

ANÁLISE DO TEMPO DE EXPOSIÇÃO AO RUÍDO GERADO POR HELICÓPTERO

Alexandre Luiz Amarante Mesquita, Universidade Federal do Pará, E-mail: alexmesq@ufpa.br

Ronald Márcio Élleres Fernandes, Força Aérea Brasileira, E-mail: ronaldmarcio@bol.com.br

George Luiz Rosário Brasil, Universidade Federal do Pará, E-mail: george@bertillon.com.br

Resumo: A perda auditiva induzida por ruído pode atingir qualquer pessoa que esteja exposta a elevados Níveis de Pressão Sonora (NPS), o que é comum atualmente para as pessoas que estejam regularmente em contato com diversos tipos de aeronaves. Desta forma, o presente trabalho tem o propósito de verificar se os NPS no interior da cabine de um helicóptero podem provocar perdas auditivas em seus tripulantes, e sugerir as medidas preventivas que podem ser adotadas para evitar danos à saúde e a eventual incapacidade para o trabalho. As medições, necessárias à caracterização do ruído, segundo a norma regulamentadora NR-15, foram realizadas em pontos do interior da cabine do helicóptero H-1H da Força Aérea Brasileira. Os valores de NPS obtidos nas medições foram bastante elevados e caracterizados com as maiores intensidades em baixas e médias frequências. Quando o helicóptero está em voo, a posição mais crítica no interior da cabine está localizada na região de atuação do Mecânico de Voo e do Operador de Equipamento. Recomenda-se a estes tripulantes uma jornada diária de 2:40 h, se for usado apenas o capacete de voo, podendo ser aumentada para 5 h, quando for adicionado o protetor auditivo tipo *plug*.

Palavras-chave: Ruído, Controle de ruído, Perda auditiva, Protetor Auditivo, Helicoptero.

ANALYSIS OF THE EXPOSURE TIME FOR NOISE GENERATED BY HELICOPTER

Abstract: The noise-induced hearing loss can affect any person who is exposed to high Sound Pressure Levels (SPL), which is common today for people who are regularly in contact with various types of aircraft. Thus, this study aims to verify whether the NPS inside the cockpit of a helicopter can cause hearing loss in his crew, and suggest preventive measures that can be taken to prevent damage to health and the possible inability to work. The measurements required to characterize the noise (according to a regulatory norm NR-15) were performed at points inside the cabin of the H-1H helicopter of the Brazilian Air Force. The values obtained in the NPS measurements were quite high and characterized with the highest levels at low and medium frequencies. When the helicopter is in flight, the more critical position inside the cabin is located in the region near the spot of the flight engineer and equipment operator. It is recommended for these crew members a workday of 2:40 h, if only the flight helmet is used. However; his period of time can be increased to 5 h when the plug type hearing protectors are added.

Keywords: Noise, Control noise, Hearing loss, Hearing protector. Helicopter.

1. INTRODUÇÃO

O sistema auditivo funciona durante 24 horas do dia. Todas as informações acústicas continuam sendo processadas mesmo quando se está dormindo, identificando todos os tipos de sons e atuando como um mecanismo de alerta e defesa. Entretanto, somente quando o processo de comunicação fica afetado é que o indivíduo percebe a perda da audição.

O comprometimento total ou parcial da audição é um fator limitante das atividades da vida diária, quer seja nas relações familiares ou profissionais, figurando entre as mais frequentes doenças no ambiente de trabalho. A exposição permanente em ambientes de níveis de ruído elevados pode causar, além de perda auditiva, comprometimentos orgânicos diversos tais como: hipertensão arterial, estresse, aumento de tensão muscular e incapacidade de concentração (GUYTOM e HALL, 2006). No entanto, a perda auditiva induzida pelo ruído (PAIR) é a única patologia causada pelo ruído reconhecida pela legislação brasileira através da Norma Regulamentadora de Segurança e Medicina do Trabalho (NR-15) do Ministério do Trabalho e Emprego (CLT, 1978). Essa norma estabelece os limites de exposição ao ruído para trabalhadores brasileiros, visando protegê-los de danos auditivos.

Uma das várias causas de perda auditiva está relacionada ao elevado nível de pressão sonora (NPS) que, embora esteja presente em vários ambientes de trabalho e por ter ação discreta e indolor, não é percebida de imediato, devido à adaptação de trabalhadores a níveis de ruídos insalubres. Os ruídos constituem um irrefutável risco ambiental e devem sempre ser objeto de estudo e divulgação, por intermédio de aulas e palestras, com o intuito de incentivo a sua prevenção.

