



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

ANÁLISE DO ESCOAMENTO DO AR EM CABINE DE AERONAVE

Fernando Stancato, fernando.stancato@embraer.com.br¹

Danilo de Moura, kenobidan@yahoo.com.br²

Arlindo Tribess, atribess@usp.br²

¹EMBRAER, Av. Brigadeiro Faria Lima, 2170, São José dos Campos, SP, CEP 12227-901

²Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da USP - Av. Prof. Mello Moraes, 2231. 050508-900 - Cidade Universitária, São Paulo, SP.

³Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da USP - Av. Prof. Mello Moraes, 2231. 050508-900 - Cidade Universitária, São Paulo, SP.

Resumo: *Uma das maiores dificuldades que enfrentam os engenheiros responsáveis pelo conforto aeronáutico é proporcionar um bom nível de conforto térmico nas aeronaves. O espaço restrito entre os ocupantes, a pequena distância entre as fileiras de bancos, a grande variação de fontes térmicas e os campos de velocidade e temperatura de ar assimétricos, são alguns dos obstáculos que prejudicam as condições térmicas. Estes fatos têm levado a uma série de iniciativas em centros de pesquisa internacionais e no Brasil para melhor caracterizar a complexidade desse ambiente térmico e melhorar as condições de conforto térmico. No presente trabalho foram realizadas simulações numéricas (CFD), medições de temperaturas e velocidades do ar, e ensaios com fumaça em seção de cabine de aeronave de 12 passageiros. Os ensaios foram realizados em laboratório dotado de sistema de climatização e de distribuição de ar que permitem reproduzir condições típicas de escoamento do ar em cabine de aeronave. Para simular a presença e a troca de calor devido às pessoas foram utilizados manequins com fontes de calor, especialmente desenvolvidos para este fim. As simulações numéricas foram realizadas utilizando programa computacional comercial Fluent. Da análise dos resultados, verificou-se a complexidade do escoamento do ar na cabine da aeronave, com áreas de recirculação e velocidades muito baixas, e uma boa correlação entre os valores numéricos e experimentais.*

Palavras-chave: *ar condicionado, aeronaves, cabines, CFD, medições experimentais.*

1. INTRODUÇÃO

É possível notar, atualmente, uma crescente preocupação da indústria aeronáutica, de órgãos governamentais e não-governamentais e, principalmente, dos passageiros, com o conforto e bem-estar em aeronaves. Na aviação comercial, fabricantes de grandes aviões têm chamado a atenção para as iniciativas relativas ao conforto dos passageiros (Forbes, 2006). Esta questão também ganhou espaço na mídia nacional e levou a agência reguladora a fazer exigências semelhantes das companhias aéreas que operam no Brasil (Globo, 2007). Os passageiros esperam um nível de conforto satisfatório, principalmente em viagens longas. As companhias aéreas nacionais, motivadas por tais exigências, ficaram mais sensíveis à questão do bem-estar interno da aeronave. Em nível internacional, as empresas têm encontrado, nesta expectativa, uma oportunidade de aumentarem as suas vendas. As grandes companhias pressionam os fabricantes de aeronaves para que assegurem aos passageiros níveis de conforto térmico superior. Para atender a essas solicitações, os fabricantes têm incorporado soluções sofisticadas, como pisos e interiores aquecidos.

Na aviação executiva, este item ganha importância especial. Geralmente, o comprador desse tipo de avião é o próprio usuário, e os níveis de conforto exigidos são bastante elevados, devido ao alto padrão de vida destes clientes. Assim, estas exigências, muitas vezes, orientam a opção de compra. Itens como design, baixo nível de ruído, controle de temperatura do ar, adequada umidificação do ambiente, ausência de correntes de ar e estratificação de temperaturas são mais relevantes do que baixo consumo de combustível e grande autonomia de voo. Este cliente espera usufruir o mesmo nível de conforto que tem em sua casa ou automóvel.

Uma das áreas de conforto que tem recebido maior atenção é o conforto térmico e a caracterização do ambiente térmico em aeronaves. Esta atenção é devida a limitações especiais dos sistemas de climatização e das características do ambiente térmico de uma cabine de aeronave. Tradicionalmente os sistemas apresentam baixas vazões para não se comprometer o desempenho dos motores, que comprimem o ar a ser inserido na cabine. Isto causa grandes diferenças de temperatura entre o ar da cabine e o ar insuflado. O pouco espaço para se colocar os difusores de ar impede uma boa distribuição para os passageiros. O retorno do ar localizado próximo aos pés cria desconforto nesta região.

