

Infrasons e Ruídos de Baixa Frequência: Quantificação em Diversos Ambientes Rurais e Urbanos

Infrasound and Low Frequency Noise: Quantification in Several Rural and Urban Environments

Mariana Alves-Pereira

Escola Superior de Saúde Ribeiro Sanches (ERISA) e Faculdade de Ciências e Tecnologias da Saúde, Universidade Lusófona, Campo Grande, 376, 1749-024, Lisboa, Portugal.

E-mail: m.alvespereira@gmail.com

Resumo

Fontes de ruído de baixa frequência (RBF, <500 Hz) naturais e antropogénicas são ubiqüitárias na sociedade moderna. No entanto, a quantificação e avaliação destes fenómenos acústicos constituem tarefas complexas. Ainda que a exposição crónica a RBF antropogénico possa comprometer a saúde humana, não foram ainda internacionalmente aceites níveis de limite de exposição e os níveis basais seguros continuam praticamente por definir.

O objectivo deste trabalho é de explorar o conteúdo de RBF em diversos locais de acesso comum, tais como discotecas e bares, restaurantes, paragem de autocarro e estação do metro e ainda em ambientes rurais.

Palavras chave: espectro acústico, ocupacional, ambiental, exposição ao ruído, doença vibroacústica

Abstract

Natural and anthropogenic sources of low frequency noise (LFN, <500 Hz) are ubiquitous in modern society. Quantifying and evaluating these acoustical phenomena however, are complex tasks. Although chronic exposure to LFN generated by anthropogenic sources can compromise human health, no permissible exposure levels have been internationally accepted, and safe baseline levels are practically undefined.

The goal of this report is to explore the LFN content of several fairly common locations, such as restaurants, entertainment facilities, urban bus stop and subway station, and rural environments.

Key words: acoustical spectrum, occupational, environmental, noise exposure, vibroacoustic disease

Recebido em 31/03/2010

Aceite em 23/04/2010

Rev. Lusófona de Ciências e Tecnologias da Saúde, 2010; (7) 1: 91-108

Versão electrónica: <http://revistas.ulusofona.pt/index.php/revistasaude>

Introdução

O espectro acústico caracteriza fenómenos acústicos consoante a frequência do evento físico. Alguns fenómenos acústicos são passíveis de serem percebidos pelos sentidos dos seres humanos, outros não. A Figura 1 mostra o espectro acústico segmentado para além da divisão standard e rudimentar de “audível vs. não-audível”.

Algumas manifestações dos fenómenos acústicos podem ser nocivos para a saúde humana. O mais bem conhecido é o ruído audível que, ao impactar sobre o ouvido humano, poderá causar níveis variáveis de incomodidade e, a elevadas amplitudes, pode provocar dor. Os indivíduos que têm de permanecer em ambientes ruidosos necessitam de protectores auriculares para evitar a perda definitiva da audição. A audição humana possui uma janela acústica na qual a sensibilidade auditiva é extremamente elevada. Considera-se esta janela de sensibilidade acústica limitada entre os 500 Hz e os 8000 Hz. A frequência de ressonância do ouvido humano é de 3500 Hz e a surdez profissional ocorre aos 4000 Hz. A perda da função auditiva às frequências contidas na janela acústica normalmente implica a perda da audição com diminuição da inteligibilidade da fala.

Tem sido mais difícil a protecção e o reconhecimento de patologias causadas pela exposição a fenómenos acústicos que não ameaçam a função auditiva^[2]. No contexto deste artigo, ruído de baixa frequência (RBF) refere-se à porção inferior de espectro acústico (<500 Hz). Consoante a frequência do evento, o RBF poderá ser audível ao ser humano se a amplitude do fenómeno acústico (geralmente medido em decibel-dB) for suficientemente elevada. Em muitos ambientes acústicos ricos em RBF, é mantida a inteligibilidade da fala por esta ocorrer a frequências mais elevadas do que as predominantes no ambiente. Quando existe perda de audição nas frequências mais baixas (<200 Hz), a inteligibilidade da fala não é tão gravemente afectada quanto seria havendo perdas nas frequências contidas na janela acústica da sensibilidade humana.

Tornou-se, portanto, necessário poder quantificar os fenómenos acústicos passíveis de provocarem a perda da audição, filtrando as porções aparentemente não-nocivas

à função auditiva. Neste âmbito, foi desenvolvido o filtro-A que simula a audição humana^[2]. Quando são efectuadas medições acústicas com o intuito de avaliar os perigos para a audição humana, a amplitude é avaliada em unidades decibel-A (dBA), indicando a utilização do filtro A. A maioria da legislação internacional relevante às políticas de protecção contra o ruído é estipulada em unidades dBA. Sendo assim, não é importante a informação sobre a distribuição espectral pois as bandas de frequência a serem

Introdução

The acoustical spectrum characterizes acoustical phenomena in accordance with the frequency of the physical event. Some acoustical phenomena are perceptible to human senses while others are not. In Figure 1, the acoustical spectrum is segmented beyond the standard and rudimentary “audible vs. non-audible” division.

Some manifestations of acoustical phenomena can be hazardous to human health. The most well-known is audible noise that can impinge on the human ear causing varying degrees of annoyance, and at large amplitudes can produce aural pain. For individuals who must remain in “noisy” environments, hearing protection devices have been developed in order to avoid the onset of permanent hearing loss. Human hearing possesses an acoustical window wherein the audibility is highly acute. This window of human auditory sensitivity is usually considered to be within 500 Hz to 8000 Hz. The resonance frequency of the human ear is 3500 Hz, and legal deafness is defined at 4000 Hz. Losing hearing function within the frequencies of the acoustical window normally implies hearing impairment with diminished speech intelligibility.

For illnesses caused by exposure to acoustical phenomena that does not threaten the auditory function, recognition and protection have been more elusive^[2]. For the purposes of this report, the lower part of the acoustical spectrum (< 500 Hz) is termed low frequency noise (LFN). Depending on the frequency of the event, LFN may be audible to humans if the amplitude (usually measured in decibel-dB) is sufficiently large. In many LFN-rich environments, speech intelligibility is maintained because it occurs at higher frequencies than those predominantly present in these types of environments. If hearing impairment occurs within the lower frequencies of the spectrum (< 200 Hz), speech intelligibility is not affected as severely as when hearing impairment occurs within the acoustic window of human auditory sensitivity.

It became, therefore, necessary to quantify the acoustical phenomena that could potentially induce hearing impairment, and filter out the portions that were apparently non-detrimental to the human auditory function. Within this context, the A-filter was developed which simulated human hearing^[2]. When acoustical measurements are conducted in order to assess potential hazards for human hearing, amplitude is quantified in decibel-A units (dBA), indicating that the A-filter was employed. The vast majority of international legislation associated with noise protection policies are stipulated in dBA units. Information of the spectral distribution of the acoustical environment becomes, therefore, a moot

avaliadas já foram pré-definidas: a janela acústica da sensibilidade humana. Por o RBF ser filtrado quando se aplica o filtro-A, é naturalmente inapropriada a utilização de parâmetros medidos em dBA para avaliar o RBF.

A exposição excessiva ao RBF pode originar uma situação clínica denominada a doença vibroacústica (DVA) ^[3, 4]. Nas últimas 3 décadas, a DVA tem sido diagnosticada em trabalhadores expostos ao RBF, incluindo técnicos de aeronáutica ^[4] e pilotos e assistentes de bordo da aviação comercial ^[5]. O estabelecimento da DVA não é exclusivamente mediado pelo aparelho auditivo nem por fenómenos acústicos audíveis. A perturbação e disrupção da comunicação celular efectuada por mecanotransdução são consequências da exposição crónica a RBF e, provavelmente, accionam e sustêm o desenvolvimento da DVA ^[6].

Desde 2003, e no âmbito da investigação sobre a DVA, o RBF tem sido quantificado em diversos locais com características diferentes. Os níveis do limite máximo de exposição para o RBF estão ainda por definir ^[7]. Os investigadores da DVA foram, assim, forçados a estabelecer alguns valores de referência para compreender o grau de risco a que estariam expostos os trabalhadores em ambientes ricos em RBF. Por razões explicadas noutro estudo ^[3] e com base em avaliações clínicas ^[5] e acústicas ^[8], as médias dos níveis de RBF obtidos em 8 cockpits da aviação comercial têm sido utilizadas como valores de referência para comparação com outros ambientes ocupacionais ricos em RBF. Desta forma e desde 2001, todos os ambientes acústicos avaliados no âmbito da investigação sobre a DVA são comparados com os valores obtidos nos cockpits.

