

Sobre o Impacto de Infrasons e Ruído de Baixa Frequência na Saúde Pública - Dois Casos de Exposição Residencial

On the Impact of Infrasound and Low Frequency Noise on Public Health - Two Cases of Residential Exposure

Mariana Alves-Pereira^{1,2}, Nuno A. A. Castelo Branco³

¹Direcção de Radiologia da Escola Superior de Saúde Ribeiro Sanches, Rua do Telhal aos Olivais, 8-8A, 1900 Lisboa, Portugal.

²Departamento de Ciências da Saúde, Universidade Lusófona, Av. Campo Grande, 376, 1749-024 Lisboa, Portugal.

³Centro de Performance Humana, Estrada Nacional 10 - Edifício Cinema, Sala 109, 2615-000 Alverca, Portugal.

Resumo

Sabe-se que a exposição ao ruído pode causar a surdez bem como uma pleiade de perturbações tais como incomodidade, hipertensão, e alterações do sono. Geralmente, considera-se que estas situações são causadas pelos fenómenos acústicos processados pelo ouvido. Existem no entanto processos acústicos não processados pelo ouvido mas, não obstante, nocivos. Os infrasons e o ruído de baixa frequência (IRBF, <500Hz) são fenómenos acústicos que podem afectar o organismo humano causando danos irreversíveis, mas que não provocam as perdas auditivas clássicas. Os ambientes acústicos são normalmente compostos por todos os tipos de fenómenos acústicos: tanto os processados pelo sistema auditivo, como aqueles que o não são. Considera-se que os fenómenos acústicos não percebidos pelo ouvido humano não causam qualquer lesão. Isto reflecte-se nos procedimentos de avaliação de ruído utilizados, que apenas requerem a quantificação de fenómenos acústicos perceptíveis ao ouvido humano (daí a unidade dBA). Assim, os estudos que investigam os efeitos da exposição ao ruído em saúde pública, e que não consideram todo o espectro de energia acústica, são enganadores e podem, de facto, estar cientificamente incorrectos. Neste artigo serão descritos dois casos de exposição residencial a IRBF.

Palavras - chave: doença vibroacústica, geradores eólicos, incomodidade ao ruído, cardiovascular.

Abstracts

Noise exposure is known to cause hearing loss and a variety of disturbances, such as annoyance, hypertension and loss of sleep. It is generally accepted that these situations are caused by the acoustical events processed by the auditory system. However, there are acoustical events that are not necessarily processed by the auditory system, but that nevertheless cause harm. Infrasound and low frequency noise (ILFN, <500Hz) are acoustical phenomena that can impact the human body causing irreversible organic damage to the organism, but that do not cause classical hearing impairment. Acoustical environments are normally composed of all types of acoustical events: those that are processed by the auditory system, and those that are not. It is generally assumed that acoustical phenomena not captured by the human auditory system are not harmful. This is reflected by current noise assessment procedures that merely require the quantification of the acoustical phenomena that are audible to human hearing (hence the dBA unit). Thus, studies investigating the effects of noise exposure on public health that do not take into account the entire spectrum of acoustical energy are misleading and may, in fact, be scientifically unsound. Two cases of in-home ILFN are described.

Key - words: vibroacoustic disease, wind turbines, noise annoyance, cardiovascular.

Introdução

Para que o ruído possa ser seriamente considerado como um problema de Saúde Pública, é necessário reconhecer que os fenómenos acústicos não afectam apenas o aparelho auditivo. Ao considerarmos este facto surgem diversas questões, tais como a) que tipos de processos acústicos estão a ser tomados em conta quando se investigam os efeitos do ruído na saúde pública, e b) que tipo de patologia está a ser avaliada nas populações em estudo. Ao classificar os fenómenos acústicos simplesmente como audíveis ou não audíveis, introduz-se um enviesamento considerável nos modelos utilizados para estudar a relação entre o ruído e a Saúde Pública. Logicamente, ao considerar-se que os fenómenos acústicos apenas afectam a saúde pública através do sistema auditivo, tanto os fenómenos acústicos não audíveis, como as patologias não auditivas, são considerados irrelevantes. Por patologia não auditiva entenda-se patologia não induzida exclusivamente através do aparelho auditivo.

O objectivo deste artigo é mostrar como o enviesamento prevalente nos estudos que associam a exposição ao ruído a problemas de saúde pública pode conduzir a conclusões cientificamente inválidas e susceptíveis de induzir em erro. Será também demonstrado como a ausência de pontos de vista alternativos tem permitido que este desvio se mantenha. Serão descritos dois casos de exposição residencial a infrasons e a ruído de baixa frequência.

Considerações Acústicas

O Nível de dBA

Na legislação internacional relativa ao ruído, o nível de dBA constitui o parâmetro padrão de medição, isto é, mede a amplitude acústica média como se estivesse a ser percebida pelo ouvido humano. Deste modo processa-se a correspondência entre a sensibilidade do ouvido humano e as diferentes frequências acústicas, eliminando efectivamente toda a energia acústica correspondente às frequências inaudíveis ou menos audíveis ao ouvido humano. Assim, o nível de dBA descreve a amplitude média de um ambiente acústico audível, e não todo o (real) ambiente acústico^[1-3]. É possível obter uma amplitude média de todo o ambiente acústico, mas apenas se as medições forem feitas em dB, e não em dBA.

O Espectro Acústico

O espectro acústico varia desde 0 Hz até às gamas de gigahertz e superiores. A porção audível do espectro situa-se entre 20 Hz e 20 kHz. Todas as outras

Introduction

If noise is to be taken seriously as a Public Health issue, then it must be recognized that acoustical phenomena does not impinge only on (or via) the auditory system alone. Acknowledging this fact brings several issues into question, such as a) what type of acoustical event is being taken into account when the effects of noise on Public Health are under study, and b) what type of pathology is being evaluated in study populations. When the description of any acoustical event is coarsely classified as either audible or non-audible, then a substantial bias is introduced into research designs that are geared toward investigating the relationships between noise and Public Health. Obviously, if it is only acknowledged that acoustical phenomena impacts Public Health through the auditory system, then non-audible acoustical events are irrelevant, as is non-auditory pathology. By non-auditory pathology it is meant pathology that is not induced exclusively via the auditory system. The goal of this report is to expand on the prevalent bias in studies associating noise exposure to Public Health issues, showing how this bias leads to misleading and/or invalid scientific studies. Two cases of in-home Infrasound and low frequency noise (ILFN, <500Hz) will be described.

Acoustical Considerations

The dBA-level

This parameter is a standard measure in international noise-related legislation. It measures the overall average acoustical amplitude as if it were being heard by humans. It matches the variable human auditory sensitivity to the different acoustical frequencies, effectively eliminating all acoustical energy at frequencies that are inaudible and less-audible to humans. Hence, the dBA-level provides information on the overall average amplitude of the audible acoustical environment, and not of the entire (real) acoustical environment^[1-3]. It is possible to obtain the overall average amplitude of the acoustical environment, but only if measurements are taken in dB, and not in dBA.