As variações das condições térmicas externas também criam ambientes térmicos internos complexos e assimétricos. A temperatura de fuselagem pode ir de 80 °C em solo à - 40 °C em menos de uma hora. Em voo, temperaturas frias dos acabamentos juntos à fuselagem podem criar assimetrias térmicas para os passageiros. Em função destas mudanças bruscas de carga térmica, o sistema de climatização do avião pode mudar de uma situação de alta refrigeração a uma situação de aquecimento. Assim, gradientes de temperatura de ar na cabine são facilmente observáveis. Em função destas grandes diferenças térmicas, correntes de ar localizadas são geradas próximas a superfícies pouco isoladas como portas de serviço, de passageiros e de emergência.

Na aviação comercial este complexo ambiente se intensifica em função da alta densidade de ocupação com pouco espaço entre as poltronas e espaço tomado por grandes bagageiros na parte superior da cabine. As limitações de adaptação dos passageiros a este complexo ambiente térmico causam uma dificuldade ainda maior para se atingir o conforto como o acesso limitado à mudança da vestimenta e controle das variáveis térmicas do ambiente.

Estes fatos têm levado a uma série de iniciativas, tanto de associações de engenheiros, quanto dos órgãos de fomento que, por meio de pesquisas e avaliações, têm procurado entender e caracterizar a complexidade do ambiente térmico. Vários centros de pesquisa têm se dedicado à análise numérica e experimental do ambiente térmico de aeronaves.

Na Europa o ICIEE, *Internacional Centre for Indoor Environment and Energy*, da Dinamarca, tem se destacado por estudos experimentais em *mock-up* com 21 assentos com simulação de paredes “realisticamente” frias e capacidade de simulação de umidades baixas. Verificam que passageiros podem estar submetidos a grandes assimetrias térmicas. Avaliações experimentais do ambiente térmico em voo real são muito caras. Por isso não são comuns de serem realizadas e poucos são os artigos publicados. Em um artigo de 2004 é apresentado estudo comparativo entre medições realizadas em voo cruzeiro e resultados de simulação (CFD) em aeronave com sete poltronas por fileira, sem passageiros a bordo (Loomans et al., 2004). Também é verificada grande assimetria de temperaturas de ar em diversas posições na cabine.

Nos EUA os trabalhos experimentais se concentram em duas universidades americanas: Universidade de Urbana-Champaign e da Universidade de Purdue. Ambas possuem um *mock-up* com 4 fileiras de assentos.

No Brasil a questão do conforto térmico em aeronaves também tem merecido atenção da indústria aeronáutica, universidades e órgãos de fomento. Um trabalho pioneiro foi realizado por pesquisadores da EMBRAER e da Universidade de São Paulo, com a participação do presente autor. Nesse trabalho o foco foi a simulação numérica das condições ambientais no interior da cabine e o desenvolvimento de uma ferramenta computacional de avaliação de condições de conforto térmico utilizando dinâmica dos fluidos computacional (CFD). O presente trabalho é uma continuidade daquele trabalho. O objetivo é avaliar o escoamento em uma seção de um *mock-up* de 12 passageiros, numérica e experimentalmente.

2. AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DO AMBIENTE TÉRMICO EM AERONAVE

Neste item são apresentados os procedimentos e equipamentos utilizados na avaliação experimental do ambiente térmico de cabine de aeronave. Os levantamentos experimentais foram realizados em *mock-up* de 12 lugares, utilizando 12 manequins aquecidos, simulando as pessoas.

Resultados de temperaturas e velocidades do ar serão utilizados na comparação com resultados de simulação computacional do escoamento na cabine. Neste item são apresentados os aparatos e acessórios utilizados nas avaliações experimentais.

2.1. Equipamentos

2.1.1 *Mock-up*

Para a realização dos ensaios foi utilizado um *mock-up*, com dimensões de 3 x 3 x 2,5m de altura, que reproduz a seção de cabine de uma aeronave comercial (aviação regional), com três assentos duplos em ambos os lados (Figs 1 e 2). O insuflamento do ar é realizado pela parte superior e lateral dos *bins* (maleiros) e o retorno se dá pela parte inferior lateral (Figs. 3 e 4), com possibilidade de insuflamento pelo piso (Moura, 2009).

Conforme apresentado na figura 3, o *mock-up* possui seis entradas de ar sobre o *bin*, três de cada lado. As entradas têm dimensões iguais (740 mm por 40 mm) e estão igualmente espaçadas na cabine com simetria do lado esquerdo e direito. Possui também aberturas laterais no *bin*, próximo à parede, para insuflamento para os passageiros junto à fuselagem; que permaneceram fechadas nas avaliações realizadas no presente trabalho. O ar chega ao *mock-up* através de dutos pelo sistema de insuflamento pelo teto existente no laboratório (Fig. 5) e um sistema de controle automatizado controla a temperatura de insuflamento para se atingir temperaturas constantes no *mock-up*.

