

ANÁLISE DE CONFORTO DE POLTRONAS DE AERONAVES EXECUTIVAS

Miriam Mitie Yoshida, miriamcomemeyahoo.com.br

Instituto Tecnológico de Aeronáutica – Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 – 12.228-900 São José dos Campos – SP

Flávia Renata Dantas Alves Silva, flavia.silva@poli.usp.br

Universidade de São Paulo – 05508-900 São Paulo – SP

Edson Luiz Zaparoli, zaparoli@ita.br

Instituto Tecnológico de Aeronáutica – Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 – 12.228-900 São José dos Campos – SP

Cláudia Regina, claudia@ita.br

Instituto Tecnológico de Aeronáutica – Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 – 12.228-900 São José dos Campos – SP

Abstract. Após a II Guerra mundial surgiram os primeiros estudos de ergonomia na indústria visando a relação homem-máquina. Inicialmente a ergonomia era utilizada para analisar atividades repetitivas, mas com o passar do tempo também começou a ser utilizada em atividades rotineiras. Quando a ergonomia surgiu, ela era utilizada principalmente no dimensionamento dos postos de trabalho e na correção de projetos de produtos que estavam ocasionando dor ou desconforto dos usuários. Atualmente para se obter um resultado satisfatório sob o aspecto ergonômico, a ergonomia costuma estar presente em todas as etapas da realização de um projeto de desenvolvimento de um produto. Com a exigência do mundo capitalista, são exigidos produtos/serviços cada vez melhores e na aviação executiva isto não é diferente. Portanto, para o projeto dos monumentos de uma aeronave é extremamente importante levar em consideração não apenas os aspectos de custo e funcionalidade, mas também os aspectos de estética, saúde, ergonomia e conforto. Este paper determina um procedimento de análise dos aspectos de ergonomia e de conforto de uma poltrona de uma determinada categoria de aeronave executiva desde a determinação das dimensões iniciais da poltrona até a sua validação experimental. As dimensões iniciais da poltrona foram determinadas de acordo com uma análise de mercado de poltronas de aeronaves executivas que se enquadravam na categoria super midsize. A validação foi feita através de experimentos com indivíduos de vários percentis em um mockup de poltrona. Primeiramente os indivíduos ficaram na posição sentada por 2'30'' e depois na posição sentada reclinada por 2'30''. Durante a interação dos indivíduos com a poltrona foi colocado uma malha de sensores no assento e no encosto de costas, de forma a capturar e armazenar os mapeamentos da distribuição de pressão. Logo após a interação entre os indivíduos e a poltrona foram detectadas sugestões de melhoria no projeto das poltronas. Através da análise dos dados coletados no mapeamento da distribuição de pressão foram detectadas regiões com alta concentração de pressão que poderiam ocasionar a obstrução dos vasos capilares e, consequente desconforto nos indivíduos. Ressalta-se entretanto, que embora os aspectos de conforto de uma poltrona sejam extremamente desejáveis, visto que é nela que os indivíduos passam o maior tempo da viagem, nem sempre é possível considerar todos estes aspectos, uma vez que também é necessário contemplar outros requisitos.

Keywords: aeronaves executivas, poltronas, ergonomia, conforto

1. INTRODUÇÃO

No atual mundo capitalista, são exigidos produtos/serviços melhores, mais confortáveis, mais bonitos e com o menor preço. Portanto, para o projeto/desenvolvimento de um avião nos dias de hoje é extremamente importante verificarmos não apenas o aspecto do custo e da funcionalidade, mas também é necessário verificarmos os requisitos de estética, saúde, ergonomia e conforto.

2. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Devido ao crescimento na aviação e na necessidade de um maior conforto durante as viagens, este trabalho analisará sob o ponto de vista de ergonomia uma poltrona de cabine de uma determinada categoria da aviação executiva, visto que a poltrona é uma das maiores interfaces da aeronave com o passageiro durante o voo.

Através da aplicação da metodologia utilizada neste Paper será possível obter a estimativa inicial do conforto propiciado pela poltrona de um passageiro de acordo com a categoria em que a aeronave se encontra.

3. METODOLOGIA

A ergonomia é considerada uma ciência experimental. Desta forma, os seus conhecimentos são obtidos através de observações, experimentos e medições dos fenômenos desejados de forma controlada e comprovada. Diferentemente de outras ciências, a ergonomia é primordialmente construída a partir de experimentos, [IIDA, 2005].