O objectivo deste trabalho é explorar o conteúdo de RBF em diversos locais de acesso comum, tais como, discotecas e bares, restaurantes, paragem de autocarro e estação do metro e ainda em ambientes rurais.

point; by using the A-filter, the frequency bands being evaluated are pre-defined: the acoustical window of human auditory sensitivity. Since LFN is filtered out when the A-filter is employed during acoustical measurements, it is naturally inappropriate to use parameters measured in dBA when quantifying LFN levels.

Excessive exposure to LFN can lead to a disabling medical condition termed vibroacoustic disease (VAD) ^[3,4]. Over the past 3 decades, VAD has been commonly diagnosed in LFN-exposed workers, including aeronautical technicians ^[4] and commercial airline pilots and flight attendants ^[5]. The onset of VAD is not exclusively mediated via the human auditory system nor by audible acoustical phenomena. Perturbation and disruption of the mechanotransduction cellular pathways are consequences of long-term LFN exposure, and most probably trigger and sustain the development VAD ^[6].

Within the scope of VAD studies, quantification of LFN-levels in many different locations has been an ongoing process since 2003. Permissible exposure levels for LFN, however are, as yet, undefined ^[7]. This situation compelled VAD researchers to establish some sort of reference levels in order to understand the risk of VAD for workers in LFN-rich environments. For reasons explained in detailed elsewhere ^[3] and based on clinical ^[5] and acoustical ^[8] evaluations, the average LFN levels obtained in 8 commercial aviation cockpits have been used by VAD-researchers as reference LFN values for LFN-rich occupational environments. Hence, since 2001, all acoustical environments evaluated within the scope of VAD are compared with cockpit values.

The goal of this report is to explore the LFN content of several fairly common locations, such as restaurants, entertainment facilities, urban bus stop and subway station, and rural environments.

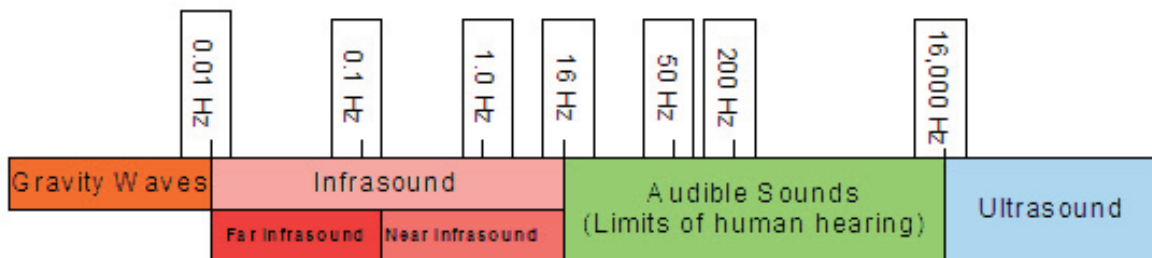


Figura 1 - O Espectro Acústico ⁽¹⁾. Ondas de Gravidade (laranja); Infrasons (rosa) – distantes e perto; Sons Audíveis (verde) (Limites da audição humana); Ultrasons (azul).

Figure 2 - The Acoustical Spectrum

Material e Métodos

Para todas as medições acústicas (salvo quando indicado o contrário) utilizou-se um sonómetro (Bruel & Kjaer 2260-Observer) com um microfone de ½ polegada (Bruel & Kjaer 4189), tendo uma resposta linear entre 15 Hz e 4000 Hz. Em medições efectuadas dos 6.3 Hz aos 15 Hz existe um erro máximo de 1 dB. Os espectros foram obtidos com o analisador de frequências em tempo real, em 1/3 de oitava, e em unidades dBLin (dB), i.e., na ausência de qualquer filtro. Os níveis de dB foram avaliados de 6.3 Hz a 20 000 Hz. Não foi utilizado tripé. Só serão aqui apresentados os níveis referentes às bandas de frequência entre 6.3 Hz e 500 Hz. Para efeitos comparativos, foi incluída informação sobre as bandas de 1000 Hz e 4000 Hz.

As análises espectrais fornecem informação sobre o nível de pressão acústica em cada banda de frequência. Estes valores podem ser expressos em dBA ou em dBLin. Pelas razões acima expostas, as avaliações das distribuições espectrais foram efectuadas em unidades dBLin. São aqui documentados mais dois parâmetros: o nível global dBA e o nível global de dBLin. Estes valores reflectem a média logarítmica de todas as bandas de frequência presentes no ambiente. Quando este valor é obtido em unidades dBA, então os valores do RBF estão filtrados. Por outro lado, em unidades de dBLin, todas as frequências são igualmente ponderadas.

Dada a natureza exploratória deste estudo aliada a um número insuficiente de medições, não foram efectuadas comparações estatísticas entre os diferentes ambientes acústicos.

Resultados e Discussão

O ruído de baixa frequência em bares e discotecas

O sector de entretenimento é reconhecidamente uma fonte de ambientes ricos em RBF. Na altura destas medições, em Dezembro de 2001, o Bar Gringo's e a Discoteca Indochina eram locais de grande afluência na noite Lisboa. A Figura 2 compara os níveis de RBF obtidos no Gringo's e no Indochina com os obtidos nos cockpits da aviação comercial. Na Discoteca e ao contrário do que ocorre no Bar, a banda dos 20 Hz atinge valores inferiores aos do cockpit, enquanto que os níveis a 40 Hz são superiores. Todas as bandas >50 Hz em ambos os locais exibem valores superiores àqueles registados em cockpits. Estas medições foram efectuadas com um analisador em tempo real Hewlett Packard (modelo 3569 A).

Material and Methods

A sound level meter (Bruel & Kjaer 2260-Observer) was used for all measurements, unless otherwise indicated. It was equipped with a ½ inch microphone (Bruel & Kjaer 4189) capable of a linear response from 15 Hz to 4000 Hz. From 6.3 Hz to 15 Hz there is a maximum 1 dB error. Spectra were obtained with the built-in real-time frequency analyzer, in 1/3 octave bands and in dBLin (dB) units, i.e. in the absence of any filtering system. dB-levels were evaluated 6.3 Hz to 20 000 Hz, at random incidence. No tripod was used. Herein, only frequencies between 6.3 Hz and 500 Hz are reported. Information regarding dB-levels at 1000 Hz and 4000 Hz bands is included for comparative reasons.

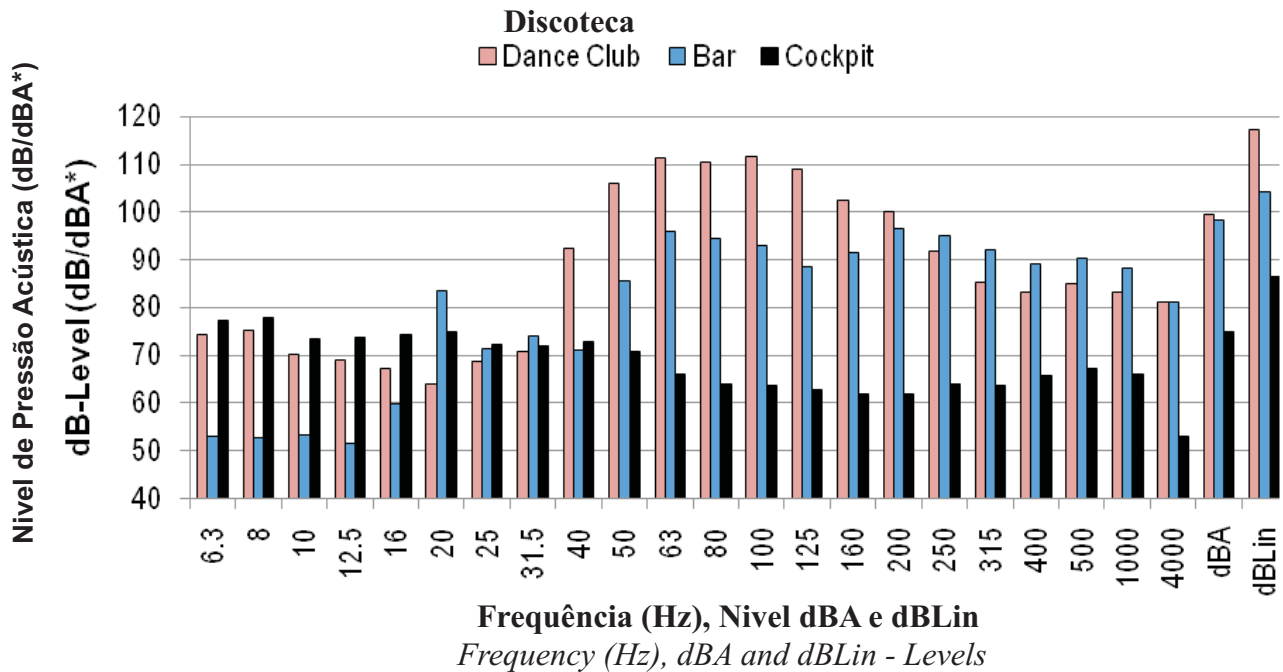
Spectral analysis gives us information about the acoustic pressure in each frequency band. This values may be expressed in dBA or in dBLin. Spectral distribution evaluations were performed in dBLin by the above cited reasons. Two additional parameters are also documented : the global dBA level and the global dBLin level. This values reflect the logarithmic level of all frequency bands in the environment. When this value is expressed in dBA units, the RBF values are filtered while, in dBLin, all frequencies are considered. Considering the exploratory nature of the present study and the reduced number of measurements involved, no statistical comparison between the acoustic environments took place.