The Acoustical Spectrum

The acoustical spectrum ranges from 0 Hz to megahertz ranges and higher. The audible portion is between 20 Hz and 20 kHz. All other frequencies are considered non-audible. The lower section of the non-audible portion is called infrasound, while higher frequencies in the megahertz range and above are called ultrasound. This is the rudimentary manner in

frequências são consideradas não audíveis. À secção inferior da gama de frequências não audíveis chama-se infrasons, enquanto que às frequências mais altas na gama dos megahertz, e acima, se designam ultrasons. É desta maneira rudimentar que a ciência divide o espectro acústico. No caso do espectro electromagnético, a gama do visível compreende a diminuta porção de frequências entre $0.42\text{--}0.75 \times 10^{15}$ Hz, e a porção ultravioleta (UV) ($0.75\text{--}3.0 \times 10^{15}$ Hz) está ela própria dividida em 3 segmentos distintos: UV-A, UV-B e UV-C. Não existe uma segmentação tão refinada para o espectro acústico. Este tópico foi objecto de outros estudos^[4,5].

Análise da Distribuição de Frequências

Não é procedimento padrão, em avaliações de ruído de rotina, obter-se uma análise da distribuição das frequências. Adicionalmente, tornou-se prática comum comparar ambientes acústicos apenas com base nas medições dos níveis de dBA. Embora esta metodologia possa ser válida em estudos clássicos sobre a surdez, é inteiramente inadequada quando se procura conhecer a relação entre exposição ao ruído e Saúde Pública. No presente artigo, infrasons e ruído de baixa frequência (IRBF) referem-se a todos os fenómenos acústicos que ocorrem a frequências iguais ou inferiores a 500 Hz.

Considerações Biológicas

Incapacidade Auditiva

A perda progressiva da audição implica, geralmente, serem necessárias maiores amplitudes acústicas para se conseguir ouvir. É a consequência mais reconhecida da exposição excessiva a fenómenos acústicos audíveis. Esta é a principal razão pela qual a maioria da legislação relativa à protecção ao ruído é baseada no parâmetro dBA parâmetro que simula as características frequências de resposta do ouvido humano.

A perda de audição pode ser avaliada e/ou monitorizada através de audiogramas um teste de audição que quantifica os dB necessários para tornar um certo tom audível ao sujeito. Quanto mais elevado o nível de dB, maior a perda de capacidade auditiva.

Incomodidade ao Ruído

A incomodidade ao ruído é uma sensação experimentada por numerosos indivíduos expostos ao ruído. A incomodidade ao ruído é um parâmetro subjectivo. A Equipa de Trabalho sobre o Ruído da Comissão Europeia apresenta a seguinte definição: *Incomodidade é a expressão científica de uma perturbação não-específica causada pelo ruído (...).*

which science has divided the acoustical spectrum. In the electromagnetic spectrum, the visible portion is the minute section between $0.42\text{--}0.75 \times 10^{15}$ Hz, and the ultraviolet (UV) portion ($0.75\text{--}3.0 \times 10^{15}$ Hz) is, itself, divided into 3 distinct segments: UV-A, UV-B and UV-C. No such refined segmentation exists for the acoustical spectrum. This topic has been the object of other studies^[4,5].

Frequency Distribution Analyses

It is not standard procedure to obtain a frequency distribution analysis during routine noise assessments. Moreover, it has become common practice to compare acoustical environments merely based on dBA-level measurements. While this might be a valid methodology when the classical hearing impairment/skills are under study, it is entirely unsound if one seeks knowledge on the association between noise exposure and Public Health. In this report, infrasound and low frequency noise (ILFN) refers to all acoustical phenomena that occur at frequencies equal to, or below, 500 Hz.

Biological Considerations

Hearing Impairment

In general, hearing impairment means that larger amplitudes of acoustical energy are required in order to be heard. Hearing impairment is the most recognized consequence of excessive exposure to audible acoustical phenomena. This is the main reason why most international legislation regarding noise protection is based of the dBA parameter one which simulates the characteristic frequency response of the human ear.

Hearing loss can be assessed and/or monitored through audiograms a hearing test which measures the dB's required to make a tone audible to the subject. The higher the dB-level, the larger the amount of hearing loss.

Noise Annoyance

Noise annoyance is a distressing feeling that can be felt by noise-exposed individuals. It is a subjective parameter. The European Commission's Noise Team maintains: *Annoyance is the scientific expression for the non-specific disturbance by noise, as reported in a structured field survey. Nearly every person that reports to be annoyed by noise in and around its home will also experience one or more of the following specific effects: Reduced enjoyment of balcony or garden; When inside the home with windows open: interference with sleep, communication, reading,*

Quase todos os indivíduos que afirmam sentir-se incomodados com o ruído, dentro e em redor das suas residências, experimentam também um ou mais dos seguintes efeitos específicos: redução da satisfação retirada da permanência em varandas/alpendres ou quintais; quando dentro de casa com as janelas abertas: interferências com o sono, comunicação, e actividades como ler, ver televisão, ouvir música ou rádio; necessidade de fechar as janelas do quarto de modo a evitar distúrbios no sono. Alguns dos indivíduos que se incomodam com o ruído também experimentam um ou mais dos seguintes efeitos: distúrbios no sono com janelas e portas fechadas; interferências na comunicação e outras actividades com janelas e portas fechadas; efeitos na saúde mental; perdas auditivas induzidas pelo ruído; hipertensão; doença coronária isquémica^[6].

A posição destes autores em relação à incomodidade, ou hipersensibilidade ao ruído, difere daquilo que é aceite pela generalidade da comunidade científica. Para esta equipa de investigadores, às queixas de incomodidade ao ruído é dada a importância de um sintoma clínico, e sugerem a forte possibilidade de exposições cumulativas e excessivas a IRBF.

De acordo com as hipóteses de trabalho já avançadas por esta equipa, a incomodidade ao ruído pode ocorrer devido à fusão dos stereocílios do órgão de Corti, entre si e também com a placa tectorial superior, tal como observado em ratos expostos a IRBF^[4,7-10]. A ondulação da membrana basal (onde estão ancorados os stereocílios) aquando da transdução de um evento acústico, irá provocar o movimento dos stereocílios que, por fusão, agora formam uma estrutura rígida. Foi já postulado que esta alteração morfológica poderá estar na origem do desconforto (incomodidade) sentido quando na presença de ruído.

Danos Estruturais

Quando as estruturas sólidas vibram, a sua integridade estrutural pode ser ameaçada. O reforço estrutural é, frequentemente, a contra-medida aplicada em estruturas que necessitam de permanecer em ambientes vibratórios. Quando o IRBF, propagado pelo ar, choca com o tecido biológico (viscoelástico), é desencadeado um movimento vibratório das camadas de células, uma ocorrência que pode ser empiricamente experimentada em qualquer discoteca do mundo. Como resposta não inflamatória do organismo dá-se a produção de colagénio. O colagénio é uma proteína que fornece rigidez mecânica ao tecido e, por este motivo, é muitas vezes considerado como o “aço” do corpo humano. O aumento de produção de colagénio na presença de IRBF pode ser interpretado como uma tentativa de reforço da integridade estrutural por parte das estruturas biológicas. Diversos

watching television, listening to music and radio; Closing of bedroom windows in order to avoid sleep disturbance. Some of the persons that are annoyed by noise also experience one or more of the following effects: Sleep disturbance when windows and doors are closed; Interference with communication and other indoor activities when windows and doors are closed; Mental health effects; Noise-induced hearing impairment; Hypertension; Ischemic heart disease^[6].