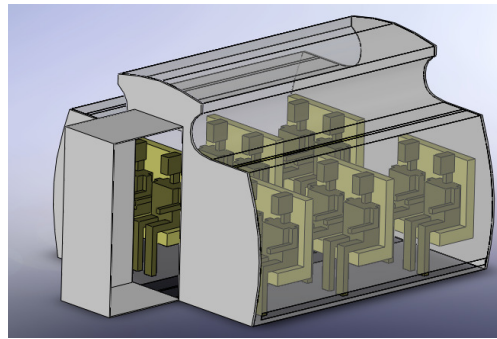


Figura 1 Vista esquemática do interior do *mock-up* (Moura, 2009; Stancato, 2009)



Figura 2 Vista interna do *mock-up* (Moura, 2009; Stancato, 2009)



Figura 3 Detalhes do *bin* e de entradas de ar do *mock-up* - três em cada lado. (Moura, 2009; Stancato, 2009)



Figura 4 Detalhes do retorno do ar (Moura, 2009; Stancato, 2009)

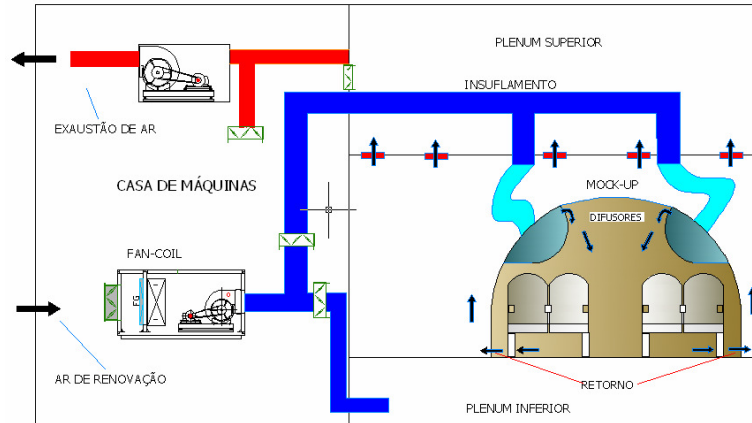


Figura 5 Fluxograma do ar da cabine do *mock-up* (Moura, 2009; Stancato, 2009)

2.1.2 Simuladores térmicos

A simulação da dissipação térmica das pessoas para as avaliações experimentais foi realizada por meio de simuladores térmicos (manequins aquecidos). Os simuladores apresentam melhorias com relação aos relatados na literatura (Strøm-Tejsen et al., 2007; Zhang et al., 2007).

Os simuladores utilizados no presente trabalho (Fig. 6) são constituídos por cabeça, tronco, pernas e pés. A cabeça é cilíndrica e o tronco elipsoidal. As pernas e pés são tubulares. Ventiladores fazem com que o ar aquecido por uma resistência elétrica circule pelas pernas/pés, tronco e cabeça, mantendo a superfície do manequim com temperaturas relativamente uniformes. A potência térmica da resistência elétrica dissipada é controlada por pulsos de tensão. Os manequins são ligados em série por um cabo elétrico que sai de uma caixa controladora. Um software que roda em um computador informa a esta caixa controladora a potência térmica dissipada por cada simulador. Um led na cabeça do simulador informa se os ventiladores estão em funcionamento.

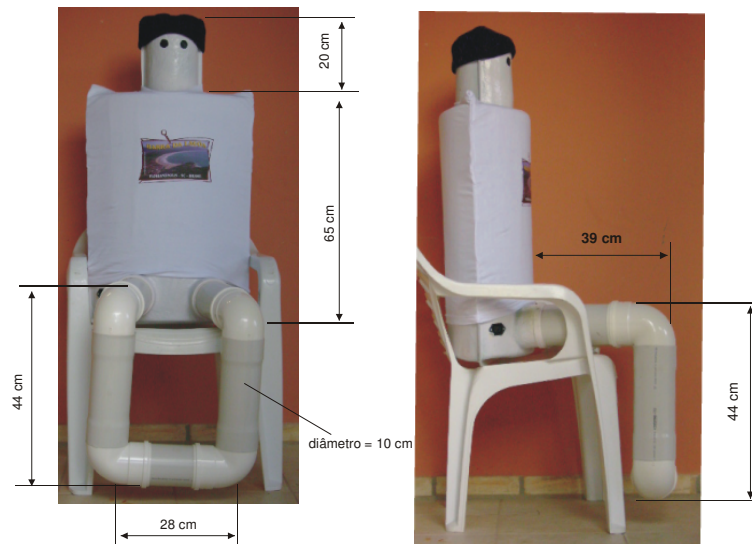


Figura 6 Vistas, com dimensões, dos manequins aquecidos (Moura, 2009; Stancato, 2009)

2.2. Medição de velocidade e temperatura do ar

Para as medições de velocidade e temperatura de ar foi utilizado anemômetro unidirecional de fio quente. O anemômetro possui resolução de 0,01 m/s e 0,1 °C.