Results and Discussion

LFN within the entertainment sector

The entertainment sector is a known source of LFN-rich environments. In December 2001, when LFN was assessed, Gringo's Bar and Indochina Dance Club were popular places in the Lisbon nightlife. Figure 2 compares the frequency distribution obtained in Cockpits with that obtained within Gringo's and Indochina. In the Dance Club, and differing from the Bar environment, the 20 Hz band is lower than in Cockpits, while the 40 Hz band is larger. All bands >50 Hz in both locations exhibit higher dB-level values than in Cockpits. These measurements were conducted with the Hewlett Packard real-time frequency analyzer (model 3569 A).

Cockpit e Gringo's Bar Vs Discoteca Indochina
Cockpit and Gringo's Bar Vs Dance Club Indochina



*Apenas o parâmetro Nível dBA é expresso em unidades dBA.

*Only the dBA-Level parameter is expressed in dBA.

Figura 2 - Comparação entre Cockpits, o bar Gringo's Bar e a discoteca Indochina.

Figure 2 - Comparison between cockpits, Gringo's bar and Indochina dance club.

Restaurantes em diferentes locais

Em restaurantes, tanto os clientes com os trabalhadores podem estar expostos a níveis substanciais de RBF. A Figura 3 mostra as distribuições espectrais das medições obtidas em:

- 1) Um restaurante no topo da Serra da Estrela (altitude 2000 m), no dia 19 de Agosto de 2003, às 18:25;
- 2) Um restaurante numa das áreas de serviço da autoestrada Lisboa-Porto (A1), no dia 17 de Agosto de 2003, às 17:42; e
- 3) Um restuarante na cidade de Viseu, no dia 18 de Agosto de 2003, às 21:36.

O restaurante no topo da Serra da Estrela apresentou os níveis mais baixos de RBF enquanto que o da área de serviço apresentou os níveis mais elevados.

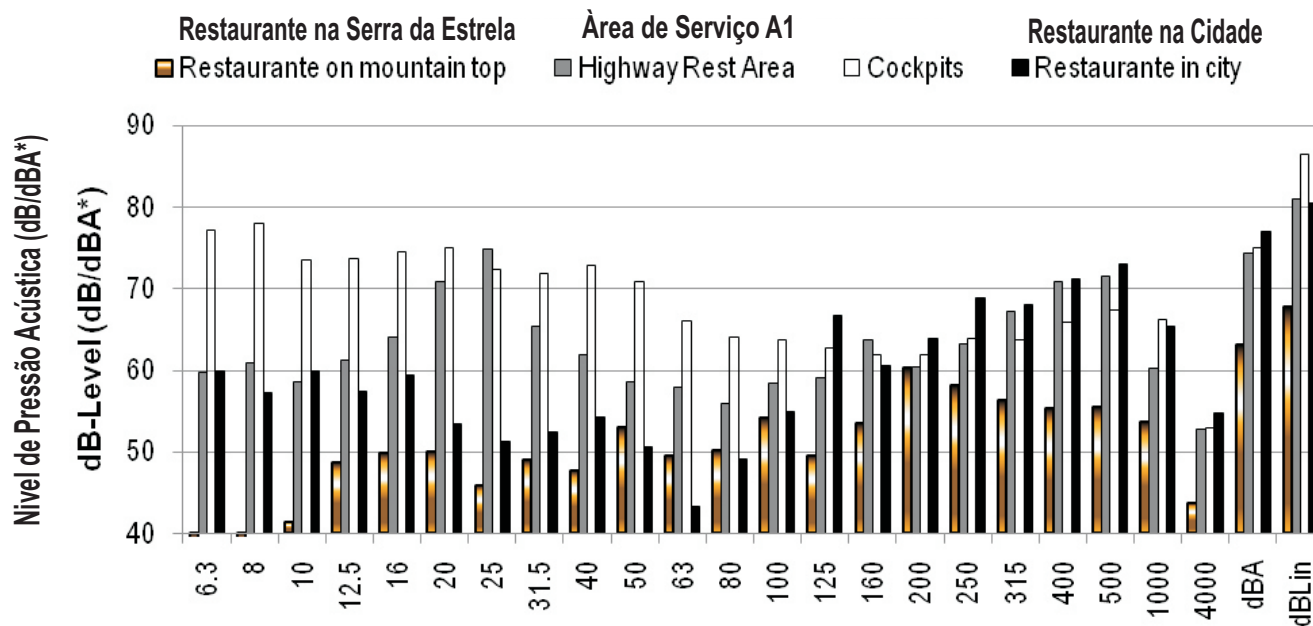
Restaurants at different locations

In restaurants, both patrons and workers can be exposed to significant levels of LFN. Figure 3 shows spectral distributions of measurements obtained in:

- 1) A restaurant at the top of Serra da Estrela (altitude 2000 m), on August 19th, 2003, at 6:25 pm;
- 2) A restaurant in a rest area off the Lisbon-Porto highway (A1) on August 17th, 2003, at 5:42 pm, and
- c) A restaurant in the city of Viseu, on August 18th, 2003, at 9:36 pm.

The mountaintop restaurant disclosed the lowest LFN values while the rest area reasturant exhibited larger values that the city restaurant.

Restaurantes em Locais Diferentes *Restaurants in Different Locations*



Frequência (Hz), Níveis dBA e dBLin *Frequency (Hz), dBA and dBLin-Levels*

*Apenas o parâmetro Nível dBA é expresso em unidades dBA.

*Only the dBA-Level parameter is expressed in dBA.

Figura 3 - Comparação entre restaurantes em locais diferentes.
Figure 3 - Comparison between restaurants in different locations.

Ambiente urbano exterior

A Figura 4 mostra as distribuições espectrais obtidas em Lisboa:

- 1) às 7:20, na paragem de autocarros do Calvário, no dia 26 de Outubro de 2004, e
- 2) às 6:42 na estação do metro de Telheiras, no dia 20 de Novembro de 2003.

Dentro da estação do metro, todas as bandas >50 Hz revelaram níveis superiores aos dos cockpits, enquanto que o nível da maioria das bandas obtidas na paragem de autocarros exibiram níveis comparáveis aos dos cockpits.