Este paper apresenta algumas etapas para o projeto de uma poltrona de uma determinada categoria, iniciando com a determinação da categoria de aeronave que será estudada, seguindo com a estimativa inicial da poltrona, com o projeto inicial da poltrona e finalizando com a coleta de dados para que sejam analisados os aspectos de conforto da poltrona e para que a mesma seja validada.

3.1. Determinação da categoria a ser estudada

As poltronas da aviação executiva variam no conforto e no tamanho de acordo com a sua utilização e espaço disponível na aeronave. Portanto, para o projeto inicial da poltrona primeiramente é necessário que tenhamos a categoria de aeronave na qual a poltrona será utilizada.

Analisando-se as poltronas existentes no mercado de aviação executiva, pode-se perceber que conforme aumenta a categoria na qual a aeronave se encontra, maior é o espaço disponível para a poltrona e os aspectos de conforto associados à mesma.

Este paper levará em consideração a categoria super midsize.

3.2. Estimativa inicial

Para a estimativa inicial da poltrona de uma determinada categoria primeiramente é importante fazer uma análise de mercado, verificando quais as poltronas que já foram utilizados para esta categoria.

A categoria super midsize atualmente é composta pelas seguintes aeronaves: CL300, CitationX, F2000DX, Legacy600, G200 e H4000.

Tendo as dimensões das poltronas em mãos pode-se adotar como estimativa inicial uma poltrona já existente no mercado que é considerada confortável ou pode-se fazer uma média das dimensões.

A estimativa inicial das dimensões da poltrona deste estudo adotou os valores aproximados das dimensões de uma poltrona desta categoria que estava disponível para a execução dos experimentos para medição do conforto.

Tabela 1. Estimativa inicial das dimensões de uma poltrona

PARÂMETRO	MEDIDA (mm)
PROFUNDIDADE DO ASSENTO	530
LARGURA DO ASSENTO	520
ALTURA DO ASSENTO	490
LARGURA DO ENCOSTO DE COSTA	520
ALTURA DO ENCOSTO DE COSTA	610
COMPRIMENTO DO ENCOSTO DE BRAÇO	530
LARGURA DO ENCOSTO DE BRAÇO	70
ALTURA DO ENCOSTO DE BRAÇO	200
LARGURA DO DESCANSO DE PERNA	520
ALTURA DO DESCANSO DE PERNA	295

Uma vez que os valores iniciais da poltrona foram determinados, é importante que estes valores sejam analisados sob o ponto de vista de ergonomia e conforto, visto que as dimensões de uma poltrona devem ser adequadas às dimensões antropométricas do usuário.

3. COLETA DOS DADOS

Para a coleta de dados visando à validação das medidas da poltrona e dos requisitos de conforto será utilizada a técnica de observação. Na aquisição de dados deve-se levar em consideração a melhor relação custo-benefício. Neste caso, optou-se pelo experimento em laboratório, embora se saiba que ele é incapaz de reproduzir efetivamente as condições reais de uso da poltrona, tais como, cansaço decorrente de uma longa viagem, stress, entre outros. Isto é justificado pelo fato do experimento em laboratório só exigir as partes do avião que entram em contato com o usuário e que possuem interface com a poltrona. Outro fator que também influencia na escolha do experimento em laboratório é o fato do custo de um experimento em condições reais ser altamente elevado, devido principalmente ao alto custo de manufatura do protótipo.

Um dos métodos mais utilizados é o método empírico, no qual se avalia o mockup através da análise e percepção de várias pessoas. É de extrema importância a fabricação de um mockup da poltrona para validação das dimensões e dos aspectos ergonômicos no mesmo, pois através deste procedimento é possível a verificação de aspectos não previstos na fase de projeto.

Este estudo utilizou um mockup já existente para esta categoria de aeronave, devido ao seu alto custo. Vale ressaltar que o mockup utilizado no experimento se enquadra perfeitamente nos valores das estimativas iniciais de dimensão e conforto, bem como nos requisitos de projeto e de certificação.

Devido a variabilidade do espaço amostral, é necessário que o experimento englobe o maior número de pessoas possíveis, de forma a maximizar a confiabilidade dos estudos e a minimizar os desvios.