The position of these authors regarding annoyance differs somewhat from what is generally accepted by mainstream scientists. For this team of researchers, complaints of noise annoyance are given the importance of a clinical symptom, and indicate the possibility of cumulative excessive exposures to ILFN. It has been postulated by this team that the symptom of annoyance is justified by underlying organic lesions. Although already described in previous papers^[4,7-10], briefly, it has been proposed that the solidity of fused cochlear cilia, both amongst themselves, as well as to the upper tectorial membrane (a consequence of ILFN-exposure in rats), will cause discomfort (i.e., annoyance) when the basal membrane moves in response to the presence of an acoustical stimulus.

Structural Damage

When solids vibrate, their structural integrity may be threatened. Structural reinforcement is often the counter-measure applied to structures that must be able to exist in a vibrating environment. When airborne ILFN impacts on biological (viscoelastic) tissue, this triggers a vibratory motion of sheets of cells, an event that can be empirically established in any dance-club of the world. As a non-inflammatory response, the organism reacts by producing collagen. Collagen is a protein which imparts mechanical strength to the tissue and, for that reason, it is often considered the “steel” of the human body. The increased production of collagen in the presence of ILFN can be interpreted as an attempt, on behalf of the biological structure, to reinforce its structural integrity. Numerous studies on ILFN-exposed humans and animals demonstrate and corroborate this position^[8,11-17].

Cardiovascular Disease

The commonly held notion is that excessive noise causes annoyance which, in turn, triggers the standard generalized stress symptoms that, if sustained, can lead to cardiovascular disease. While this may be true, it is also a fact that cardiovascular disease can equally be the consequence of atherosclerotic plaque formation in blood vessels, constricting the lumen and, subsequently, restricting blood flow, potentially

estudos em seres humanos e noutros animais expostos a IRBF demonstram e corroboram esta posição^[8,11-17].

Doença Cardiovascular

O conceito geralmente aceite é o de que o ruído excessivo causa incomodidade que, por sua vez, desencadeia as conhecidas cascatas bioquímicas associadas a situações de stress fisiológico, que, a serem mantidas, podem conduzir a doenças cardiovasculares. Embora isto seja verdade, é também um facto que as doenças cardiovasculares podem igualmente ser consequência da formação de placas ateroscleróticas nos vasos sanguíneos que, diminuindo o lúmen, podem eventualmente causar isquemia.

Nos vasos sanguíneos expostos a IRBF (tanto em modelos humanos como em modelos animais^[8,12,13,18,19], a camada média das paredes encontra-se extremamente espessada devido ao aumento de colagénio, acima explicado. Desta forma, atinge-se o estreitamento do lúmen e a restrição do fluxo sanguíneo, embora através de um processo diferente. Este espessamento das estruturas cardiovasculares pode ser directamente observado por ecocardiografia^[20,21].

O espessamento das paredes ocorre em vasos sanguíneos expostos a IRBF, tanto de pequenas como de grandes dimensões^[8,12,13,18,19], o que pode conduzir directamente a doenças coronárias. Em muitos indivíduos expostos a IRBF recomendam-se as cirurgias de bypass cardíaco^[11]. De facto, as doenças cardiovasculares e a exposição a IRBF estão correlacionadas mas, tal como no caso da incomodidade, existe uma explicação mais morfológica para esta patologia do que somente os clássicos distúrbios bioquímicos desencadeados pelo stress fisiológico.

Exposições Cumulativas

Os IRBF estão presentes em todas as áreas urbanas, em muitas áreas suburbanas, em algumas áreas rurais, em numerosos locais de trabalho, e numa grande variedade de locais e actividades de lazer. Deste modo, a exposição a IRBF pode ocorrer numa grande variedade de situações, não sendo o automóvel a menos comum. Os níveis de IRBF dentro de automóveis são mais elevados do que os que ocorrem nos cockpits da aviação comercial^[2]. Os pilotos da aviação comercial são um dos grupos profissionais com maior risco de desenvolver patologias induzidas por IRBF, uma vez que trabalham num ambiente rico em IRBF^[21,22]. O mesmo ocorre no caso dos tripulantes de cabine das linhas aéreas comerciais, i.e., assistentes de bordo^[21,22]. A exposição a IRBF pode ocorrer no trabalho e/ou em casa e/ou durante as actividades de lazer. As estruturas biológicas não distinguem entre exposições

causing ischemia.

In ILFN-exposed blood vessels (of both animal and human models^[8,12,13,18,19], the media layer of blood vessel walls is greatly thickened by the increased amount of collagen (explained above). Hence, the same effect of lumen constriction and blood flow restriction is achieved, albeit through a different process. This thickening of cardiovascular structures can be readily observed through echocardiography^[20,21].

Both large and small ILFN-exposed vessels appear with thickened walls^[8,12,13,18,19] and this can lead, directly, to coronary heart disease. In many cases, cardiac bypass surgeries are recommended for these ILFN-exposed individuals^[11]. Indeed, cardiovascular disease and ILFN exposure are correlated but, as with annoyance, there is a more morphological explanation for this pathology than the classical, stress-triggered chemical cascade alone.

Cumulative Exposures

ILFN is prevalent in all urban areas, in many suburban areas, in some rural areas, in numerous occupational settings, and in a wide variety of recreational activities. Hence, an individual's exposure to ILFN can occur in a variety of venues, not the least common of which is the automobile. Levels of ILFN inside ordinary cars are higher than in cockpits of commercial airliners^[2]. Cockpit workers (i.e., commercial airline pilots) are one of the professional groups with the highest risk of developing ILFN-induced pathology, because they work in ILFN-rich environments^[21,22]. The same can be said of commercial airline cabin crewmembers, i.e., flight attendants^[21,22].

ILFN exposure can occur on-the-job and/or in the home and/or during leisurely activities. Biological structures do not discriminate between occupational, residential or recreational exposures of the organism to ILFN; they respond to the frequency and amplitude of the acoustical event(s), and not to different social settings of ILFN exposure.

Hence, when noise as a Public Health issue is considered, it is not scientifically sound to merely gather data on populations' residential areas (for example). Professional, recreational and even fetal exposures must also be taken into account, if bona fide data on the relationship between noise exposure and Public Health is genuinely sought.

Vibroacoustic Disease: ILFN-Induced Pathology

The clinical pathology developed by persons who are excessively exposed to ILFN is called vibroacoustic disease (VAD)^[23,24]. On March 8th, 2007, and for the first time, the Portuguese Ministry of Labor, through its National Center for Occupational Diseases, attributed

ocupacionais, residenciais ou recreativas do organismo a IRBF; elas respondem às frequências e amplitudes dos fenómenos acústicos, e não às diferentes situações sociais de exposição a IRBF.

Partindo destes factos, quando consideramos o ruído como um problema de saúde pública, não é cientificamente válido recolher somente dados das áreas residenciais das populações, por exemplo. É imperativo considerar também as exposições profissionais, recreativas e até as intra-uterinas, se o objectivo real é de facto recolher dados fidedignos sobre a relação entre a exposição ao ruído e a saúde pública.

Doença Vibroacústica: Uma Patologia Induzida por IRBF

À patologia desenvolvida por indivíduos excessivamente expostos a IRBF denomina-se doença vibroacústica (DVA) ^[23,24]. A 8 de Março de 2007, e pela primeira vez, o Ministério do Trabalho e Solidariedade Social português, através do seu Centro Nacional de Protecção contra os Riscos Profissionais, atribuiu um grau de incapacidade por doença profissional de 100% a uma assistente de bordo de 40 anos de idade, a quem tinha sido diagnosticada DVA desde 2001. Reconhecer que existe uma patologia induzida por IRBF implica categoricamente reconhecer os IRBF como um agente patológico. Apesar dos casos mais rigorosamente documentados de DVA se deverem a exposição ocupacional ^[21,24,25], diversos trabalhos foram já publicados acerca de casos individuais de DVA causada por exposição ambiental, normalmente nas residências ^[26,27].