Nas organizações militares da Força Aérea Brasileira é comum a presença de ruídos intensos provocados por vários tipos de aeronaves, entre elas, o helicóptero H-1H operado, entre outros esquadrões, pelo Primeiro Esquadrão do Oitavo Grupo de Aviação (1º/8º G Av), localizado na Base Aérea de Belém. Não obstante à orientação que é passada aos militares expostos ao barulho, observa-se a ocorrência de PAIR em um significativo número de militares do esquadrão em epígrafe. A partir da década passada foram intensificadas nas organizações militares da FAB as medidas de prevenção contra ruídos. Entretanto, continuam ocorrendo lesões na orelha interna de alguns destes profissionais, de natureza neurossensorial e de caráter irreversível, representando um tema de extrema relevância para os militares, não somente daquele Esquadrão, como também para todos os que estão ligados à aviação ou a quaisquer atividades insalubres para as orelhas. Em consequência disso, considerou-se de alta importância a elaboração de uma pesquisa com o propósito de investigar o nível de pressão sonora emitido pelo helicóptero H-1H, e com base nos dados obtidos avaliar o tempo de exposição considerado seguro para operação desta aeronave.

Desta forma, este trabalho objetiva fazer avaliação da perda auditiva induzida por ruído nos tripulantes da aeronave H-1H da Força Aérea Brasileira (FAB) a partir de medições de Níveis de Pressão Sonora (NPS) efetuadas nos postos da tripulação. Em seguida, com base nas análises das medições acústicas, são sugeridas medidas preventivas que podem ser adotadas para evitar danos à saúde e eventual incapacidade para o trabalho..

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho, inicialmente, foram feitos estudos sobre a eficiência de protetores auditivos individuais e protetores usados em conjuntos, pois a redução acústica total não é a soma das reduções individuais de cada protetor, quando usados simultaneamente (GERGES, 2000). Especificamente, avaliou-se o Nível de Exposição Protegida (NEP) de diferentes EPIs (Equipamentos de Proteção Individual) em relação ao ruído, mais especificamente os capacetes PSH-4B (Figura 1a) e *plugs* moldáveis (Figura 1b) de forma individual e em conjunto.

O NEP é um valor utilizado para avaliar se a ação nociva do ruído está sendo neutralizada pelo uso do EPI auditivo. Para níveis de pressão sonora obtidos em dB(A), o NEP é calculado da seguinte forma (NIOSH, 1998):

$$NEP = NPS_A - [(NRR \times f) - 7] \quad (1)$$

sendo:

NPS_A = nível de ruído na escala de ponderação A;

NRR = nível de redução de ruído do EPI.

f = fator de correção, conforme discriminado a seguir:

- Tipo concha: subtrair 25% do NRR ($f = 0,75$);
- Tipo inserção moldável: subtrair 50% do NRR ($f = 0,5$);
- Tipo inserção pré-moldado: subtrair 75% do NRR ($f = 0,25$).

Para o uso combinado de dois tipos de protetores (concha + *plug*), deverão ser acrescidos 5 dB ao maior NRR corrigido (NIOSH, 1998).



Figura 1 - Protetores auditivos usado pelos tripulantes do H-1H: (a) Capacete PSH-4B; (b) Protetor auditivo tipo *plug* moldável.

Após a etapa de estudos teóricos, foram feitas medições de nível de ruído no interior do helicóptero H-1H (Figura 2). Antes das medições, foi realizada a calibração do equipamento de medição por meio do calibrador acústico tipo 4231 (Figura 3a), fabricante Brüel & Kjaer, que emite um tom puro de 94 e 114 dB na frequência de 1000 Hz. O equipamento utilizado para a medição dos níveis de pressão sonora foi o medidor marca SOLO (Figura 3b), fabricante 01 dB, ajustado antecipadamente no circuito de compensação "A" e circuito de resposta lenta (*SLOW*) para ruído contínuo e intermitente; análise em frequência em tempo real de 1/1 de oitava, no intervalo de 30 até 140 dB e tempo de gravação para cada ponto de 30 segundos.



Figura 2 - Helicóptero H-1H usado nas medições.