Pelo fato do conforto ser algo extremamente subjetivo, para uma pessoa uma poltrona pode ser extremamente confortável e para outra a mesma poltrona pode ser extremamente desconfortável. Desta forma, quanto maior for o número de pessoas submetidas na análise, teremos uma melhor conclusão.

No estudo em questão, 11 indivíduos foram submetidos na validação de uma poltrona com características similares à estimativa inicial.

Conforme pode ser verificado na Tabela 2, embora o experimento não tenha sido feito com uma número grande de indivíduos, participaram do experimento indivíduos de ambos os sexos, medidas e pesos, de forma a tentar englobar vários percentis.

Tabela 2. Dados das amostras

AMOSTRA	SEXO	PESO (kg)	ESTATURA (mm)	PERCENTIL ESTATURA
1	MASCULINO	75	1770	61
2	FEMININO	59	1640	62
3	MASCULINO	73	1770	61
4	FEMININO	72	1620	45
5	MASCULINO	83	1820	81
6	MASCULINO	98	1710	26
7	MASCULINO	57	1650	6
8	MASCULINO	70	1850	92
9	FEMININO	49	1550	12
10	FEMININO	55	1600	15
11	MASCULINO	70	1720	39

Um mecanismo comumente utilizado no estudo de conforto de uma poltrona, principalmente na indústria automotiva, é o mapeamento do campo de pressão. Este procedimento permite a medição da distribuição de pressão entre dois objetos que estão em contato. Desta forma, o mapeamento do campo de pressão fornece subsídios para a melhoria e correção dos projetos de poltronas, uma vez que ele mostra os pontos de contato entre o corpo e a poltrona, bem como os pontos nos quais há uma sobrecarga de pressão.

Neste experimento foi utilizado o programa X3 PRO v.6.0 para se obter a distribuição do campo de pressão na poltrona. Em linhas gerais, o equipamento de aquisição de dados do campo de mapeamento de pressão é composto por duas matrizes de sensores que são ligadas ao computador para que os dados possam ser analisados em tempo real ou possam ser gravados para análises futuras.

Atualmente existem basicamente três tipos de tecnologia de sensores para o mapeamento do campo de pressão: resistiva, capacitiva e piezoresistiva, [GOLDMAN e SALCIDO]. A Tabela 4 apresenta uma comparação entre estas três tecnologias.

Tabela 3. Comparação de algumas propriedades de três sistemas comerciais de mapeamento de pressão [KARKI e LEKKALA, 2006]

Propriedade	Tekscan	Vista Medical	Xsensor
Tipo de sensor	Resistivo	piezoresistivo	Capacitivo
Matriz de sensor (cm x cm)	196 x 85	192 x 67	203 x 81
Número de sensores	16128	1024	10240
Escala de pressão	0-250	0-200	0-220
Escala de temperatura [° C]	-9 ... +60	+15 ... +32	0 ... +40

Na figura abaixo encontra-se uma representação dos sensores capacitivos. Eles são representados por duas malhas (A e B) separadas por um elastômero compressível. A malha A apresenta linhas condutivas no sentido horizontal e a malha B apresenta linhas condutivas no sentido vertical. Com a sobreposição entre as malhas, de forma que as linhas condutivas fiquem perpendiculares entre si, e o elastômero forma nós capacitivos nas interseções das linhas.

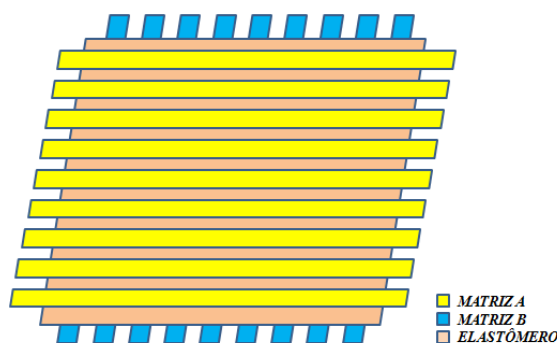


Figura 1. Sensor Capacitivo

Desta forma, quando uma pressão é aplicada no nó capacitivo o elastômero é comprimido, o que acarreta no estreitamento das faixas e no aumento da capacitância. Através da variação da capacitância é obtida a pressão em cada nó da matriz, conforme esquematizado na Figura 1.