Não são ainda conhecidas as relações dose-resposta para a exposição a IRBF e, consequentemente, não está estabelecida uma metodologia para avaliação do risco de desenvolvimento de DVA. Esta situação deve-se, em parte, à segmentação inadequada do espectro acústico, como explicado anteriormente (Secção 2) e noutros artigos ^[4,5]. Não existem estudos epidemiológicos em grande escala, em parte porque os IRBF não foram ainda considerados como agente patológico. É também por esta razão que a protecção, a prevenção e a delimitação de zonas próprias para actividades ricas em IRBF nunca foram, e, no conhecimento destes autores, não estão a ser considerados. Também as vias terapêuticas farmacológicas para as patologias relacionadas com IRBF nunca foram, e, tanto quanto é do conhecimento deste autores, não estão a ser exploradas.

Não obstante, a DVA pode ser prontamente diagnosticada através de exames ecocardiográficos e broncoscópicos ^[21,22,26,28,29]. Apesar da broncoscopia fornecer provas forenses sólidas quanto à existência de DVA, devido à sua natureza invasiva esta apenas é

100% profissional disability to a 40-year-old flight attendant, who had been diagnosed with VAD since 2001. Acknowledging that an ILFN-induced pathology exists categorically implies the recognition of ILFN as an agent of disease. Although the most thoroughly documented cases of VAD have been due to occupational exposures ^[21,24,25], several reports have already been produced regarding individual cases of VAD caused by environmental exposure to ILFN, usually within the home ^[26,27].

Dose-responses for ILFN and, consequently, for assessing the risk for developing VAD are non-existent. This situation is partially a consequence of the inadequate segmentation of the acoustical spectrum, as explained above (Section 2) and elsewhere ^[4,5]. Large-scale epidemiological studies are non-existent, partially because ILFN has not yet been acknowledged as an agent of disease. For the same reason, protection, prevention, and zoning areas for ILFN-rich activities have not been and, to these authors' knowledge, are not being considered. Pharmacological therapeutic pathways for VAD-related pathology have also not been and, to these authors' knowledge, are not being explored.

Nevertheless, VAD can be readily diagnosed through echocardiography and/or through bronchoscopic examinations ^[21,22,26,28,29]. Although bronchoscopy provides strong forensic evidence for the existence of VAD, because of its invasive nature it is only performed when legal proceedings are involved.

realizada quando estão em causa procedimentos médico-legais.

Doença Vibroacústica e Saúde Pública - 2 Casos

Nesta altura, os autores gostariam de clarificar que 1) não possuem quaisquer sentimentos anti-tecnológicos; 2) consideram complexos industriais bem como as formas alternativas de energias renováveis como desenvolvimentos tecnológicos importantes e bem-vindos; 3) todos os dados são analisados com o único objectivo do avanço do conhecimento científica; 4) não foi recebida qualquer remuneração por parte das famílias envolvidas neste estudo; e 5) de modo algum, deverá este trabalho ser interpretado ou utilizado como argumento contra a implementação de geradores eólicos e/ou silos de cereais.

Serão descritos dois casos de exposição residencial a IRBF.

O caso 1 (Família F.) começou a ser documentado em 2004^[27]. A família F., constituída por uma mãe (engenheira florestal), um pai (arquiteto) e um filho com 10 anos de idade, tem sido exposta a IRBF gerados por um silo de cereais internacional de águas profundas (SIAP), localizado na Trafaria, distrito de Almada, Portugal (figuras 1 e 2). O SIAP situa-se na margem do Tejo contrária à da casa da família F. (figura 2) e é gerido pela Autoridade Portuária de Lisboa.



Figura 1 - Silo internacional de águas profundas (SIAP), na Trafaria.

Figure 1 - Trafaria Deep Water Terminal (TDWT).

Vibroacoustic disease and Public Health - Case Reports

At this juncture, the authors would like to clarify that they are not party to anti-technology sentiments, and that they welcome large industrial plants, such as grain terminals, as well as alternative forms of renewable energy, such as wind turbines. The authors further clarify that these data have not be scrutinized under any agenda other than that of scientific inquiry.

Two cases of in-home exposure to ILFN will be described.

Case 1 (Family F.) was first documented in 2004^[27]. Family F. consists of mother (forestry engineer), father (architect) and 10-year-old son who have been exposed to ILFN generated by a deep water grain terminal (TDWT), located in Trafaria, District of Almada, Portugal (Figs. 1,2). The TDWT is across the Tagus River from Family F.'s home (Fig. 2), and is operated by the Lisbon Port Authority.



Figura 1 - Vista da casa da Família F., localizada em Lisboa. Na outra margem do Tejo encontra-se o SIAP.

Figure 1 - View from the home of Family F., located in Lisbon. Across the Tagus River is the TDWT.

O segundo caso é mais recente. A Família R. vive numa quinta de criação de cavalos e touros, localizada a uma hora a norte de Lisboa, numa zona rural agrícola. Esta família é composta por uma mãe, um pai, um filho de 12 anos e uma filha de 8 anos. Em Novembro de 2006, começaram a rodar 4 geradores eólicos (2 MW cada) em redor da sua quinta, a aproximadamente 332 m, 540 m, 580 m e 643 m da sua residência (ver figura 3, 4). A distância dos geradores aos estábulos é menor do que a distância destes à casa.



Figura 3 - Quinta da Família R., isolada no canto superior esquerdo, com os quatro geradores eólicos.
Figure 3 - Farm of Family R. isolated on upper left with the four wind turbines.

O detalhe e a precisão de medições acústicas dependem do tipo de equipamento disponível. Ambas as análises acústicas foram obtidas em bandas de 1/3 de oitava e em dB lineares (não em dBA), tendo todo o equipamento sido devidamente calibrado.

As medições na casa da Família F. foram efectuadas com um sonómetro Brüel&Kjaer 2260, equipado com um microfone de 1/2" (B&K, modelo 4189). Os registos foram obtidos em períodos de 15 minutos, durante 3 horas, com início às 21 horas no dia 4 de Fevereiro de 2004^[27]. O limite inferior da análise de frequências foi de 6.3 Hz.

Para as medições na casa da Família R. utilizaram-se dois sonómetros 01dB Symphonie, equipados com microfones de 1/2" (GRAS, modelo 23606). As medições foram obtidas em períodos de 30 minutos, continuamente durante 12 dias, entre 5 e 16 de Abril de 2007. O limite inferior da análise de frequências foi de 1 Hz. Simultaneamente, obtiveram-se dados sincronizados relativos à vibração e velocidade do vento.

The second case is more recent. Family R. lives on a horse- and bull-breeding farm, located in a zoned, rural agricultural area, 1 hour north of Lisbon. Family R. consists of mother, father, 12-year-old son, and 8-year-old daughter. In November 2006, 4 wind turbines (2MW each) were installed around Family R.'s farm, at approximately 322m, 540m, 580m and 643m from the residential home. The distance to the stables is less than to the residential house (See Fig. 3, 4).