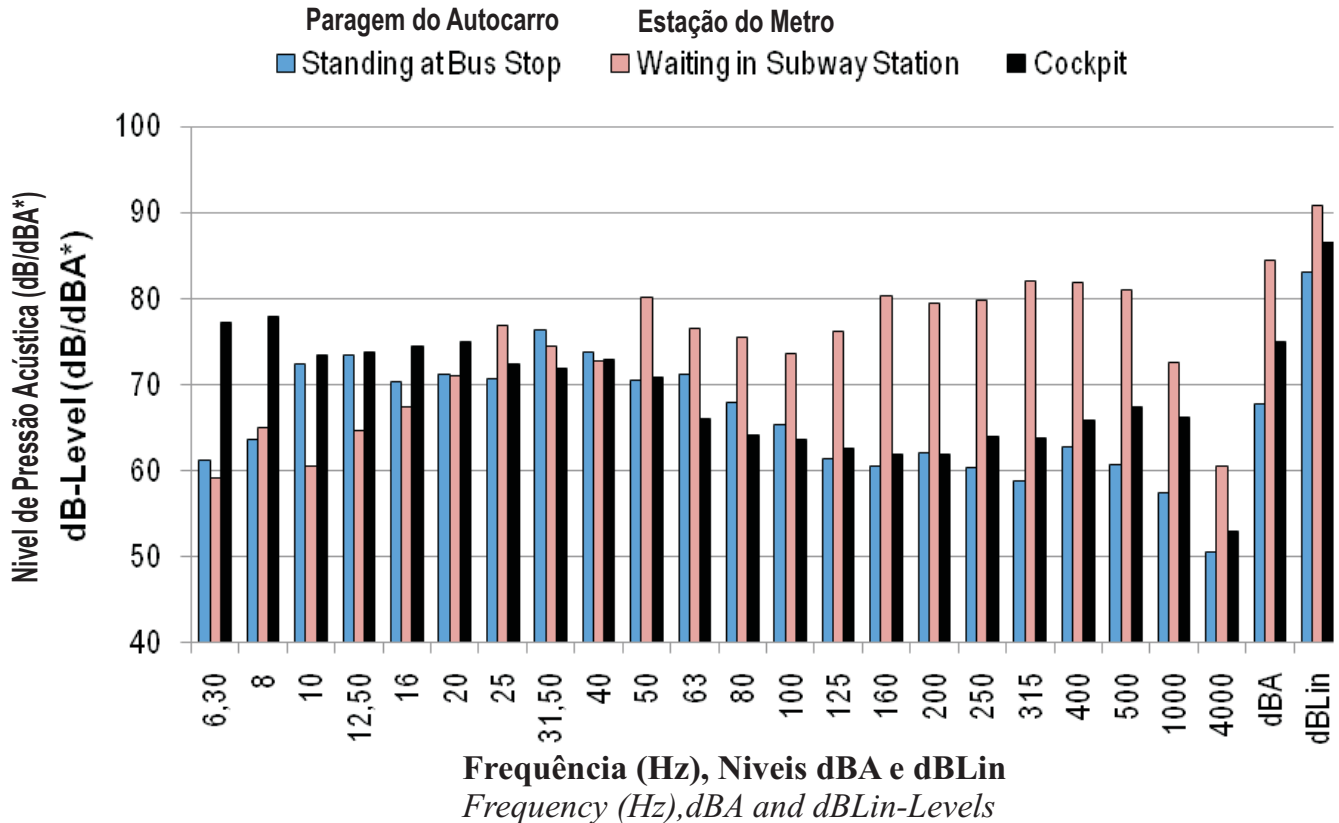
Outdoor urban environments

Figure 4 illustrates the frequency distributions present in Lisbon at:

- 1) 7:20 am., at a downtown Lisbon bus stop (Calvário), on October 26th, 2004, and
- 2) 6:42 am, within the Telheiras Subway Station, on November 20th, 2003.

Within the subway station, all bands >50 disclosed larger dB-levels than Cockpits, while the majority of bands in the Bus Stop environment exhibited similar values to Cockpits.

Cockpit e na Paragem de Autocarro Vs na Estação do Metro *Cockpit e and Bus Stop Vs Waiting in Subway Station*



*Apenas o parâmetro Nível dBA é expresso em unidades dBA.

*Only the dBA-Level parameter is expressed in dBA.

Figura 4 - Comparação entre cockpits, na paragem de um autocarro e na estação do metro, em Lisboa.
Figure 4 - Comparison between cockpits, standing at a bus stop, and waiting in a subway station in Lisbon.

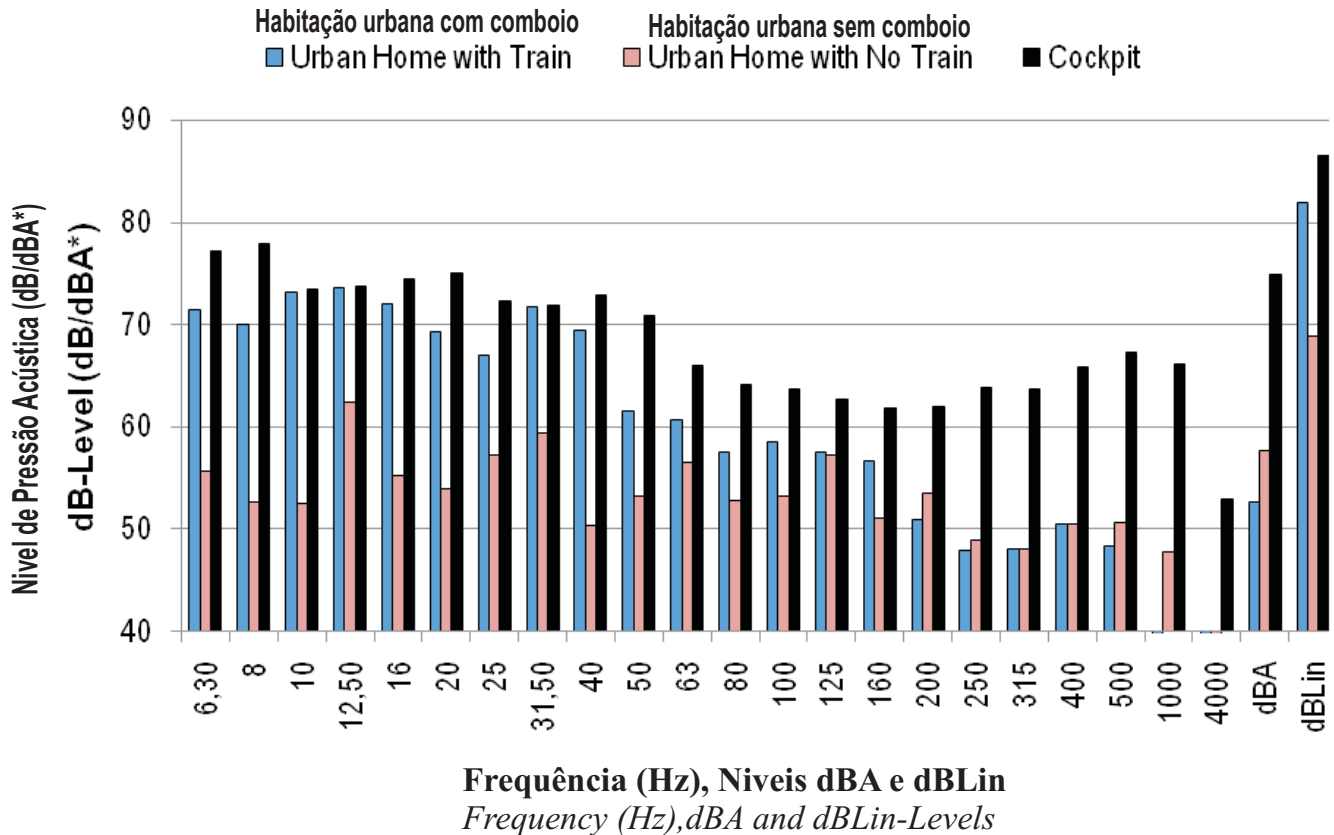
Ambiente urbano no interior de uma casa

Este conjunto de medições foi obtido na sala de estar de um andar no 2º piso de um edifício habitacional, localizado no centro de Lisboa (Av. de Roma) ao lado do caminho de ferro. As medições foram efectuadas com as janelas fechadas enquanto passava um comboio (no dia 5 de Agosto de 2003, às 19:23) e na ausência do comboio (no dia 5 de Agosto de 2003, às 10:25). Ambas as análises espectrais são mostradas na Figura 5. Quando passa o comboio, os níveis de RBF são inferiores àqueles obtidos no cockpit; no entanto são substancialmente mais elevados que os obtidos na sua ausência.

Indoor urban environments

The next set of measurements was taken within the living room of a second floor apartment, located in Lisbon next to a railway (Av. de Roma). Measurements were taken with windows closed, while a train was passing, on August 5th, 2003 at 7:23 pm, and without a passing train at the same location, on the same day, but at 10:25 am. Both are shown in Figure 5. When the train is passing by, dB-levels are not larger than in Cockpits; however, they present much larger values than when the train is not present.

Cockpit Vs Interior de uma habitação urbana com e sem passagem de comboio *Cockpit Vs Inside Urban Home with and without a Passing Train*



*Apenas o parâmetro Nível dBA é expresso em unidades dBA.

*Only the dBA-Level parameter is expressed in dBA.

Figura 5 - Comparação entre cockpits e o interior de uma habitação urbana com e sem a passagem de um comboio na vizinhança.

Figure 5 –Comparison between cockpits and living room of an urban home while train passes.