Os materiais utilizados na construção da matriz de mapeamento de pressão são combinados de forma a possibilitar uma malha de sensores flexível e robusta, possibilitando desta forma, que a malha siga a silhueta do objeto com o qual está em contato.

Os valores de medida de pressão captados através dos sensores são mostrados através de um mapeamento de pressão tanto na forma gráfica quanto na forma ilustrativa, [KARKI e LEKKALA, 2006]. O programa utilizado no experimento utiliza como unidade de medida o milímetro de Mercúrio (mmHg) e o código de cores apresentado nos gráficos é o seguinte:

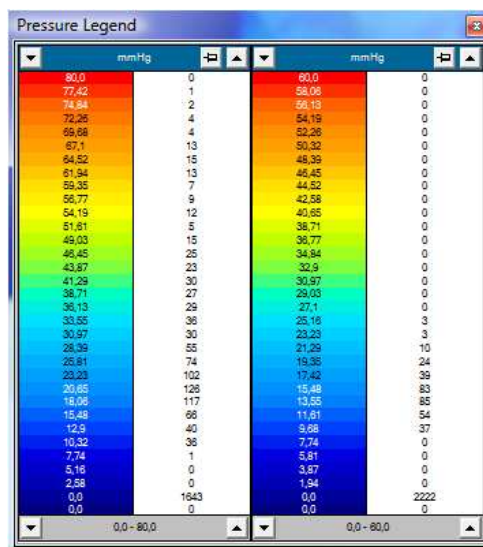


Figura 2. Legenda de escala de pressão e unidade de medida

Neste experimento são utilizadas 2 matrizes (40 X 64): uma é fixada sobre o assento da poltrona e outra no encosto da poltrona. A fixação da matriz na poltrona é importante para evitar que a matriz escorregue, evitando interferências devido ao mau posicionamento da mesma. Para a coleta dos dados foi solicitado aos participantes que retirassem todos os objetos dos bolsos, bem como fivelas e cintos, de forma que não interferissem na coleta de dados.

Cada indivíduo ficou na posição sentada (poltrona sem nenhum reclínio) pelo período de 2'30'' e na posição sentada relaxada (poltrona com reclínio de acordo com o conforto do indivíduo) pelo período de 2'30'', totalizando os 5 minutos de interação entre o indivíduo e a poltrona.

Serão apresentados alguns dos dados da interação da poltrona com os indivíduos. Os dados dos indivíduos foram agrupados de acordo com o percentil e sexo ao qual o mesmo pertence. Desta forma, agrupamos os indivíduos em 5 grupos distintos, embora este *paper* apresente os dados de apenas um indivíduo de baixo percentil, de forma a verificar possíveis aspectos de desconforto da poltrona.

Dentre as análises que serão feitas, serão verificados os picos de pressão, valores de pressão superiores a 60 mmHg, área de concentração de pressão, pontos de contato da interação indivíduo-assento e distribuição de pressão no assento.

Os pontos de pressão que são maiores que 60 mmHg causam a obstrução dos vasos capilares, portanto, caso haja uma grande concentração de pontos que ultrapassem 60 mmHg, os mesmos estão diretamente ligados ao conforto propiciado pela poltrona.

Serão apresentados os resultados do Grupo 1 que é composto por mulheres com percentil abaixo de 20%. Os dados obtidos para este grupo são os das amostras 9 e 10.

Através do histograma da Figura 10 pode-se verificar que existe uma pequena porcentagem dos sensores do assento que detectaram alguns valores entre 60 mmHg e 70 mmHg que podem ocasionar obstrução dos vasos capilares. Também pode-se verificar que os pontos de pressão com valores baixos estão em maior quantidade do que os pontos de valores altos.