2.3. Medição de temperaturas superficiais

Nas medições de temperaturas superficiais foi utilizado um termômetro de radiação infravermelho, que possui uma resolução de 0,2 °C a 275 °C, com precisão de +/- 0,1 °C.

2.4. Medição dos campos de temperatura e velocidade de ar

O objetivo deste item é mostrar como foram feitas as medições das velocidades e temperaturas de uma seção do *mock-up* para posterior comparação com resultados de simulação computacional descritas no item 3.

2.5. Condições de ensaio

Foi simulada condição de vôo climatizando o laboratório, onde está o *mock-up*, a 18 °C. Isto foi conseguido através do uso de um aparelho do tipo *split* que existe na sala. A situação com ocupação foi conseguida colocando-se 12 simuladores ocupando os assentos. O sistema de climatização do *mock-up* foi regulado para uma temperatura de 20 °C. Isto foi feito para se obter o máximo de estabilização das temperaturas de insuflamento (máxima capacidade de refrigeração do sistema) e temperaturas de insuflamento mínimas.

2.6. Variáveis medidas

2.6.1 Temperaturas e velocidades de ar e temperaturas superficiais.

Temperaturas e velocidades horizontais e verticais do ar foram medidas em um plano vertical na segunda fileira dos bancos (Figs. 7 e 8). As medições de velocidades e temperaturas do ar foram feitas com um anemômetro de fio quente unidirecional. As velocidades foram lidas após estabilização do sistema, que ocorria depois de alguns poucos segundos. As leituras apresentaram uma variação para mais e para menos em torno 0,03 m/s. Foram anotados os valores médios.

Foram medidas as velocidades e temperaturas em 8 pontos de cada entrada de ar e calculadas as médias. Foram feitas 3 medidas de temperatura superficial: no teto, lateral esquerda e direita, piso e *bins* nas seções mediana dos bancos, e calculada a média de cada superfície. Foi também medida a temperatura superficial de cada manequim nas pernas, peito e cabeça e calculada uma temperatura média de todos os manequins.

3. AVALIAÇÃO NUMÉRICA DO AMBIENTE TÉRMICO EM AERONAVE

3.1. Geometrias, malhas e condições de contorno para cabine

3.1.1 Geometrias e malhas

Na Figura 9 é apresentada a geometria da cabine com ocupação. Os detalhes das malhas são apresentados na Figura 10. Procurou-se gerar uma geometria (Fig. 9) a mais fiel possível ao *mock-up* experimental, com as simplificações devidas. Não se modelou os pés dos bancos por simplificação da geometria e pelo possível baixo impacto no escoamento na parte de baixo dos bancos. As entradas de ar (Fig. 9) foram simuladas somente como uma entrada retangular, o que é muito próximo à realidade.

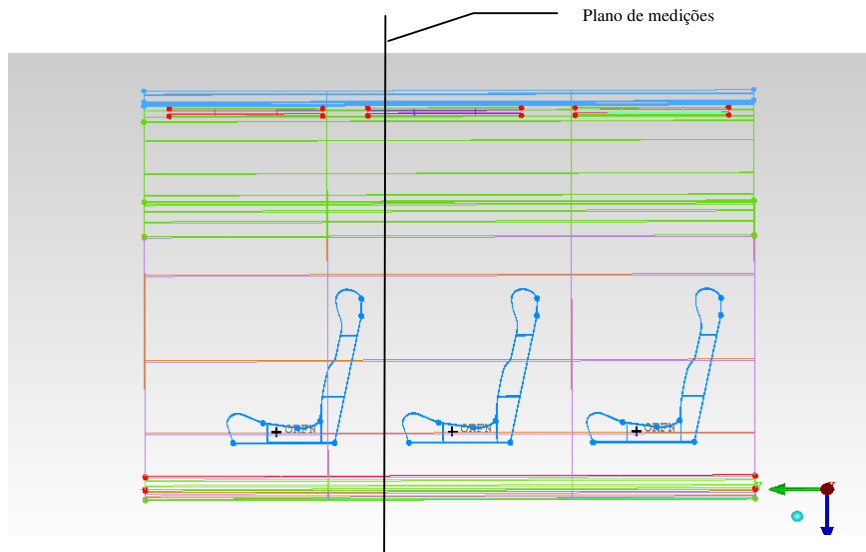


Figura 7 Plano de medições das velocidades e temperaturas do ar.