Ambientes rurais

Teoricamente, os ambiente rurais poderiam fornecer dados basais para RBF não antropogénico. As Figuras 6-9 mostram as medições efectuadas na região montanhosa (granito) a noroeste de Portugal – Serra da Estrela. As distribuições espectrais foram obtidas na varanda de uma residência rural, localizada numa aldeia (Rapa), aproximadamente a 30 km da cidade da Guarda e a 10 km de Celorico da Beira (vila recentemente elevada a cidade).

A Figura 6 é uma amostra representativa de um ambiente acústico onde se ouvia ao longe os guizos das ovelhas e com o vento praticamente inexistente, no dia 18 de Agosto de 2003, às horas indicadas nas figuras. O valor mais baixo passível de ser medido com o

Rural environments

Rural environments could, in theory, provide baseline information on for non-anthropogenic LFN. Figures 6-9 show measurements taken in the northeastern, mountainous (granite) region of Portugal – Serra da Estrela. Frequency distributions of acoustical energy were obtained on the porch of a rural home located in a hamlet (Rapa), approximately 30 km from the nearest city (Guarda) and 10 km from the nearest village (Celorico da Beira).

Figure 6 shows a representative sample of the acoustical environment where sheep bells were audible in the distance and wind was practically non-existent, taken on August 18th, 2003, at the time indicated. The lowest dB value measurable by the equipment was set

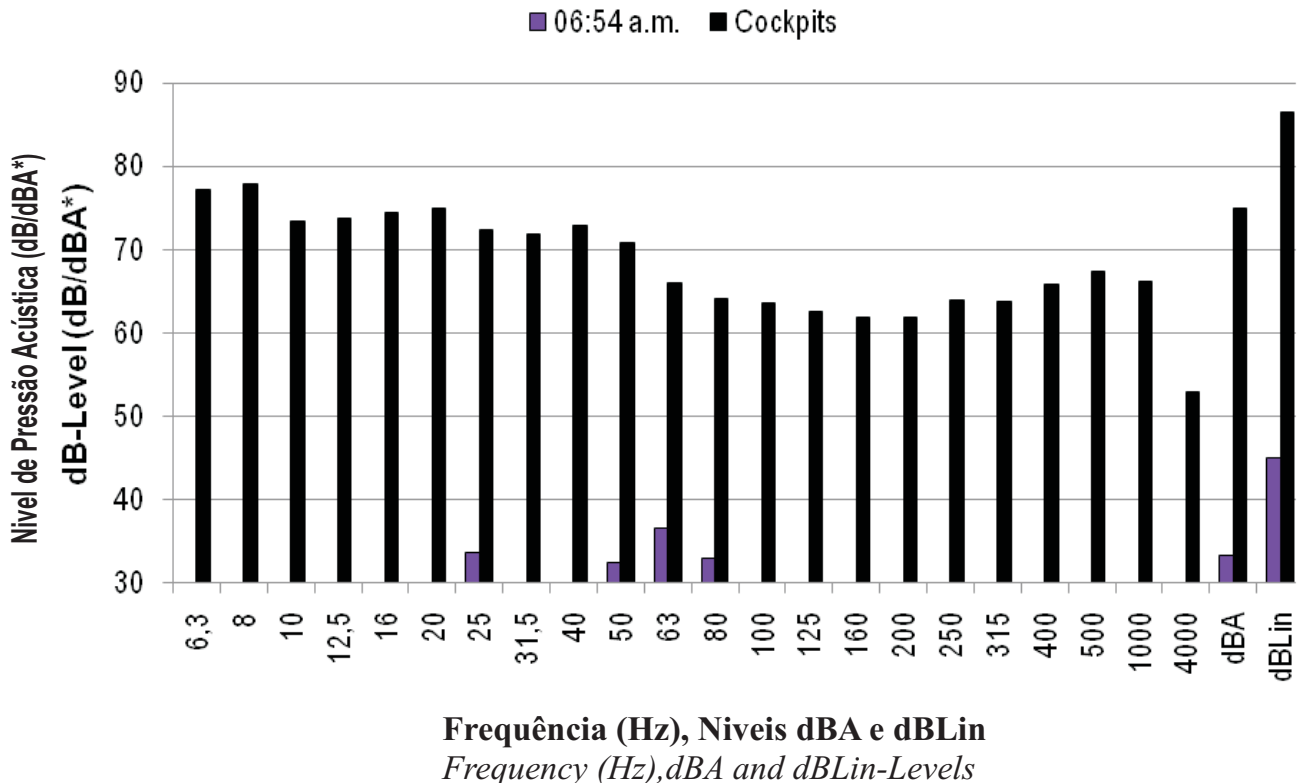
equipamento utilizado era de 30 dB. Nas bandas de 1/3 de oitava onde não consta informação acústica, os níveis eram, assim, iguais ou inferiores a 30 dB. Tal como é de esperar, os níveis de RBF neste ambiente rural são substancialmente inferiores àqueles medidos em cockpits. No entanto, durante o registo das medições, verificou-se que os valores sofriam variações rápidas de grande amplitude. Os valores representados na Figura 6 referem-se a medições de 5-minutos. Com a operação de integração a efectuar-se sobre um período de 5-minutos, os eventos acústicos com durações de 1-minuto serão diluídos no valor numérico final. Foram assim conduzidas novas medições mas com um tempo de registo de 1-minuto.

at 30 dB. At the 1/3 octaves bands where no information exists for the rural location, acoustic pressure levels were at or below 30 dB.

As would be expected, rural dB-levels are greatly lower than in Cockpits. During measurement recording however, values were observed to vary greatly, albeit briefly. Values shown in Figure 6 refer to 5-minute measurements. With the integrating operation over a 5-minute time period, events that occur over a 1-minute period will be diluted in the final numerical result. New measurements were therefore taken where the time-span was set at 1 minute.

Cockpit Vs Varanda da Casa Rural, Manhã Cedo de Verão

Cockpit Vs Porch of Rural Home in Early Summer Morning



*Apenas o parâmetro Nível dBA é expresso em unidades dBA.

*Only the dBA-Level parameter is expressed in dBA.

Figura 6 - Comparação entre cockpits e numa varanda de uma casa rural, de manhã cedo no Verão.

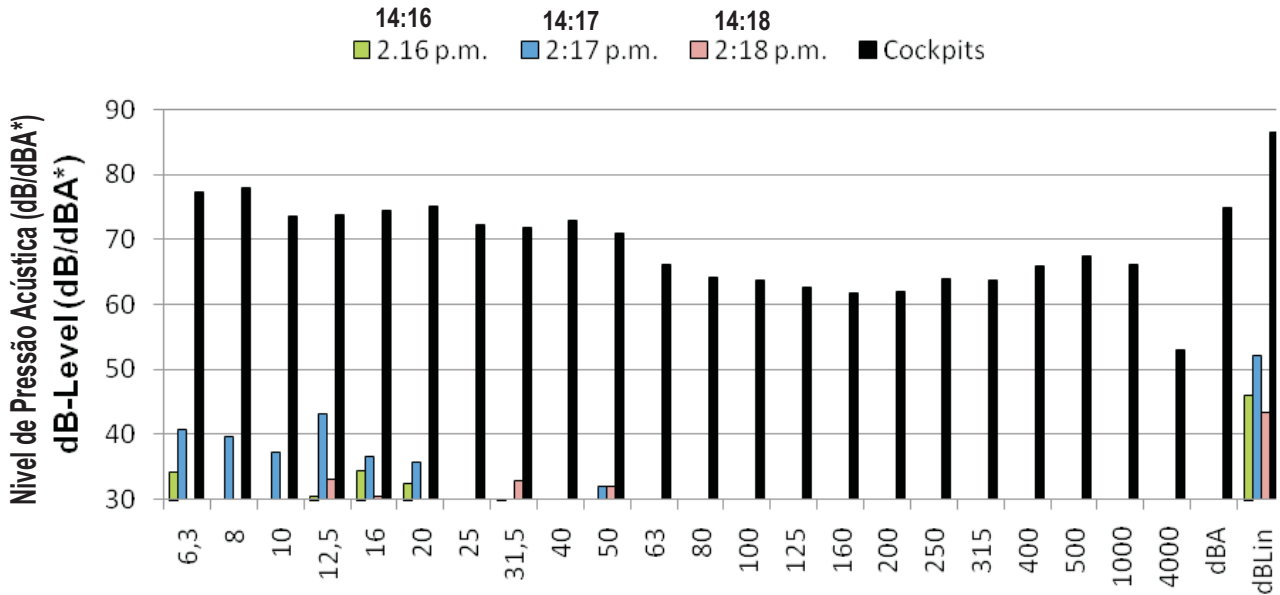
Figure 6 - Comparison between cockpits and porch of a rural home – early morning.