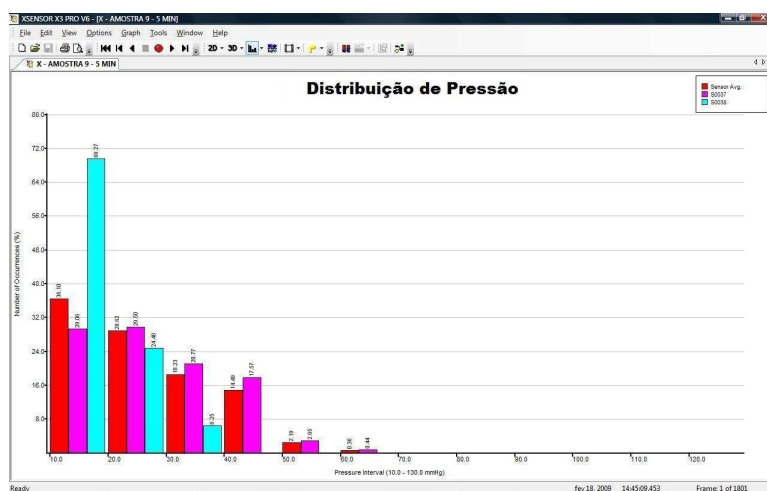


Figura 3. Histograma da distribuição de pressão da amostra 9

De acordo com as cores apresentadas na Figura 3, o indivíduo de baixo percentil não apresenta grandes pontos com grande intensidade de pressão.

Devido ao fato do indivíduo possuir um percentil baixo, verifica-se uma região de pressão na região superior da panturrilha do indivíduo (próxima a altura poplíteia), graças ao contato da panturrilha com a extremidade do assento. Isto é justificado pelo fato do indivíduo possuir altura inferior a adequada para sentar de forma correta no assento, ficando com parte da panturrilha no assento.

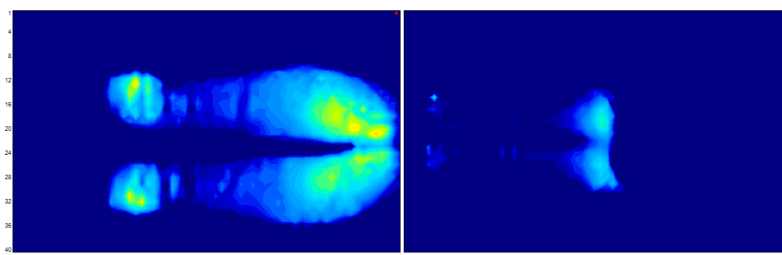


Figura 4. Mapeamento da distribuição de pressão da amostra 9

A Figura 4 apresenta os valores com maior pressão entre a interação do indivíduo com o assento. Na Figura 5a verificamos que existem poucas regiões com pressão levemente superior a 60mmHg e na Figura 5b não existe nenhuma região com valor superior a 60mmHg. Portanto, estas regiões podem ser desprezadas.

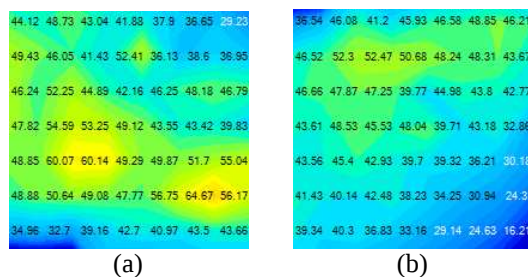


Figura 5. Picos de pressão na amostra 9 (a) nádega direita (b) nádega esquerda

A Figura 6 mostra os picos de pressão das duas malhas no decorrer do tempo. É verificado que com o passar do tempo ocorre o aumento dos picos de pressão em alguns pontos do corpo. Também se verifica que o indivíduo provavelmente se movimentou bastante durante o experimento o que pode ter ocasionado tantos picos de pressão. Os valores destes picos devem ser desconsiderados para a análise da pressão por não estarem em regime permanente, mas deve-se levar em consideração que se o indivíduo se movimentou constantemente, que ele provavelmente não estava se sentindo confortável na poltrona.

