and wind tunnel models were calculate using numerical software and submitted to routines developed in C++ language which produced various types of visualization while using VTK. Visualization of pressure distributions and streamlines on the model surfaces are important for identification of aerodynamic problems and making corrections and modifications possible before the construction of the physical model.

**Keywords.** visualization, aircrafts, vtk.