Foi construída uma malha de 1,5 milhão de elementos tetraédricos (Fig. 10) para a cabine com ocupação. Todos os elementos tiveram uma qualidade maior que 0,4. As entradas de ar foram discretizadas com elementos triangulares com arestas médias de 8 mm possuindo assim pelo menos 5 elementos na dimensão vertical das saídas de ar. As saídas de ar

foram modeladas com elementos triangulares com tamanho médio de 24 mm, resultando com pelo menos 5 elementos na altura da saída. Nesta malha foram gerados elementos volumétricos nos bancos para se simular a condução de calor pela espuma. Todos os elementos tiveram uma qualidade maior que 0,3. A região entre o teto e o início do *bin* foi discretizada com elementos com tamanho médio de 32 mm.

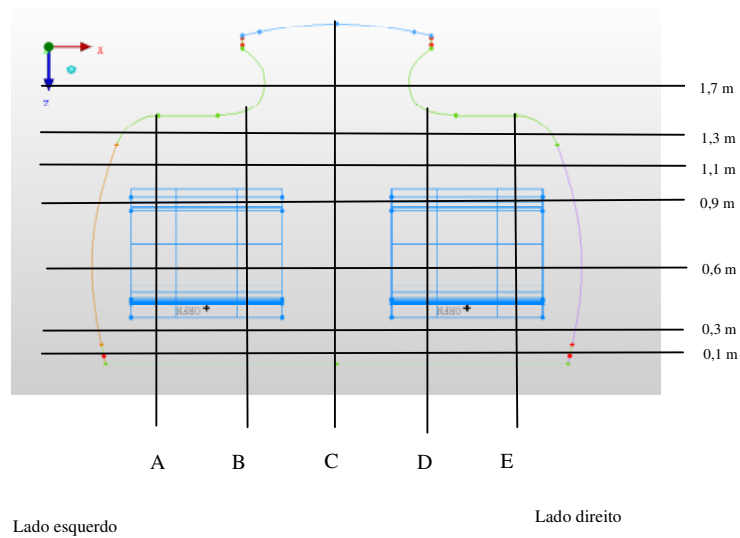


Figura 8 Posições de medições no plano vertical.