Na Figura 7 observam-se as distribuições espectrais obtidas em registos de 1 minuto, no mesmo ambiente rural e em condições semelhantes às acima descritas: ausência de sons perceptíveis. Em unidades dBA, as três medições obtiveram valores inferiores a 30 dB, o que está de acordo com a ausência de percepção de som experimentado durante as medições. Sem o filtro-A, as medições revelaram valores mais elevados, acima dos 40 dB. Os dados parecem indicar a presença de um fenómeno acústico às 14:17 (barras azuis da Fig. 7) e que poderá ser responsável pelo aumento do nível de dBL das 14:17 acima dos 50 dB.

Figure 7 compares frequency distributions taken at 1 minute time-spans at the same rural location, and in similar conditions as above: in the absence of any perceptible audible sounds. All three dBA-level measurements disclosed values at or below 30 dB. This is in accordance with the non-perception of audible sound experienced during the measurements. The dBLin-level measurements however, disclosed considerably higher values, all above 40 dBLin. Data seem to indicate the presence of an acoustical event at 2:17 (blue bars in Fig. 7), that could be responsible for the rise in the 2:17 dBLin-level over the 50 dB value.

Cockpit Vs Varanda da Casa Rural numa Tarde de Verão

Cockpit Vs Porch of Rural Home in a Summer Afternoon



Frequência (Hz), Níveis dBA e dBLin

Frequency (Hz), dBA and dBLin-Levels

*Apenas o parâmetro Nível dBA é expresso em unidades dBA.

*Only the dBA-Level parameter is expressed in dBA.

Figura 7 - Comparação entre cockpits e numa varanda de uma casa rural, de manhã cedo no Verão.

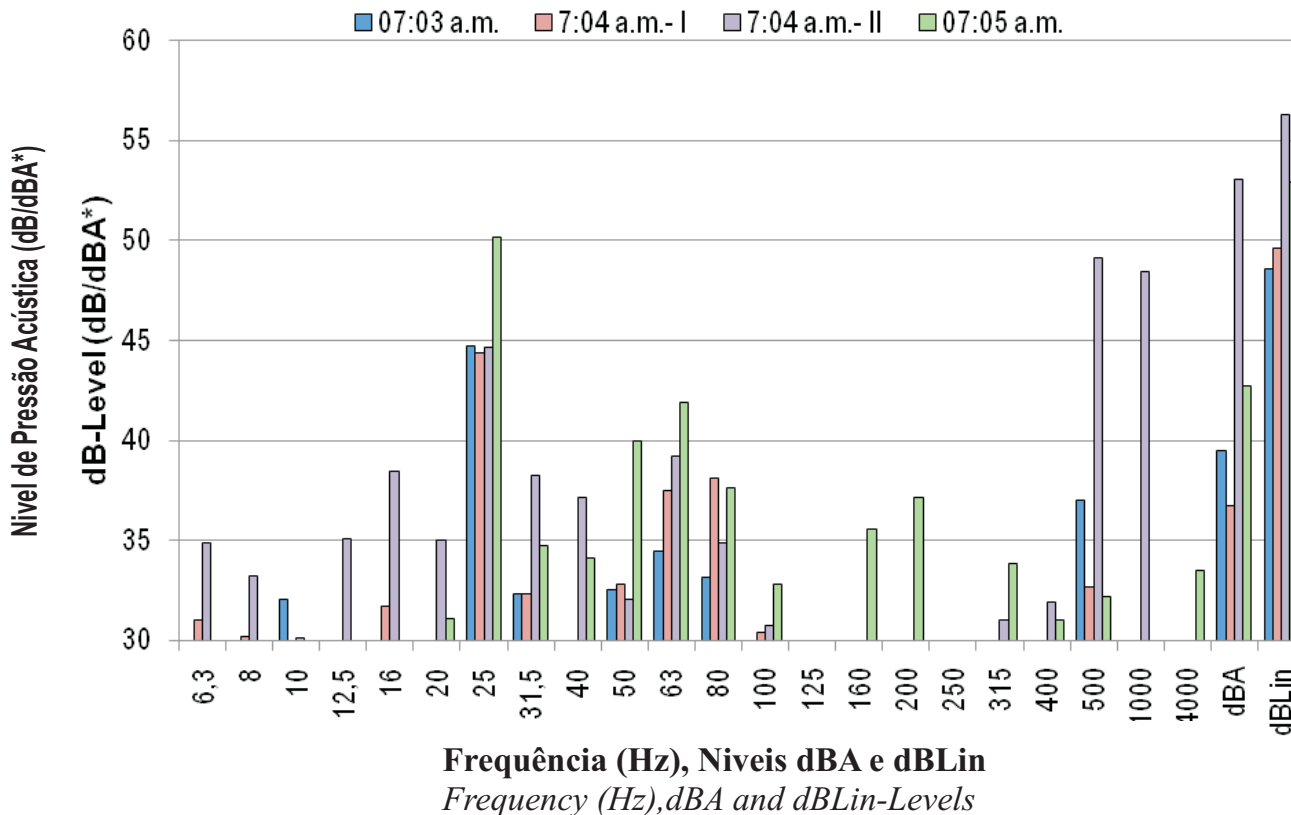
Figure 7 - Comparison between cockpits and porch of a rural home – early morning.

.A fim de explorar melhor a redução dos tempos de registo durante as medições acústicas, este tempo de registo foi reduzido para 10-segundos. As medições foram efectuadas na mesma varanda da mesma residência rural a) antes de tocarem os sinos da igreja, b) enquanto tocavam os sinos, e c) após os sinos terem parado, como se mostra na Figura 8. Às 7:03 e 7:04-I, os sinos ainda não tocavam. Às 7:04-II, os sinos começaram a tocar. Após os sinos terem parado, foi efectuada a medição das 7:05. Os dados sugerem que a pressão acústica aos 25 Hz, registada às 7:03 e às 7:04-I não está associada ao tocar dos sinos. Um evento acústico aos 25 Hz (i.e. 25 ciclos por segundo) pode corresponder a uma máquina que opere a 1500 rpm (rotações por minuto). Poderá existir uma grande variedade de máquinas, particularmente em ambientes rurais, equipadas com motores de 1500 rpm, possivelmente responsáveis pelos valores observados aos 25 Hz.

In order to further explore the reduction of time-spans in LFN measurements, time-span was additionally reduced to 10 seconds. Measurements were carried out on the same porch in the rural home before church bells chimed, while they chimed, and after they were halted, as shown in Figure 8. At 7:03 and 7:04-I, church bells were not yet ringing. At 7:04-II, bells began to ring. After bells were halted, the 7:05 measurement was taken. These data suggest that the acoustical pressure at 25 Hz, registered at 7:03 and 7:04-I are unrelated to bell chiming. An acoustical event at 25 Hz (i.e. 25 cycles per second) can correspond to a device operating at 1500 rpm (rotations per minute). There may be a variety of mechanized devices, particularly in rural areas, equipped with motors running at 1500 rpm, and that could be responsible for the behavior seen at 25 Hz.

Cockpit Vs Varanda da Casa Rural numa Tarde de Verão

Cockpit Vs Porch of Rural Home in a Summer Afternoon



*Apenas o parâmetro Nível dBA é expresso em unidades dBA.

*Only the dBA-Level parameter is expressed in dBA.