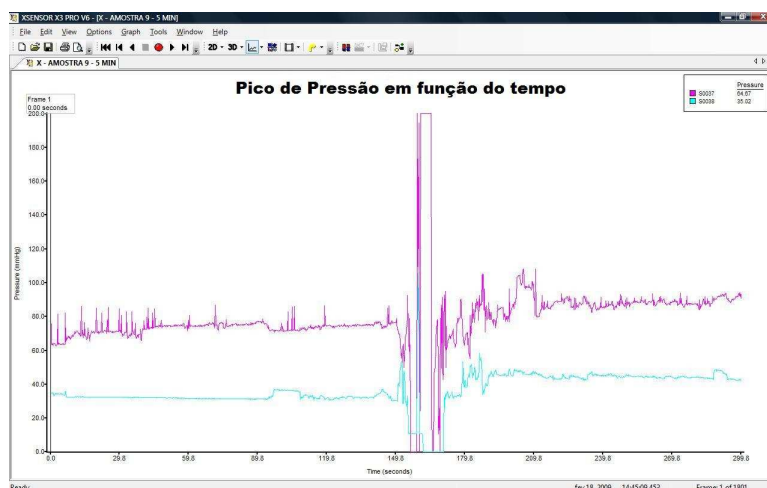


Figura 6. Gráfico do pico de pressão da amostra 9 em função do tempo

A Figura 7 mostra a área de contato do indivíduo com a poltrona em função do tempo. Quanto maior a área de contato entre o indivíduo e a poltrona, maior é a área para distribuição de pressão desta interação. E quanto mais bem distribuída a pressão, normalmente ocorre uma diminuição nos valores de pressão nos pontos. Conforme já mencionado anteriormente, foi solicitado que o indivíduo ficasse na posição sentada (poltrona sem reclínio) por 2'30'' e que posteriormente ficasse na posição sentada reclinada (poltrona com reclínio) por mais 2'30''.

É verificado na Figura 7 que a malha de sensores do assento (S0037) detectou uma área de contato inferior na posição sentada inclinada do que na posição sentada sem reclínio. Já a malha de sensores do encosto de costa (S0038) detectou uma área de contato superior na posição sentada reclinada do que na posição sentada sem reclínio. Desta forma, ocorre uma melhor distribuição de pressão na posição sentada reclinada e consequente aumento de conforto, visto que o encosto contribui na sustentação do corpo.

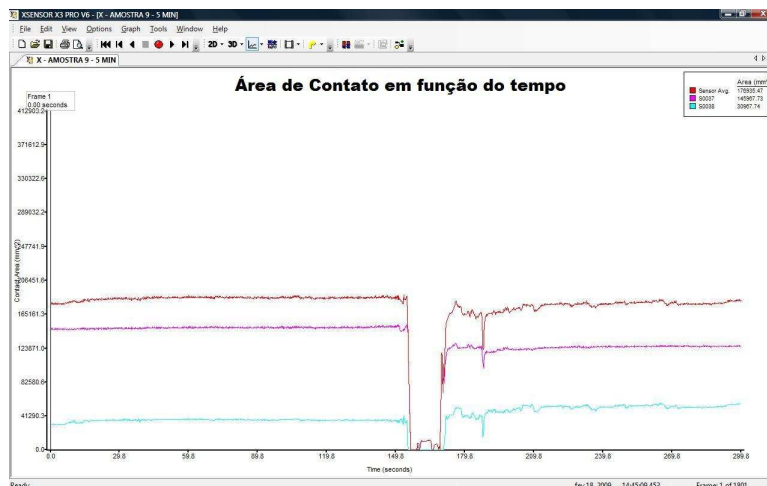


Figura 7. Gráfico da área de contato da amostra 9 em função do tempo

A Figura 8 mostra a variação da média de pressão no tempo. Verifica-se que a média de pressão do indivíduo na posição reclinada (posição de conforto) é inferior a média de pressão do indivíduo na posição sentada sem reclinio. Neste caso, a diminuição da média de pressão pode ser correlacionada com o aumento do conforto do indivíduo.