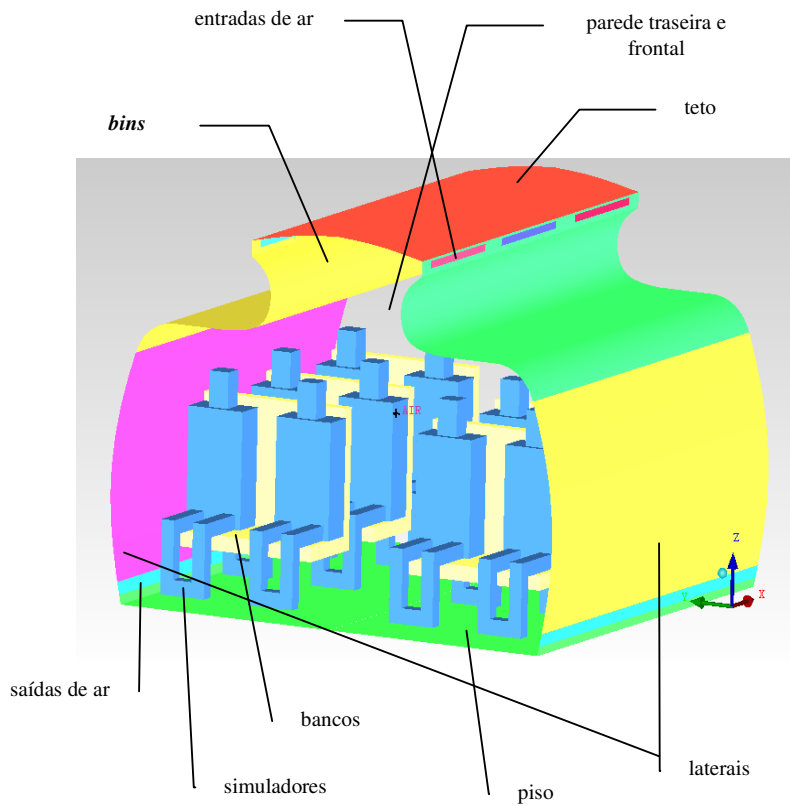


Figura 9 Geometria e superfícies da cabine virtual com simuladores térmicos

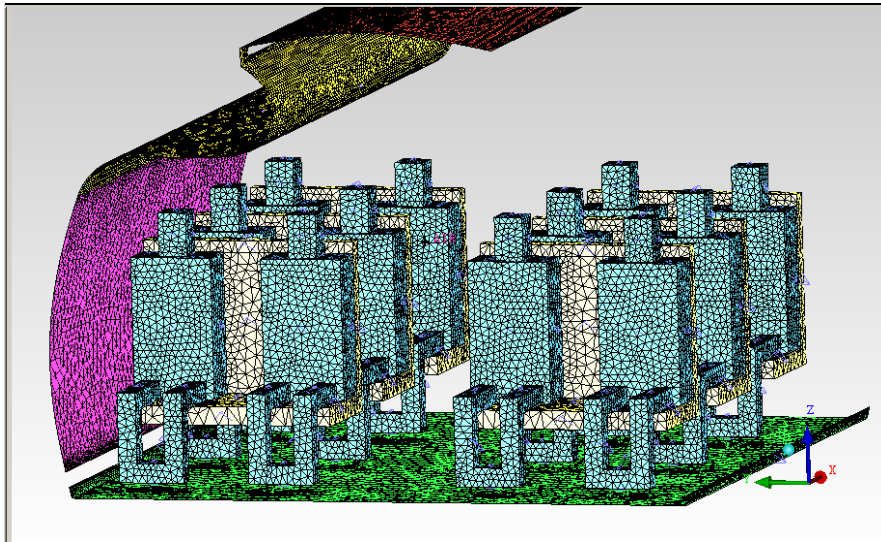


Figura 10 Geometria e malha utilizada nas simulações da cabine com os simuladores térmicos.

3.1.2 Modelos e condições de contorno

Nas simulações com programa Fluent (2006) foi utilizada solução implícita, regime permanente. Usou-se modelo de gás ideal para o ar e modelo de turbulência k-ε realizável. As condições de contorno são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 Condições de contorno medidas e adotadas numericamente.

Superfície	Condição de contorno	Valores
Piso	Temperatura prescrita	20,0 °C
Bancos	Condução e convecção	Mista
Lateral esquerda	Temperatura prescrita	21,8 °C
Teto	Temperatura prescrita	22,1 °C
Lateral direita	Temperatura prescrita	18,0 °C
Parede dianteira	Temperatura prescrita	22,4 °C
Parede traseira	Temperatura prescrita	20,0 °C
<i>Bins</i>	Temperatura prescrita	19,0 °C
Simuladores térmicos	Temperatura prescrita	29,0 °C
Entrada de ar esquerda 1	Velocidade prescrita	0,85 m/s 14,3 °C
Entrada de ar esquerda 2	Velocidade prescrita	0,83 m/s 14,3 °C
Entrada de ar esquerda 3	Velocidade prescrita	0,83 m/s 13,8 °C
Entrada de ar direita 1	Velocidade prescrita	1,10 m/s 14,3 °C
Entrada de ar direita 2	Velocidade prescrita	1,11 m/s 14,0 °C
Entrada de ar direita 3	Velocidade prescrita	1,00 m/s 13,4 °C
Saídas de ar	Saída com pressão prescrita	0 Pa

O banco da cabine foi modelado com condição de contorno mista, ou seja, condução pela malha interna do banco e convecção com o ar. Foi adotada uma condutividade térmica de 0,04 W/m °C para o material do banco.

4. RESULTADOS E ANÁLISES

Os valores médios das variáveis medidas são apresentados na Tabela 2. As velocidades e temperaturas do ar medidas e obtidas por simulação CFD são apresentadas na Tabelas 3 e 4, respectivamente.

Tabela 2 Condições de contorno medidas

Superfície	Valores
Piso	20,0 °C
Bancos	Mista
Lateral esquerda	21,8 °C
Lateral direita	22,1 °C
Teto	18,0 °C
Parede dianteira	22,4 °C
Parede traseira	20,0 °C
Bins	19,0 °C
Simuladores térmicos	29,0 °C
Entrada de ar esquerda 1	0,85 m/s 14,3 °C
Entrada de ar esquerda 2	0,83 m/s 14,3 °C
Entrada de ar esquerda 3	0,83 m/s 13,8 °C
Entrada de ar direita 1	1,10 m/s 14,3 °C
Entrada de ar direita 2	1,11 m/s 14,0 °C
Entrada de ar direita 3	1,00 m/s 13,4 °C
Saídas de ar	0 Pa

Tabela 3 Velocidades do ar horizontais e verticais a diferentes alturas e posições.