Figura 4 - Quinta da Família R., com dois dos quatro geradores, localizados a, aproximadamente, 322 m e 643 m da casa.

Figure 4 - Farm of Family R., with the two of the turbines at approximately 322m and 643m from the home.

The detail and accuracy of acoustical measurements greatly depends on the type of equipment available. Both noise assessments were obtained in 1/3 octave bands and in linear dB (not dBA), and all equipment was duly calibrated.

Acoustical measurements at the Family F. home were conducted with one Brüel&Kjaer 2260 sound level meter, equipped with a 1/2" microphone (B&K, model 4189). Measurements were obtained in periods of 15-min, for 3 hours, starting at 9 p.m. (evening period) on Feb 4th, 2004^[27]. The lower limiting frequency was 6.3 Hz.

Those conducted at the Family R.'s home used two 01dB Symphonie sound level meters, equipped with 1/2" microphone (GRAS, model 23606). Measurements were obtained in periods of 30-min, continuously for 12 days, between Apr 5th-16th, 2007. The lower limiting frequency was 1 Hz. Simultaneous and synchronized accelerometer and wind speed data were also acquired.

A Doença Vibroacústica na Família F.: Documentado em 2004

O Sr. F. não apresenta, aparentemente, sintomas. Queixa-se de falta de concentração e irritação em geral, e tem graves surtos de rosácea. Sempre viveu nos subúrbios de Lisboa e trabalha no centro de Lisboa há 10 anos. A Sr.^a F. foi diagnosticada com hepatite A, mononucleose e rinite alérgica. Enquanto ainda era estudante universitária, foi diagnosticada com epilepsia tardia, para a qual não se encontra, presentemente, medicada. Queixa-se de dores no corpo, particularmente no ombro direito, joelho esquerdo, costas e pescoço. Os raios-X não revelaram nenhuma anomalia. Sempre sofreu de dores de cabeça, principalmente ao longo da parte de trás do pescoço. Há aproximadamente 4 ou 5 anos, dentro de um supermercado num centro comercial, sentiu uma violenta taquicardia, acompanhada de sensação de desmaio. Foi levada para um hospital onde um subsequente electrocardiograma não revelou anomalias. A Sr.^a F. trabalha em gabinetes administrativos do governo no centro de Lisboa há 16 anos. O filho, de 10 anos de idade, sofreu de asma até ao primeiro ano de vida. Aos 5-8 meses foi medicado para refluxo, e depois novamente até atingir um ano de idade. Aos oito meses sofreu de pneumonia. Após o primeiro ano começou a desenvolver repetidas infecções no ouvido, que não respondiam aos antibióticos. Aos 3 anos foi operado ao ouvido. Aos 5 anos, na escola, perdeu subitamente a visão, e foi levado para um hospital, tendo um electroencefalograma conduzido ao diagnóstico de epilepsia. . Costumava ter frequentes hemorragias nasais, sem causa aparente, mas estas foram diminuindo com a idade. Não existe historial de febre reumática nem de exposição a radiação ou amianto^[27]. Através de ecocardiografia, os três membros da família revelaram o característico espessamento das estruturas cardiovasculares, normalmente encontrado em pacientes com DVA, nomeadamente no pericárdio e válvula mitral. A condição cardiovascular mais grave foi a observada no filho, provavelmente devido à sua mãe ter passado os meses de gestação da gravidez nessa mesma casa, rica em IRBF. Para uma descrição mais detalhada dos achados ecocardiográficos desta família, ver^[27]. Epilepsia tardia^[24,29], hemorragias nasais^[23,24], taquicardia^[23,24], dores musculares e nas articulações sem corroboração imagiológica, apesar das contínuas queixas dos pacientes^[23,24], são comuns nos doentes com DVA^[23,24]. As patologias respiratórias foram já intimamente relacionadas com a exposição aos IRBF, tanto por esta equipa^[26,28,30-32], como por outros autores^[33-36]. Esta família continua a ser seguida por esta equipa, e escolheu permanecer na mesma casa rica em IRBF, no entanto mudaram os quartos para a parte de trás da casa.

Vibroacoustic Disease in Family F.: Documented in 2004

Mr. F. is apparently asymptomatic. He complains of a lack of concentration and overall irritation, and has severe bouts of rosacea. He has always lived the suburbs of the city of Lisbon, and has been working in the centre of Lisbon for the past 10 years. Mrs. F. has been diagnosed with hepatitis A, mononucleosis and allergic rhinitis. While still a student in university, she was once diagnosed with a late-onset epileptic seizure, for which she is currently unmedicated. She complains of body aches, particularly in the right shoulder, left knee, back and neck. X-rays have not revealed any abnormalities. She has always had headaches, mostly irradiating along the back of the neck. Approximately 4 or 5 years ago, while in a shopping mall supermarket, Mrs. F. suffered a violent tachycardia, with feelings of faintness. She was taken to the hospital where a subsequent EKG did not disclose abnormalities. Mrs. F. has worked in governmental administrative offices, in the centre of Lisbon for the past 16 years. Ten-year-old P. suffered from asthma until the age of 1 year. At the 58 months of age, he was medicated for reflux, and then again until he was 1 year old. At 8 months he suffered pneumonia. After the age of 1, he began to develop repeated ear infections that were not responsive to antibiotics. At age 3 he underwent ear surgery. At the age of 5, at school, he suddenly lost his vision, and was taken to the hospital where the EEG revealed a late onset epileptic seizure. Nose bleeds without an apparent cause used to be frequent, but have subsided with age. There is no history of rheumatic fever, radiation or asbestos exposure^[27]. Through echocardiography, all disclosed characteristic thickening of cardiovascular structures normally seen in VAD patients, namely the pericardium and mitral valve. The most severe cardiovascular condition was observed in 10-year-old P., most probably because the mother spent the pregnancy gestation months in that same ILFN-rich home. For a more detailed description of echocardiography findings in this family, see^[27]. Late-onset epilepsy^[24,29], nose bleeds^[23,24], tachycardia^[23,24], muscular and joint pain with no imaging corroboration despite sustained patient complaints^[23,24], are common in VAD patients^[23,24]. Respiratory pathology has already been closely linked to ILFN exposure, both by this team^[26,28,30-32], and by other authors^[33-36]. This family continues to be followed by this team, and has chosen to remain in the ILFN-rich home, but have relocated their bedrooms to the back of the house.

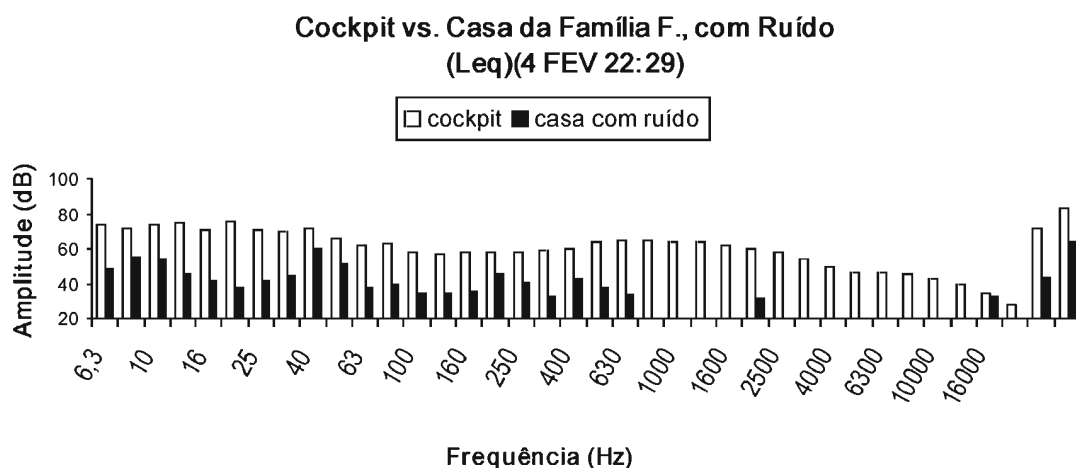
Medições Acústicas na Residência da Família F.: Dados de 2004

Há alguns anos, esta equipa adoptou um método para poder comparar, adequadamente, diferentes níveis de IRBF. Como explicado anteriormente (Secção 3.5), o ambiente acústico nos cockpits das linhas aéreas comerciais conduz ao desenvolvimento da DVA. Como não existem padrões definidos para os níveis de IRBF, esta equipa tem usado os níveis acústicos obtidos no cockpit como padrão.