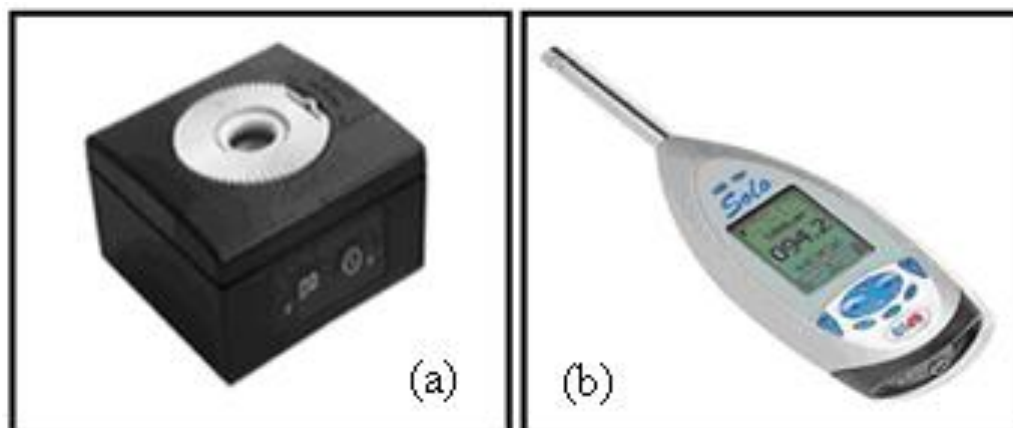


Figura 3 - (a) Calibrador sonoro; (b) Medidor de NPS.

As medições de níveis de pressão sonora foram realizadas em três pontos do interior da cabine do helicóptero, pontos denominados por P1, P2 e P3, como mostra a Figura 4, nos seguintes regimes de operação:

- 1º regime de operação: aeronave em solo, potência do motor na faixa de 68% a 72% equivalente a uma rotação de 4000 RPM (marcha lenta), Asa Rotativa com 200 RPM;
- 2º regime de operação: aeronave em solo, potência do motor a 90%, equivalente a uma rotação de 6600 RPM, Asa Rotativa com 324 RPM (rotações de decolagem);
- 3º regime de operação: aeronave em voo, apresentando os mesmos dados de rotações do segundo regime.

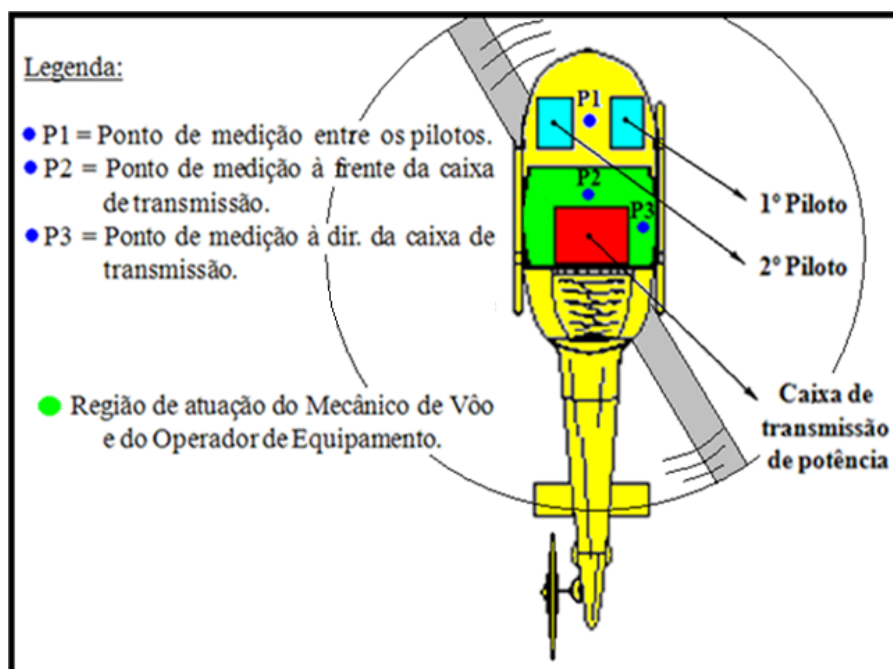


Figura 4 - Representação dos pontos de medição de ruído no helicóptero.