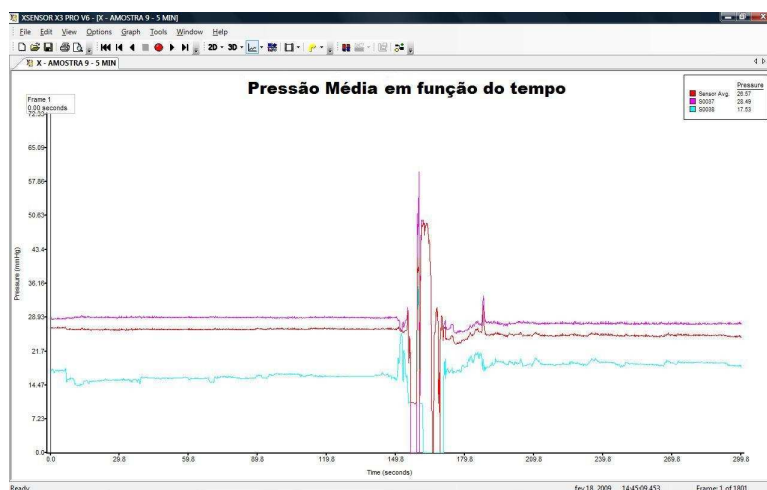


Figura 8. Gráfico de pressão da amostra 9 em função do tempo

Podemos verificar que um dos requisitos básicos para se obter o conforto em uma poltrona é a diminuição da pressão exercida pela mesma no corpo do indivíduo.

Um dos fatores que contribui para a diminuição de regiões de alta pressão no indivíduo é a melhor distribuição de pressão através de uma maior área de contato entre a poltrona e o corpo. Desta forma, seria interessante que a poltrona acompanhasse a silhueta de todos os indivíduos.

Devido à variabilidade humana, o ideal é que a poltrona seja confortável para a maior parte dos usuários, visto que é extremamente complicado adequar a poltrona a todos os indivíduos, uma vez que, o que é confortável para um indivíduo pode vir a ser desconfortável para outro.

De acordo com as análises dos resultados obtidos neste trabalho, verificou-se que ao se reclinar o assento (posição relaxada). O encosto de costas contribuiu na sustentação da estrutura corporal do indivíduo e numa melhor distribuição de pressão.

Nos indivíduos do grupo 1 foi verificada uma região de pressão na panturrilha devido a altura do assento ser ligeiramente maior do que a altura popliteal dos indivíduos, podendo ocasionar um desconforto na região da panturrilha destes indivíduos. Para amenizar este desconforto é recomendado que a borda do assento seja a mais macia quanto possível, de forma a minimizar a pressão desta região. O fato da panturrilha ter contato com o assento também é visualizada através dos gráficos de área de contato em função do tempo.

É extremamente importante que se tente amenizar os pontos de pressão que se encontram acima de 60 mmHg, visto que isto ocasiona a obstrução dos vasos capilares e consequente, desconforto ao indivíduo.

Uma das partes da poltrona que poderia contribuir para a sustentação do corpo é o descanso de perna. Portanto, é recomendado uma melhoria no projeto do mecanismo de travamento do descanso de perna, de forma que o mesmo fique travado na altura desejada pelo indivíduo.

É sugerido que se realize o experimento (mapeamento de distribuição de pressão) com um número maior de indivíduos e de todos os percentis, de forma a aumentar a confiabilidade dos dados através de uma amostra mais representativa.

Como o experimento foi realizado em um laboratório, recomenda-se que a poltrona seja validada posteriormente na aeronave na qual ela será inserida, de forma a levar em consideração os aspectos de iluminação, ruído, meio ambiente e vibração. Conforme já mencionado no decorrer do trabalho, um experimento realizado em laboratório não leva em consideração todos estes aspectos.

Por último, é importante ressaltar que para o projeto final da poltrona nem sempre é possível considerar todos os aspectos de conforto, pois embora o requisito de conforto da poltrona seja extremamente desejado em uma aeronave, visto que é nela que os indivíduos passam o maior tempo da viagem, é necessário verificar a melhor combinação entre todos os requisitos além do conforto para uma solução de compromisso adequada.

4. REFERÊNCIAS

- Ida, Itiro, 2005, “Ergonomia: Projeto e Produção”, Ed. Edgard Blücher, 2. ed., São Paulo, 614p.
- Karki, Satu; Lekkala, Jukka. “Pressure Mapping System for Physiological Measurements”. In: Imeko World Congress, 18., 2006. Proceedings... [S.l.: S.n.], 2006.
- Pheasant, Stephen; Haslegrave, Christine M., “Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work”, Boca Raton: Taylor & Francis Group, 3. ed., 2005. 332p.
- Vink, Peter. Comfort and Design: Principles and Good Practice. 1. ed. Boca Raton: CRC Press, 2005. 293p.

5. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Miriam Mitie Yoshida, Flávia Renata Dantas Alves Silva, Edson Luiz Zaparoli e Cláudia Regina de Andrade são os únicos responsáveis pelos materiais contidos neste paper.