Deste modo, a figura 5 compara os IRBF encontrados em cockpits com os níveis obtidos na casa da família F. Este foi o primeiro caso documentado de DVA induzida por exposição ambiental^[27].

Acoustical Measurements at the Home of Family F.: 2004 Data

Several years ago, this team adopted a method whereby the levels ILFN could be adequately compared to each other. As explained above (Section 3.5), the acoustical environment of commercial airline cockpit is conducive to VAD. Since no standards for ILFN exist, this team has been using the acoustical levels obtained in the cockpit as a standard. Hence, Fig. 5 compares the ILFN obtained in the cockpit to that obtained in Family F.'s home. This was the first documented case of environmentally-induced VAD^[27].



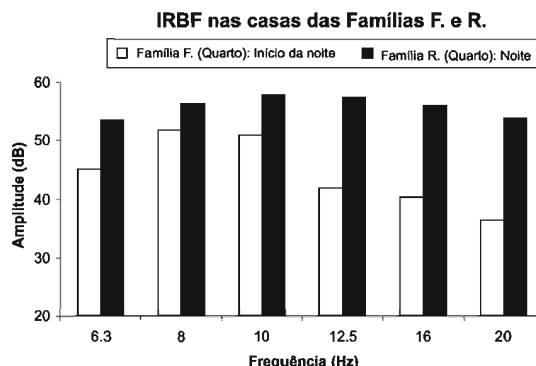


Figura 6 - Comparação da distribuição de frequências dentro das bandas dos infrasons (< 20 Hz), obtida na casa da Família F. durante o início da noite (20h-23 h), com a distribuição obtida na casa da Família R. durante a noite (23h-7h) (valores de Leq em dB).

Figure 6 - Comparison of the frequency distribution within the infrasound bands (<20 Hz), obtained in the home of Family F. during Evening hours (8-11 pm), with that obtained in the home of Family R. during Night hours (11 pm-7 am) (Leq values in dB).

A Doença Vibroacústica na Família R.

Os geradores eólicos instalados em torno da casa da Família R. entraram em operação em Novembro de 2006. Em Março de 2007, os pais receberam uma carta da escola, perguntando qual a razão para o acentuado decréscimo das capacidades de concentração e memória do seu filho de 12 anos, e qual o motivo para o excessivo cansaço que exibia durante as aulas de educação física. A escola perguntava aos pais se o rapaz estaria a dormir o suficiente durante a noite.

Toda a família efectuou já os testes de diagnóstico típicos da DVA, incluindo ecocardiogramas, que não revelaram espessamentos significativos das estruturas cardiovasculares. Foram removidos fragmentos de tecido aos animais agendados para abate, que serão submetidos às análises por microscopia óptica e electrónica habitualmente efectuadas por esta equipa em fragmentos de tecido expostos a IRBF. Estes procedimentos serão repetidos de seis em seis meses, e serão emitidos relatórios de acompanhamento.

Discussão

Alguns problemas...

Num mundo perfeito, projectado para os mais eficientes e precisos estudos científicos, todas as avaliações de ruído deveriam ser executadas com o mesmo tipo de equipamento e seguindo os mesmos procedimentos. Como esta situação não é exequível, e apesar das calibrações de fábrica e in situ, permanecerá sempre uma dúvida legítima: poderão as diferenças entre os níveis de IRBF nas casas das famílias F. e R. dever-se exclusivamente a diferenças nos equipamentos de medição e nos procedimentos? Talvez esta questão se desvaneca se, e quando, os

Vibroacoustic Disease in Family R.

The wind turbines installed around Family R.'s home began operation in November 2006. In March 2007, the parents received a letter from the school inquiring about the reason for the sharp decrease in the memory and attention skills of the 12-year-old child, and the overwhelming tiredness he exhibited during physical education classes. The school questioned the parents if the boy was getting enough hours of sleep during the night.

The entire family has already received the typical VAD diagnostic tests, including echocardiograms which did not disclose any significant thickening of cardiovascular structures. Tissue fragments have been removed from the farm animals that have been scheduled for slaughter, and will be submitted to the light and electron microscopy analyses that this team usually conducts on ILFN-exposed tissue fragments. These procedures will be repeated every 6 months, and follow-up reports will ensue.

Discussion

Some Problems...

In a perfect world, designed for the most efficient and accurate scientific studies, all noise assessments ought to be conducted with the same equipment and with the same procedures. This is not feasible. So, despite on-site and factory calibrations, a legitimate question will always remain: can the differences between the ILFN levels in the homes of Family F. and Family R. be due to differences in the noise measuring equipment and procedures alone?

Maybe, if and when VAD-related symptoms are documented in Family R., this question can be put to

sintomas relacionados com a DVA estiverem documentados na família R. No entanto, deve reconhecer-se que esta filosofia de acção não é, de todo, éticamente aceitável. Tendo em conta todos os avanços alcançados por esta equipa, relativamente aos perigos da exposição excessiva a IRBF e ao risco de desenvolvimento de DVA em ambientes ricos em IRBF, estes dados deveriam ser suficientes para a adopção de medidas preventivas.

Zonamento Activo e Efectivo de Locais Produtores de IRBF

A aparente dicotomia entre desenvolvimento económico ou populações saudáveis é, na realidade, um obstáculo a uma verdadeira resolução de problemas. No caso particular do IRBF, existe uma terceira alternativa que poderia combinar, equilibradamente, a existência de instalações ou locais produtores de IRBF e as populações humanas: leis de ordenamento eficazes. Nas áreas urbanas, os bairros residenciais poderiam ser colocados por trás dos grandes prédios de escritórios, em vez de perto de vias automóveis de grande volume. Os grandes complexos industriais poderiam ser apenas autorizados dentro de parques industriais, longe das áreas residenciais. E os geradores eólicos *poderiam* estar confinados em parques eólicos, localizados a distâncias seguras (ainda por determinar) das casas. Dado o conhecimento actual acerca dos efeitos a longo prazo da exposição a IRBF na saúde humana, este tipo de propostas não são nem insensatas, nem impraticáveis.

Em Defesa das Actividades Produtoras de IRBF

Os cientistas não são indiferentes às vantagens sociais e económicas dos silos de cereais de águas profundas e de geradores eólicos. Também não lhes é alheio as necessidades de sociedades tecnológicas, em crescimento constante. Os locais e equipamentos produtores de IRBF estão associados às sociedades modernas, incluindo até um vasto número de actividades recreativas e de lazer.