As Figuras 5a e 5b mostram uma melhor visualização do espaço interno do helicóptero e os pontos de medição.



Figura 5 - (a) Cabine na direção de voo; (b) Cabine na direção contrária ao voo.

3. RESULTADOS

Para cada medição de nível de ruído foi obtido um gráfico que mostra o espectro de frequência, níveis globais e pico máximo do ruído medido. O espectro de frequências é mostrado com as onze bandas de 1/1 oitava ao lado esquerdo e ao lado direito do gráfico estão em sequência: o nível global de pressão sonora na escala “A” (LAeq), o nível global sem filtro (LZeq) e o pico máximo de NPS. Analisando os gráficos produzidos, pode-se observar que o helicóptero em estudo apresenta ruídos com maiores intensidades em baixas frequências do espectro padronizado de bandas de oitava. A seguir são descritos os resultados obtidos para os maiores níveis de ruído em cada regime de operação.

No primeiro regime de operação, o ponto que apresentou o maior nível de pressão sonora foi o ponto P₂. Para esse ponto, os níveis obtido foram LAeq = 98,1 dB; LZeq=104,8 dB e pico máximo de 114,0 dB, conforme mostra a Figura 6.

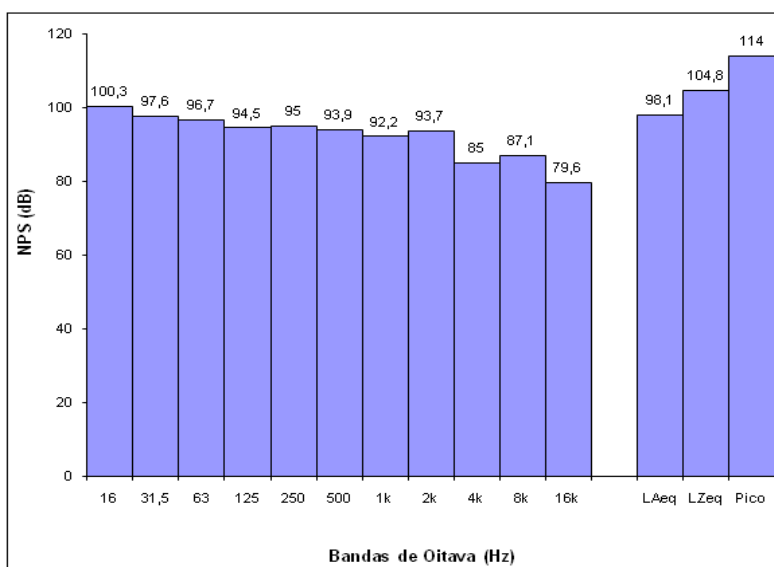


Figura 6 - Gráfico do nível de pressão sonora no ponto P₂ em função do espectro de frequências.

No segundo regime de operação, o ponto que apresentou o maior nível de pressão sonora foi o ponto P₃. Para esse ponto, os níveis obtido foram LAeq = 102,5 dB, LZeq=109,5 dB e pico máximo de 121,9 dB, conforme mostra a Figura 7.

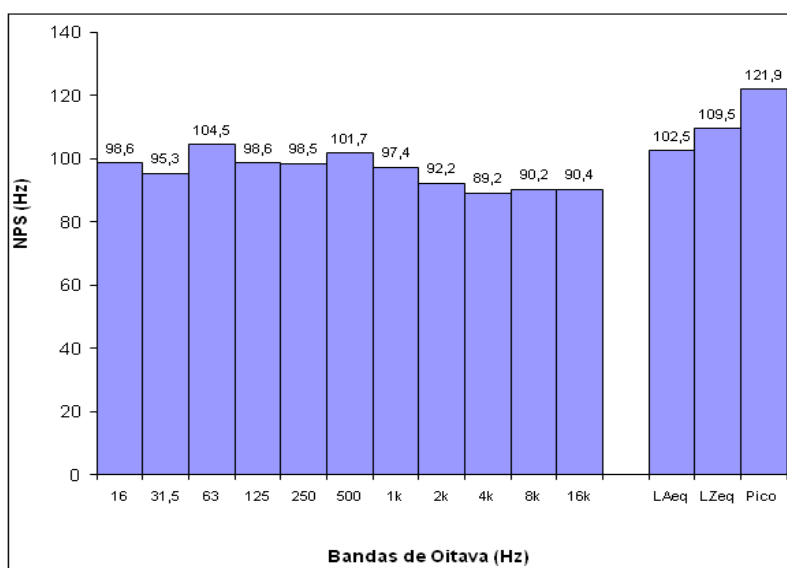


Figura 7 - Gráfico do nível de pressão sonora no ponto P₃ em função do espectro de frequências.