Velocidades do ar horizontais (Vh) e verticais (Vv) a diferentes alturas (m/s)											
Medidas					CFD					Alturas	
A	B	C	D	E	A	B	C	D	E		
		0,35					0			Vv	1,7 m
		0,14					0,07			Vh	
0	0	0,25	0,06	0,15	0,05	0,10	0,06	0	0	Vv	1,3 m
0	0,10	0,12	0,05	0,02	0,14	0,15	0,03	0,06	0,03	Vh	
0,10	0,05	0,20	0,04	0,14	0,13	0	0,07	0,08	0,01	Vv	1,1 m
0,03	0,02	0,10	0,09	0	0,14	0,15	0,03	0,06	0,02	Vh	
0,09	0,04	0,14	0,06	0,13	0,22	0,01	0,09	0,09	0,08	Vv	0,9 m
0,02	0,08	0,04	0,02	0,01	0,11	0,07	0,03	0,03	0,08	Vh	
0,08	0,03		0,05	0,1	0,23	0,02		0,07	0,11	Vv	0,6 m
0,02	0,04		0,02	0,04	0	0,06		0,05	0,02	Vh	
0,11	0,03	0,23	0,03	0,08	0,03	0,01	0,11	0,11	0,15	Vv	0,3 m
0,02	0	0,05	0	0	0,2	0,05	0,06	0,02	0,05	Vh	
0	0	0	0	0	0,01	0	0,23	0	0	Vv	0,1 m
0	0,01	0,01	0,01	0,06	0,01	0	0,02	0,02	0	Vh	

Tabela 4 Temperaturas do ar a diversas alturas e posições da cabine.

Temperaturas do ar medidas (°C)					Temperaturas do ar - CFD (°C)					
A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	alturas
		18,0					20,7			1,7 m
18,9	19,0	18,5	18,5	18,3	19,0	20,0	20,7	20,7	20,7	1,3 m
19,6	19,4	19,3	19,2	19,0	19,1	20,3	20,7	20,6	20,4	1,1 m
19,5	19,6	19,6	19,4	19,4	19,0	20,2	20,3	20,5	20,5	0,9 m
19,6	19,4		19,3	19,3	19,1	20,0		20,7	20,9	0,6 m
19,8	19,1	19,2	19,2	19,2	20,2	21,3	20,2	20,8	20,9	0,3 m
18,8	19,0	18,7	19,1	19,1	21,3	20,8	19,5	21,2	21,4	0,1 m

Pode-se notar na Tabela 3 que as velocidades medidas maiores (verticais) estão na região do corredor. Numericamente esta região foi deslocada para a esquerda. Nota-se que tanto experimentalmente como numericamente o escoamento próximo dos pés apresenta escoamento horizontal. Nota-se na Tabela 4 que o campo de temperaturas medidas foi menor em média 1 °C que as calculadas (simulação). Também o campo de temperaturas medidas indica que o jato principal está na região do corredor, pois as temperaturas mais baixas estão nos pontos mais altos deste.

Os campos de velocidades e temperaturas do ar da simulação e experimentais são apresentados nas Figuras 11 e 12.

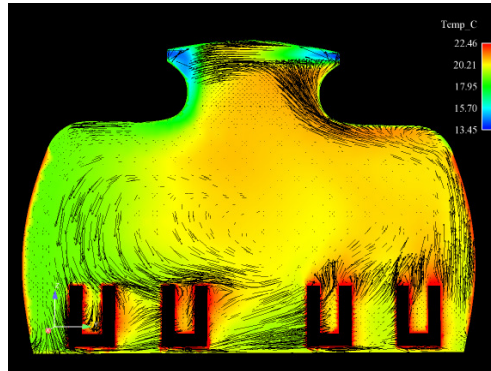


Figura 11 Campos calculados de velocidades vetoriais e de temperaturas do ar na seção de medição.

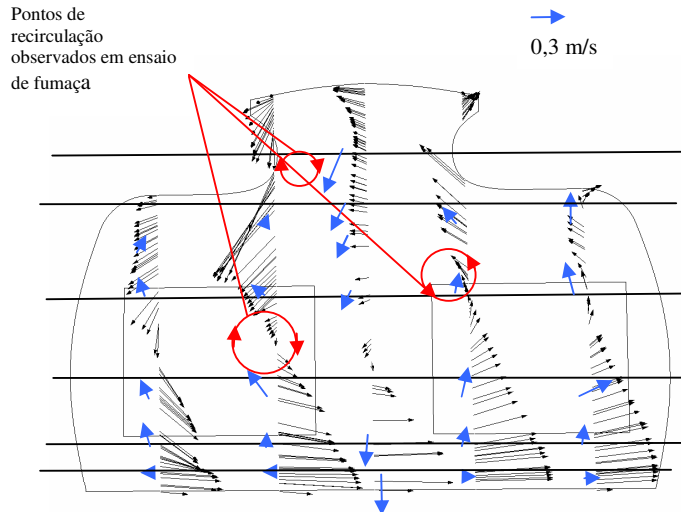


Figura 12 Campo de vetores de velocidades calculadas (preto) e medidas (azul).