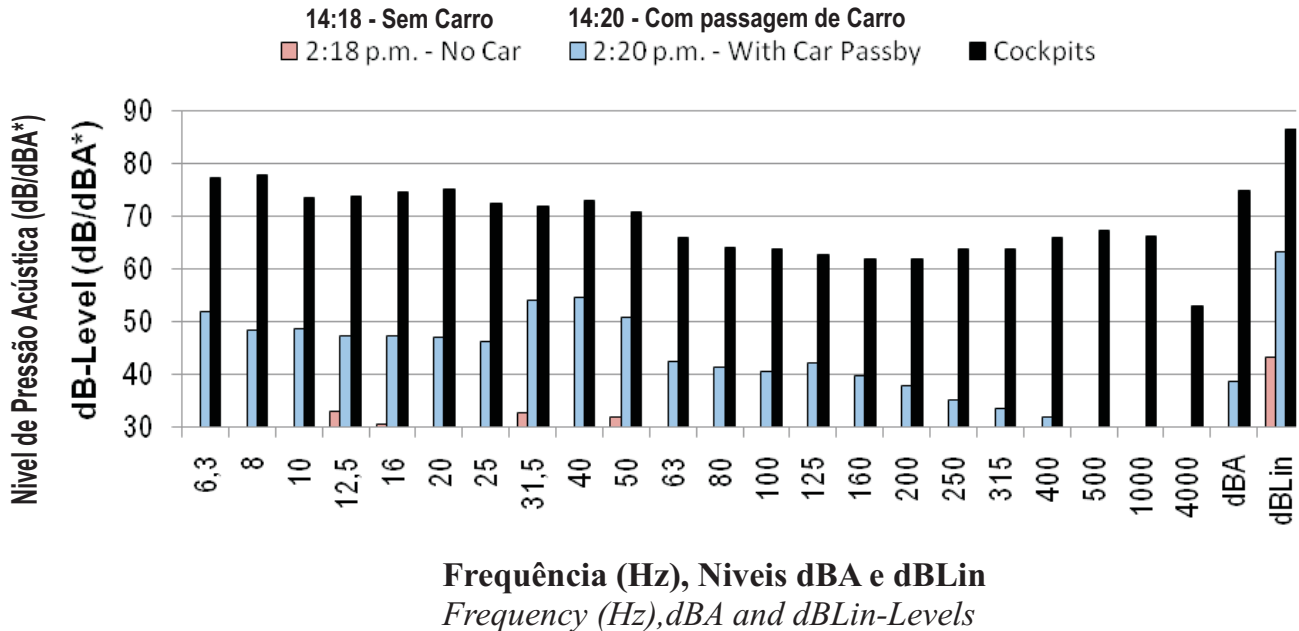
Figura 8 - Varanda de uma casa rural – Com e sem sinos da igreja.

Figure 8 - Porch of a Rural Home – comparison with and without morning church bells.

A determinação das fontes emissoras de RBF é frequentemente uma tarefa difícil e ultrapassa o tema deste artigo. De qualquer modo, para efectuar um estudo detalhado da propagação acústica nesta aldeia, seriam necessários dados topográficos: a aldeia está encrustrada numa encosta; a área à frente da varanda é espaço aberto com outras aldeias visíveis ao longe; não são visíveis nem a cidade nem a vila (hoje cidade também); a igreja está situada entre a casa e a encosta. Como exemplo final de ambientes rurais, foram medidos os níveis de RBF associados à passagem de um carro, na rua localizada entre a casa e a igreja (Ver Figura 9). Apesar de a passagem do carro ter aumentado os níveis de RBF, nas bandas referentes à janela da sensibilidade da audição humana (1000 Hz e 4000 Hz) os níveis são iguais ou inferiores a 30 dBL. Em termos de dBA, não atingem os 40 dBA

Determining the original sources of LFN emissions is often a difficult undertaking, and is beyond the scope of this report. Nevertheless, for a detailed study of acoustical propagation in this hamlet, knowledge of topological features would be required: the hamlet is encrusted into the side of a hill; the area in front of the porch of this specific home oversees open space, with other hamlets in the distance; neither the nearby city nor village is seen from the porch; and the church is located directly behind, between the hill and the home. As a final example of rural environments, LFN levels associated with a car passby on the road between the home and the church were registered and are provided in Figure 9. Although the car increased acoustic pressure levels in the lower frequency components, the bands within the acoustical window of human hearing sensitivity (1000 Hz and 4000 Hz) are at or below 30 dB. The L_{Aeq} level with the car passby does not reach 40 dBA.

Cockpit Vs Varanda da Casa Rural com Passagem de Carro Cockpit Vs Porch of Rural Home With Car Passing



*Apenas o parâmetro Nível dBA é expresso em unidades dBA.
*Only the dBA-Level parameter is expressed in dBA.

Figura 9 - Varanda de uma casa rural – Com e sem a passagem de um carro.
Figure 9 - Comparison between Cockpits and Porch of a Rural Home – Car Passby.

Como poderá ter ficado claro no decurso desta leitura, a quantificação e avaliação de fenómenos acústicos de baixa frequência não são tarefas fáceis. Em todos os casos aqui apresentados, os valores em dBL_{linear} foram superiores aos valores obtidos em dBA, reflectindo a existência de fenómenos acústicos que não são necessariamente percebidos pelo ouvido humano. Os níveis obtidos no ambiente rural (sem a passagem do carro) poderão ser um dos pontos de partida para definir os níveis basais de RBF.

O RBF pode ser antropogénico ou pode ocorrer naturalmente. Sons naturais são classificados em biofonia e geofonia. A primeira é o resultado de animais e da vida selvagem em dado habitat; o segundo deve-se a elementos inanimados, tais como vulcões e cascatas, etc.^[9]. A geofonia de muitos dos processos naturais no planeta Terra está associada à produção ou à presença de RBF, tais como, trovões, ocorrendo a 4-125 Hz e até 114 dB; fenómenos geofísicos ocorrendo a <0.01-1.0 Hz, entre 54-104 dB; e flutuações do vento, aproximadamente a 1 Hz, podendo atingir níveis de amplitude superiores a 160 dB^[10].

No dia 18 de Maio de 1980, às 1532 GMT, o Monte de St. Helens, no estado de Washington nos EUA, eclodiu uma explosão equivalente a 35 megatoneladas de TNT^[11]. O acontecimento foi registado por microbarógrafos localizados: no Colorado às 1655 GMT; em Washington DC às 1850 GMT; em Nova Iorque às 1859 GMT; e em Hamburgo, Alemanha às 2243 GMT. Sismógrafos também registaram o evento: no Utah às 1626 GMT; em Michigan às 1818 GMT; na Noruega às 2043 GMT; em Trinidad e Tobago às 2143 GMT; nos Países Baixos às 2243 GMT, e na Índia às 0000 GMT. Na altura da erupção, o vento soprava de leste; daí os postos de gravação a leste da erupção registaram fracas sinais acústicos^[11]. A explosão do Monte Pinatubo, nas Ilhas Filipinas, no dia 15 de Março de 1991, produziu ondas de pressão de baixa frequência captadas no Japão central a aproximadamente 2400 km de Pinatubo: “Após um atraso de cerca de três horas, as ondas de pressão de infrasons subitamente aumentaram várias ordens de grandeza, e assim permaneceram durante várias horas enquanto explosões múltiplas continuavam na caratera, pulsando minuto após minuto, atingindo frequentemente energias próximas de uma megatonelada de TNT”^[12].

Em 2003, Bowen et al. propuseram um modelo para explicar como são gerados infrasons em ciclones e tufões^[13]. Infrasons em tornados^[14] e em ciclones^[15] foram já investigados e sinais de infrasons foram medidos durante o tufão Katrina (16). O tsunami que ocorreu na Sumatra em 2004 também gerou RBF (17), e infrasons gerados por sismos fracos também já foram registados^[18].

As grandes extensões de areia em desertos são outro elemento geológico gerador de sons graves, na gama

As might have become clear during the course of this report, quantifying and evaluating low frequency acoustical phenomena are not easy tasks. In all cases, dBL_{linear} values were higher than dBA values, reflecting the existence of acoustical events not necessarily perceived by the human auditory system. Levels obtained in the rural environments (without the car passby) could begin to provide data on low frequency baseline levels.

LFN can be anthropogenic or naturally occurring. Natural sounds have been classified as biophony and geophony. Whereas the first is the result of animals and wildlife in a given habitat, the second is due to inanimate elements, such as volcanoes, waterfalls, etc.

^[9]. The geophony of many natural processes of the planet Earth involves the production or presence of LFN, such as thunder, occurring at 4-125 Hz and up to 114 dB; geophysical phenomena, occurring from <0.01-10 Hz, within the range of 54-104 dB; and wind fluctuations, approximately at 1 Hz, with amplitude levels over 160 dB (10).

On May 18th, 1980, at 1532 GMT, Mount St. Helens in Washington State in the U.S. erupted with an explosive yield of approximately 35 megatons of TNT (11). The event was recorded by microbarographs located in: Colorado at 1655 GMT; Washington D.C. at 1850 GMT; New York at 1859 GMT, and Hamburg, West Germany at 2243 GMT. Seismographs also recorded the event in: Utah at 1626 GMT; Michigan at 1818 GMT; Norway at 2043 GMT; West Indies at 2143 GMT; The Netherlands at 2243 GMT, and India at 0000 GMT. At the time of the eruption, wind direction was easterly; hence all recording stations located east of the eruption registered weak acoustical signals^[11]. The Mount Pinatubo eruption on the Philippine Islands, on March 15th 1991, produced low frequency pressure waves that were captured in central Japan, approximately 2 400 km from the Pinatubo: “After a transit delay of about three hours, infrasound pressure waves grew all at once severalfold, lasting for hours as the multiple explosions continued at the crater, pulsing minute after minute, often near the energy of a megaton of TNT”^[12].