Não obstante, a vida humana deve ser sempre considerada como o factor de maior importância, e a importância da Saúde Pública atesta a preocupação que as sociedades têm demonstrado para com a saúde das suas populações. Na história recente da humanidade, outros agentes patogénicos associados a actividades industriais foram também problemáticos (por exemplo, fumos e odores tóxicos ou poluentes químicos no ar e água), e na maioria dos casos a resolução passou pela aplicação de leis de ordenamento destas actividades.

Existe uma razão para a qual não se pode criar suínos na baixa Lisboa: ordenamento das áreas industriais.

rest. But, it must be recognized that this course of action lacks an ethical basis. Given what has already been put forth to date by this team, regarding the dangers of excessive ILFN exposure and the risk of developing VAD in ILFN-rich environments, it would seem that these data are sufficient for some sort of precautionary measure.

Active and Effective Zoning of ILFN-Producing Facilities

The apparent dichotomy between economic development or healthy populations is a hindrance to real problem-solving. In this particular case, there is a third solution that could amicably combine the existence of ILFN-producing facilities and human populations: effective zoning laws. In urban areas, residential neighborhoods could be located behind large office buildings, instead of next to high-volume highways. Large industrial complexes could only be authorized within industrial parks, away from residential areas. And wind turbines could be confined to wind parks, located at safe (yet to be determined) distances from homes. Given what is known to date about the long-term effects of ILFN exposure on human health, these are neither unreasonable nor unfeasible propositions.

In Defense of ILFN-Producing Facilities

Scientists are not oblivious to the social and economical advantages of deep water grain terminals and wind turbines. Nor are they indifferent to the requirements of an ever-increasing technological society. In no way can or should this report be construed as a document arguing against wind turbines and/or against grain terminals. ILFN-generating facilities are inextricably linked with modern societies, even in a vast number of recreational activities.

Nevertheless, human life must always be at the highest exponent of importance, and the field of Public Health attests to the concerns that societies have had with the health of their populations. In humankind's recent history, other agents of disease associated with industrial activities were once also a problem (e.g., toxic odors or air- and water-borne chemical substances), and most of them have been dealt with through zoning laws. There is a reason why one can no longer set up a pig farm in downtown Manhattan: industry zoning laws.

Conclusões

Em relação ao ruído e à Saúde Pública:

- Os estudos devem considerar os IRBF, se se deseja, realmente, obter dados úteis e rigorosos;
- O espectro acústico deve sofrer uma maior segmentação e a unidade dBA deve ser abolida das avaliações de IRBF;
- A DVA, i.e., a patologia induzida por exposição a IRBF, não se restringe a exposições ocupacionais, tendo já sido documentada como resultado de contaminação residencial por IRBF.

Em relação à exposição residencial a IRBF:

- Os níveis de IRBF dentro da residência perto dos geradores eólicos (Família R.) são maiores do que os encontrados na casa afectada pelos silos de cereais (Família F.);
- A Família F., desenvolveu a DVA por viver na proximidade de uma fonte intensa de IRBF;
- Caso a Família R. decida permanecer na sua actual residência, é elevada a probabilidade de ela, também, desenvolver DVA.

Se os efeitos do ruído na saúde pública são realmente uma preocupação, então o senso comum, os dados científicos e os processos de raciocínio lógico ditam que a) os fenómenos acústicos são capazes de induzir uma patologia irreversível, não relacionada com as clássicas perdas de audição; b) a energia acústica, distribuída ao longo do seu espectro de frequências, deve ser correcta e atempadamente avaliada; e c) os sinais e sintomas patológicos devem ser correctamente identificados e objectivamente avaliados.

Agradecimentos

Os autores agradecem a ambas as famílias por todas as contribuições prestadas a este estudo científico e a António Galvão e Maria João Gaveta pelo auxílio na tradução.

Conclusions

Regarding noise exposure and Public Health:

- Studies must take ILFN into account if useful and accurate data are, indeed, desired;
- The acoustical spectrum should be further segmented and the dBA unit should be abolished from ILFN assessments;
- VAD, i.e., ILFN-induced pathology, is not restricted to occupational exposures and has been documented as a result of in-home ILFN contamination.

Regarding in-home ILFN exposure:

- ILFN levels inside the home near wind turbines, Family R., are larger than those inside the home near a grain terminal Family F.;
- Family F., living near the grain terminal developed VAD;
- Family R. will also develop VAD should they choose to remain in their home.

If the effects of noise on Public Health are truly a concern then common sense, scientific data and logical thought processes dictate that a) acoustical phenomena is capable of inducing irreversible pathology unrelated to the classical hearing impairment; b) acoustical energy distributed across the frequency spectrum must be routinely and correctly assessed; and c) valid pathological signs and symptoms must be correctly identified and objectively evaluated.

Acknowledgements

The authors thank both Families for all their contributions to this scientific endeavor, as well as António Galvão and Maria João Gaveta.