No terceiro regime de operação, o ponto que apresentou o maior nível de pressão sonora foi o ponto P₃. Para esse ponto, os níveis obtido foram LAeq = 100,4 dB, LZeq=123,9 dB e pico máximo de 125,9 dB, conforme mostra a Figura 8.

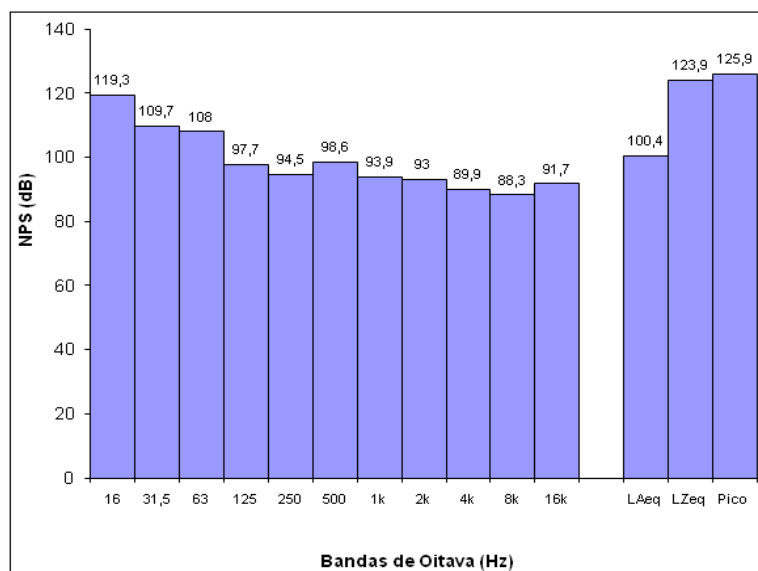


Figura 8 - Gráfico do nível de pressão sonora no ponto P₃ em função do espectro de frequências.

É importante lembrar que o uso do capacete é de uso compulsório e indispensável para todos os tripulantes em atividades aéreas com helicópteros, não somente pela proteção contra impactos em situações de emergência, como também pela atenuação do ruído gerado por estas

aeronaves. Portanto, os tripulantes sempre terão uma atenuação mesmo quando não fizerem uso de protetores auditivos de inserção. Contudo, a proteção acústica dada somente pelo capacete é insatisfatória no caso considerado, pois o tempo de operação em que o ruído como agente físico nocivo fica neutralizado é bastante reduzido, podendo, no entanto, ser aumentado significativamente quando é adicionado o *plug* de ouvido.

Dentre os pontos analisados para o regime de aeronave em voo, o ponto P₃ foi o que apresentou maiores níveis. Conforme mostrado na Figura 8, os resultado da medição neste ponto apresenta um LAeq de 100,4 dB(A) e o maior pico registrado, dentre as demais medições, com valor de 125,9 dB.

De posse dos dados de ruído, analisou-se, por meio do NEP, o quanto de nível de pressão sonora cada tripulante pode estar exposto ao se usar os protetores auditivos analisados no trabalho (capacete e protetor tipo *plug*). O resultado é sumarizado a seguir:

- Pilotos: usando apenas o capacete é registrado um nível de exposição protegida de 88,9 dB(A), podendo voar por um período de 4 h e 30 min. de jornada diária. Fazendo uso conjugado, o valor do NEP diminui para 84,4 dB(A) e aumentando o tempo de voo para 8 h diárias.
- Mecânico e Operador de Equipamento: para estes tripulantes protegidos apenas pelo capacete o nível de exposição é igual a 92,4 dB(A), ficando o tempo de voo limitado a 2 h e 40 min. Fazendo a proteção dupla, este nível é reduzido para 87,9 dB(A) e a jornada de voo é aumentada para 5 h diárias.

A Tabela 1 mostra um resumo da análise das medições e conclusões supracitadas, levando em consideração a situação mais crítica medida em cada regime de operação do helicóptero.

Tabela 1: Nível de Exposição Protegida e Tempo Máximo de Exposição.