As direções dos vetores mostrados na Figura 12 foram determinadas com introdução de fumaça no escoamento. A visualização com fumaça se mostrou um bom modo de se observar o escoamento. Notaram-se três pontos de recirculação, que são mostrados na Figura 12. Pode-se notar na Figura 11 que o escoamento, obtido numericamente, na região do lado direito foi ascendente com baixa velocidade. Experimentalmente, notou-se também que do lado direito esta coluna de ar quente era sugada pelo jato acima dos *bins*. Experimentalmente notou-se que no lado esquerdo, esta coluna de ar quente subia até a cabeça dos manequins, não conseguindo subir além deste ponto, e o escoamento no corredor era descendente. Como é possível se observar na Figura 11, o campo de velocidades do lado esquerdo da simulação é descendente.

5. CONCLUSÕES

Houve uma boa concordância dos campos de temperatura do ar numérico com o experimental. Velocidades muito baixas do ar dificultaram uma melhor medição do campo de velocidade para validação com os resultados numéricos. As oscilações das velocidades nas entradas de ar dificultam uma medição precisa das condições de contorno para as simulações numéricas. A simulação numérica serviu como um indicativo do formato do campo de velocidades. Sugere-se para um trabalho posterior um levantamento do campo de velocidades com técnica de anemometria a laser ou de imagens de partículas. Por outro lado, um aumento nas vazões de insuflamento propiciaria um campo de velocidades maiores, o que diminuiria a estagnação de ar na cabine, e poderia melhorar a percepção de conforto de cabine.

6. AGRADECIMENTOS

O autor Danilo de Moura gostaria de agradecer à FAPESP pela bolsa de mestrado e o autor Arlindo Tribess gostaria de agradecer ao CNPq pela bolsa de pesquisa.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FLUENT (2006) Fluent User's Guide. Fluent Inc. Lebanon – NH, USA.

FORBES (2006). http://www.forbes.com/2006/05/23/unsolicited-advice-advertising-cx_meb_0524boeing.html. Site visitado em 15/06/2008.

GLOBO (2007) <http://g1.globo.com/Noticias/Brasil/0,,MUL87144-5598,00.html>. Site visitado em 15/03/2008.

Loomans, M.; Jacogbs, P.; Tissot, A.; Miles, S. (2004). In-flight measurement and simulation of aircraft environment. Proceedings of Roomvent 2004. Coimbra.

Moura, D., 2009, Condições do escoamento e de conforto térmico em cabine de aeronave. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Mecânica. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 74p.

Stancato, F. Análise do ambiente térmico de cabine de aeronave. Tese de Doutorado. Departamento de Engenharia Mecânica. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 151p.

Strom-Tejsen, P. S.; Zukowsja, D.; Jama, A.; Wyon, D. P. (2007) Assessment of the thermal environment in a simulated aircraft using thermal manikin exposure, Proceedings of Roomvent 2007. Helsink.

Zhang, T, Chen, Q. Y.; Lin, C. H. (2007) Optimizing contaminant sensor locations in a twin-ail aircraft cabin. Proceedings of Roomvent 2007, Helsink.

8. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

ANALISYS OF AIRFLOW IN AIRCRAFT CABIN

Fernando Stancato, fernando.stancato@embraer.com.br¹

Danilo de Moura, kenobidan@yahoo.com.br²

Arlindo Tribess, atribess@usp.br²

¹EMBRAER, Av. Brigadeiro Faria Lima, 2170, São José dos Campos, SP, CEP 12227-901

²Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da USP - Av. Prof. Mello Moraes, 2231. 050508-900 - Cidade Universitária, São Paulo, SP.

³Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da USP - Av. Prof. Mello Moraes, 2231. 050508-900 - Cidade Universitária, São Paulo, SP.

Resumo: *One of the most difficult tasks for the aerospace interior comfort engineers is to promote a good thermal environment inside the aircraft cabin. The restricted space, asymmetric air velocity and temperature fields and the great variation of thermal environment conditions are some of the obstacles to get good cabin thermal comfort conditions. These facts led to a significant number of international and national research initiatives to understand this complex thermal environment and improve the cabin thermal comfort. In the present work were accomplished CFD numerical simulatios, measurements of air temperatures and velocities and tests with smoke in a section of a cabin of 12 passengers' aircraft. The tests were accomplished at a laboratory endowed with climatization and air distribution systems that allow to reproduce typical conditions of airflow in aircraft cabin. To simulate the presence and the change of heat due to the people were used mannequins with heat sources, especially developed for this end. The numerical simulations were accomplished using commercial computacional program Fluent. From the analysis of the results it was verified the complexity of the airflow at the aircraft cabin, with recirculation areas and very low velocities, and a good correlation among the numerical and experimental values.*

Key-words: *air conditioning, aircrafts, cabins, CFD, experimental measurements*