Bibliografia / References

- [1]. Alves-Pereira M. Extra-aural noise-induced pathology. A review and commentary. *Aviat Space Environ Med* 1999; 70 (March, Suppl): A7-21.
- [2]. Alves-Pereira M, Reis Ferreira J, Joanaz de Melo J, Motylewski J, Kotlicka E, Castelo Branco NAA. Biomedical research and the low frequency noise contaminant. *Proc Internoise 2004*, Prague, Czech Republic, August 22-25, 2004: No. 644 (7 pages).
- [3]. Alves-Pereira M, Motylewski J, Kotlicka E, Castelo Branco NAA. Low frequency noise legislation. *Proc 12th Intern Cong Sound & Vibration*, Lisbon, Portugal, July 11-14, 2005: No. 582 (8 pages).
- [4]. Alves-Pereira M, Castelo Branco NAA. Vibroacoustic disease: Biological effects of infrasound and low frequency noise explained by mechanotransduction cellular signaling. *Prog Biophy Molec Biol* 2007; 93:256-279.
- [5]. Alves-Pereira M, Castelo Branco NAA. Infrasound and low frequency noise dose-responses: Contributions. *Proc Internoise 2007*, Istanbul, Turkey, 2007: No. 443 (10 pages).
- [6]. European Communities. The noise policy of the European Union Year 2. Luxembourg, 2000.
- [7]. Alves-Pereira M, Castelo Branco NAA. Ciliated cells, cochlear cilia and low frequency noise. *Proceed 8th Intern Cong Noise as Public Health Problem 2003*; Rotterdam, Holland: 366-367.
- [8]. Castelo Branco NAA, Alves-Pereira M, Martins dos Santos J, Monteiro E. SEM and TEM study of rat respiratory epithelia exposed to low frequency noise. In: *Science and Technology Education in Microscopy: An Overview*, A. Méndez-Vilas (Ed.), Formatex: Badajoz, Spain, 2002, Vol. II: 505-33.
- [9]. Alves-Pereira M, Joanaz de Melo J, Castelo Branco NAA. Actin- & tubulin-based structures under low frequency noise stress. In: A. Méndez-Vilas editor, *Recent Advances in Multidisciplinary Applied Physics*. Elsevier, Oxford, 2005: 955-9.
- [10]. Alves-Pereira M, Marques MC, Castelo Branco NAA. Biological mechanisms and targets of low frequency noise exposure. *Proc 12th Intern Cong Sound & Vibration*, Lisbon, Portugal, July 11-14, 2005: No. 526 (9 pages).
- [11]. Castelo Branco NAA, Águas AP, Sousa Pereira A, Monteiro E, Fragata JIG, Tavares F, Grande NR. The human pericardium in vibroacoustic disease. *Aviat Space Environ Med* 1999; 70 (3, Suppl): A54-62.
- [12]. Reis Ferreira J, Mendes CP, Castelo Branco NAA, Monteiro E, Alves-Pereira M. The human lung and pleura in vibroacoustic disease. *Proc 8th Intern Cong Noise as a Public Health Problem 2003*; Rotterdam, Holland: 386-7.
- [13]. Reis Ferreira J, Mendes CP, Castelo Branco NAA, Monteiro E, Alves-Pereira M. The human trachea in vibroacoustic disease. *Proc 8th Intern Cong Noise as a Public Health Problem 2003*; Rotterdam, Holland: 366-367.
- [14]. Monteiro M, Reis Ferreira J, Mendes CP, Serrano I, Tavares F, Alves-Pereira M, Castelo Branco NAA. Respiratory pathology in vibroacoustic disease II Specific morphological changes. *Proc 12th Intern Cong Sound & Vibration*, Lisbon, Portugal, July 11-14, 2005: No. 572 (9 pages).
- [15]. Castelo Branco NAA, Monteiro E, Costa e Silva A, Reis Ferreira J, Alves-Pereira M. Respiratory epithelia in Wistar rats born in low frequency noise plus varying amounts of additional exposure. *Rev Port Pneumol* 2003; IX (6): 481-492. Available: www.sppneumologia.pt/publicacoes/?imc=50n&publicacao=22&edicao=801&fmo=pa
- [16]. Castelo Branco NAA, Monteiro E, Costa e Silva A, Reis Ferreira J, Alves-Pereira M. The lung parenchyma in low frequency noise exposed rats. *Rev Port Pneumol* 2004; X(1): 77-85. Available: www.sppneumologia.pt/publicacoes/?imc=50n&publicacao=22&edicao=1321&fmo=pa
- [17]. Alves-Pereira M, Joanaz de Melo J, Castelo Branco NAA. Low frequency noise exposure and biological tissue: reinforcement of structural integrity? In: A. Méndez-Vilas editor, *Recent Advances in Multidisciplinary Applied Physics*. Elsevier, Oxford, 2005: 961-6.
- [18]. Castelo Branco NAA. A unique case of vibroacoustic disease. A tribute to an extraordinary patient. *Aviat Space Environ Med* 1999; 70 (3, Suppl): A27-31.
- [19]. Martins dos Santos J, Grande NR, Castelo Branco NAA, Zagalo C, Oliveira P. Vascular lesions and vibroacoustic disease. *Eur J Anat* 2002; 6(1): 17-21.
- [20]. Marciniak W, Rodriguez E, Olsowska K, Botvin I, Araujo A, Pais F, Soares Ribeiro C, Bordalo A, Loureiro J, Prazeres de Sá E, Ferreira D, Castelo Branco MSNAA, Castelo Branco NAA. Echocardiography in 485 aeronautical workers exposed to different noise environments. *Aviat Space Environ Med* 1999; 70 (3, Suppl): A46-53.
- [21]. Araujo A, Pais F, Lopo Tuna JMC, Alves-Pereira M, Castelo Branco NAA. Echocardiography in noise-exposed flight crew. *Proc Internoise 2001*, The Hague, Holland 2001: 1007-10.
- [22]. Alves-Pereira M, Castelo Branco MSNA, Motylewski J, Pedrosa A, Castelo Branco NAA. Airflow-induced infrasound in commercial aircraft. *Proc Internoise 2001*, The Hague, Holland, August 2001: 1011-14.
- [23]. Castelo Branco NAA, Alves-Pereira M. Vibroacoustic disease. *Noise & Health* 2004; 6(23): 3-20.
- [24]. Castelo Branco NAA. The clinical stages of vibroacoustic disease. *Aviat Space Environ Med* 1999; 70 (3, Suppl): A32-9.

- [25]. Arnot JW. Vibroacoustic disease I: The personal experience of a motorman,” Institute of Acoustics (U.K.) 2003; 25 (Pt 2): 66-71.
- [26]. Monteiro MB, Reis Ferreira J, Mendes CP, Alves-Pereira M, Castelo Branco NAA. Vibroacoustic disease and respiratory pathology III Tracheal and bronchial lesions. Proc Internoise 2004, Prague, Czech Republic, August 22-25, No. 638 (5 pages).
- [27]. Castelo Branco NAA, Araujo A, Joanaz de Melo J, Alves-Pereira M. Vibroacoustic disease in a 10-year-old male. Proc Internoise 2004, Prague, Czech Republic 2004; No. 634 (7 pages).
- [28]. Bento Monteiro M, Reis Ferreira J, Alves-Pereira M, Castelo Branco NAA. Bronchoscopy in vibroacoustic disease I Pink lesions. Proc Internoise 2007, Istanbul, Turkey, 2007; No. 507 (7 pages).
- *Galardoado em 2006 com o Prémio de Investigação Científica “Prevenir Mais, Viver Melhor”, atribuído pelo Instituto de Segurança Higiene e Saúde no Trabalho.
- [29]. GIMOGMA. Epilepsia sintomática de etiologia vascular, manifestação da síndrome das vibrações? Port Med Mil 1984; 32: 5-9.
- [30]. Castelo Branco NAA, Reis Ferreira J, Alves-Pereira M. Respiratory pathology in vibroacoustic disease: 25 years of research. Rev Port Pneumol 2007; XIII(1): 129-135.
- [31]. Available: www.sppneumologia.pt/publicacoes/?imc=50n&publicacao=22&edicao=1893&fmo=pa
- [32]. Alves-Pereira M, Reis Ferreira J, Joanaz de Melo J, Motylewski J, Kotlicka E, Castelo Branco NAA. Noise and the respiratory system. Rev Port Pneumol 2003; IX(5): 367-79
Available: www.sppneumologia.pt/publicacoes/?imc=50n&publicacao=22&edicao=781&fmo=pa
- [33]. Reis Ferreira J, Mendes CP, Alves-Pereira M, Castelo Branco NAA. Respiratory pathology in vibroacoustic disease I Current findings. Proc 12th Intern Cong Sound & Vibration, Lisbon, Portugal, July 11-14, 2005: No. 571 (7 pages).
- [34]. Mohr GC, Cole JN, Guild E, von Gierke HE. Effects of low-frequency and infrasonic noise on man. Aerosp Med 1965; 36: 817-24.
- [35]. Ponomar'kov VI, Tysik Ayu, Kudryavtseva VI, Barer AS, et al. Biological action of intense wide-band noise on animals. Problems of Space Biology NASA TTF-529 1969; 7(May): 307-9.
- [36]. Cohen A. The influence of a company hearing conservation program on extra-auditory problems in workers. J Safety Res 1976; 8: 146-62.
- [37]. Svirgovyi VI, Glinchikov VV. The effect of infrasound on lung structure. Gig Truda Prof Zabol 1987; 1: 34-7. (In Russian)
- [38]. dBLab Laboratório de acústica e vibrações, Lda. www.absorsor.pt. (dmlab@absorsor.pt).
- **The authors clarify that no member of the VAD research team is employed by this firm, nor are there any commercial, financial or professional agreements (contractual or otherwise) between dBLab and members of the VAD research team.