Regime de Operação	Pilotos				Mecânico de Vôo/ Operador de Equipamento			
	Somente Capacete	ΔT (h)	Capacete + <i>Plug</i>	ΔT (h)	Somente Capacete	ΔT (h)	Capacete + <i>Plug</i>	ΔT (h)
	NEP (dB)		NEP (dB)		NEP (dB)		NEP (dB)	
1°	81,70	>12:00	76,60	>12:00	90,10	03:30	85,10	07:00
2°	89,10	04:00	84,10	08:00	94,50	02:00	89,50	04:00
3°	88,90	04:30	83,90	> 08:00	92,40	02:40	87,10	05:00

O controle do tempo de exposição ao ruído é uma medida de controle no receptor do ruído. Adicionalmente a esse controle, medidas de redução de ruído podem ser tomadas por meios de ações na fonte do ruído (motor e asas rotativas), tal como ações de controle ativo de ruído desenvolvidas por Yu *et al.* (1997) ou na trajetória do ruído, como por exemplo ações de controle de ruído na cabine do helicóptero (BELANGER *et al.*, 2009; CAILLET *et al.*, 2012).

CONCLUSÕES

Conforme os resultados de medição, a posição mais crítica no interior da cabine está localizada na região de atuação do Mecânico de Voo e Operador de Equipamento, mais precisamente no ponto P₃, que fica ao lado direito da caixa de transmissão de potência. Portanto, a condição de maior restrição à jornada de voo, em que os efeitos nocivos do ruído estão sendo neutralizados, está vinculada a estes tripulantes e possui limitação de 2 h e 40 min. de operação diária, se for usado apenas o capacete de voo; podendo ser sendo aumentada para 5 h, quando for adicionado o protetor auditivo tipo *plug*. Dessa forma, fica claro que o uso do protetor tipo *plug* juntamente com capacete de voo tornam-se indispensáveis para garantir uma boa saúde ocupacional dos ocupantes do helicóptero sob análise, principalmente quando em voos que envolvam grandes deslocamentos.

Diante do exposto, sugere-se que a jornada de voo seja adequada ao nível de exposição protegida (NEP), ou seja, os tripulantes com maior NEP poderão voar por um menor período de tempo, conforme descrito anteriormente em cada regime de operação do helicóptero. Quanto à colocação do EPI, deve-se dedicar maior atenção ao uso correto, higienização e substituição de acordo com a periodicidade de troca prevista no Programa de Conservação Auditiva (PCA) da Unidade Aérea. Quanto ao planejamento, atualização e condução dos exames audiométricos, devem estar sempre em concordância com as normas legais do Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional (PCMSO).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELANGER, Pierre; BERRY, Alain; PASCO, Yann; ROBIN, Olivier; ST-AMANT, Yves; RAJAN, Srivatsa. Multi-harmonic active structural acoustic control of a helicopter main transmission noise using the principal component analysis, *Applied Acoustics*, vol. 70, Issue 1, January, p. 153-164, 2009.

BRASIL. Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), Norma Reguladora NR-15, Capítulo V, Título II, relativa a Segurança e Medicina do Trabalho, 17; Lei nº 6.514 de 22/12/1977, Portaria nº 3.214, de 8/6/1978

CAILLET, Julien; MARROT, Franck; UNIA, Yannick; AUBOURG, Pierre-Antoine. Comprehensive approach for noise reduction in helicopter cabins *Aerospace Science and Technology*, Vol 23, Issue 1, December, p. 17-25, 2012.

GERGES, S. N. Y. Ruído: Fundamentos e Controle. 2.ed. Florianópolis .NR Editora., 2000.

GUYTOM, A. C.; HALL, E. J. Tratado de Fisiologia Médica. 11ª ed. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2006.

NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health. Criteria for recommended standard: Occupational noise exposure. DHHS- Publication No. 98-126. Cincinnati (OH); 1998. Disponível em: < http://www.nonoise.org/noticias_det.php?id=47> Acesso em: 09 mar. 2009.

YU, Yung H.; GMELIN, Bernd; SPLETTSTOESSER, Wolf; PHILIPPE, Jean J.; PRIEUR, Jean; BROOKS, Thomas F. Reduction of helicopter blade-vortex interaction noise by active rotor control technology, *Progress in Aerospace Sciences*, vol. 33, Issues 9–10, p. 647-687, 1997.