In 2003, a model for explaining how cyclones and hurricanes generate infrasound was proposed by Bowen et al.^[13]. Infrasound during tornados^[14] and cyclones^[15] has been studied, and infrasound signals were measured during the Katrina hurricane^[16]. The large tsunami that occurred in Sumatra in 2004 also generated LFN^[17], and earthquake-generated infrasound has also been recorded^[18].

Desert sands are another geological element that produce booming sounds, within the 50-300 Hz range, and that can last as long as 15 minutes; “Marco Polo reported that in the desert evil spirits at times fill the air with the sounds of all kinds of musical instruments, and

dos 50-300 Hz, podendo durar até 15 minutos; “Marco Polo relatou que, por vezes, no deserto, espíritos maléficis enchem o ar com sons de toda a espécie de instrumento musical, e também tambores e o embate de armas”^[19]. São geradores de infrasons alguns eventos astronómicos, tais como chuva de meteoritos^[20] e auroras boreais^[12]. Até os buracos negros parecem ser geradores acústicos, emitindo pulsações de ondas acústicas de gravidade cada 10 milhões de anos^[21]. Porém, pode não ser correcto classificar estas últimas fontes de RBF como geofonia.

Entre os mamíferos, os infrasons desempenham “um papel ubiqüitário na reprodução, na utilização de recursos, na fuga a predadores e em outras interacções sociais”^[22]. Vários animais utilizam infrasons para comunicarem entre distâncias longínquas. Foram documentados elefantes a emitirem um chamamento, na gama de 12-35 Hz e que pode resultar numa reunião de elefantes, frequentemente a 15 km de distância^[12]. Os tigres estão “requintadamente” predispostos à resposta aos infrasons^[23, 24] bem como os rinocerontes^[25]. Seres aquáticas, tais como, peixes, cefalópodes e crustáceos possuem uma “sensibilidade aguda” a infrasons (até inferiores a 1 Hz), tendo sido já sugerido que esta capacidade é fundamental para a sua navegação⁽²⁶⁾. Os detectores infrasónicos identificados em pombos captam infrasons até 0.05 Hz a poderão desempenhar um papel importante nos sistemas de navegação e controlo destas aves^[27].

Explosões (“sonic booms”) acústicas não identificadas foram ouvidas (ou sentidas) em 1977 e 1978 por milhares de pessoas ao longo da Costa Leste nos Estados Unidos, nomeadamente nos estados de Nova Jersey e Carolina do Sul^[28], mas apenas 413 em 594 booms foram atribuídos aos sonic booms associados a aviões supersónicos. Gold et al. explicam: “Não se justifica presumir que todas as ocorrências destes misteriosos ruídos são de natureza artificial”^[30].

Em 1934, no centro do estado de Nova Iorque, as Armas do Lago Seneca eram “um som misterioso que pairou sobre Seneca durante mais de um século: Ocasionalmente, com o tempo calmo e águas quietas, um som grave, ténue e contínuo é distintamente ouvido, sugerindo uma explosão abafada e distante”^[31]. A fonte do ruído, aparentemente, não era antropogénica. Um geólogo e engenheiro, funcionário da Corporação de Gás e Electricidade de Rochester, descobriu que os fenómenos acústicos tinham origem nas “características geológicas e condições físicas” específicas, à medida que gás encurralado debaixo do solo escapava para cima através das águas, produzindo um som que se assemelhava ao disparo de armas^[31]. Esta hipótese foi rapidamente contestada por Ingalls que sugeriu, em vez, que “armas” semelhantes haviam sido já relatadas “na Itália, nas Filipinas, em África, no Haiti e na Bélgica – porém a sua causa é desconhecida”

also of drums and the clash of arms”^[19]. Astronomical events, such as meteor showers are LFN-generators⁽²⁰⁾, as are some auroral discharges⁽¹²⁾. Even black holes seem to be acoustical generators with pulses of acoustical-gravity waves being generated every 10 million years⁽²¹⁾. It is unclear, however, whether these LFN sources can still be considered as strict geophony. Among mammals, infrasound is reported to play a “pervasive role in reproduction, resource utilization, avoidance of predation and other social interactions”⁽²²⁾. Several animals use infrasound to communicate over very large distances. Elephants have been documented using a low frequency call, at 12-35 Hz, and that can result in a gathering of elephants that are often up to 10 miles away⁽¹²⁾. Tigers are “exquisitely” responsive to infrasound^(23, 24), and so are rhinoceros⁽²⁵⁾. Aquatic creatures, such as fish, cephalopods and crustaceans have been reported to have “an acute sensitivity” to infrasound (even below 1 Hz), and it has been suggested that this ability is extensively used for inertial guidance⁽²⁶⁾. Infrasonic detectors identified in pigeons capture infrasound as low as 0.05 Hz, and may be a part of the bird's flight navigation and control systems⁽²⁷⁾.

Unknown acoustical “booms” were heard (or felt) during 1977 and 1978 by thousands of people along the East Coast of North America, namely New Jersey and South Carolina (28), but only 413 in 594 booms were attributable to aircraft sonic booms (29). As Gold et al. put it: “one is not justified in assuming that every occurrence of mysterious booming noises can be accounted for by artificial sources”⁽³⁰⁾.

In 1934, in central New York State, the Guns of Seneca Lake were “a mystery sound [that] hovered over Seneca for more than a century: Occasionally, in calm weather with quiet water, a faint, low, dull boom is heard distinctly suggesting a far-distant, muffled explosion”⁽³¹⁾. The source of the noise was, apparently, not anthropogenic. A geologist and gas engineer of the Rochester Gas and Electric Corporation discovered the acoustical events originated in particular “geological features and physical conditions”, as trapped gas located under the soil escaped upward through the lake waters, sounding like guns⁽³¹⁾. This hypothesis was quickly rebutted by Ingalls who suggested, instead, that similar “guns” had already been reported in “Italy, the Philippines, Africa, Haiti and Belgium – though their cause is unknown”⁽³²⁾. Today, there is the Hum: “A noise of unknown origin, not normally detectable by sensitive measuring equipment, (...) heard in a number of developed countries and that remains an acoustical mystery”⁽³³⁾.

For reasons not well understood by this author, infrasound has attained an almost mystical status and, to some degree, has even been considered a somewhat taboo subject. In terms of public health, infrasound is

[32]. Hoje existe o “Zumbido” (the hum): “Um ruído de origem desconhecida, não detectável normalmente pelo equipamento de medição, (...) ouvido em vários países desenvolvidos e que permanece um mistério acústico” [33].

Por motivos ainda não compreendidos pela autora, os infrasons atingiram um estatuto quase mítico e, têm inclusivamente sido considerados assunto tabu. Em termos de saúde pública, os infrasons são classificados como radiação não-ionizante. Por definição, o termo infrasons refere-se a eventos acústicos inaudíveis aos seres humanos e que ocorrem abaixo dos 16-20 Hz. Apesar desta definição, os seres humanos conseguem perceber sons na gama infrassónica se a amplitude da onda for suficientemente elevada [33-35].

[36] demonstraram que infrasons a 6 Hz e 130 dB penetram o ouvido interno e modulam a informação dentro da cóclea. Ciclos únicos de ondas de pressão acústica tornaram-se distinguíveis abaixo dos 10 Hz [34]. Pensa-se que os movimentos do fluido da cóclea contribuem para o mecanismo desta detecção de infrasons [37,38].

Uma das principais personagens na mitologia dos infrasons é Gavreau [39] que, ao referir-se a uma fonte de 196 Hz, asseverou: “Durante o ensaio, os nossos ouvidos estavam bem protegidos. Mas, após o ensaio apercebemo-nos da dolorosa 'ressonância' dentro dos nossos corpos – tudo dentro de nós parecia vibrar quando falávamos ou quando nos movimentávamos. O que ocorreu foi que este som a 160 decibels (...) agindo directamente sobre o corpo, produziu uma fricção intensa entre os órgãos internos, resultando numa irritação aguda das terminações nervosas. Presumivelmente, se o ensaio tivesse durado mais do que cinco minutos, teria ocorrido hemorragia interna” [39]. Não se consideram frequências a 196 Hz como pertencendo à gama infrassónica. Mesmo assim, o artigo de Gavreau intitulou-se “Infrasons” e foi “apanhado pelos escritores de ciência popular e reproduzido com floreios” [40].

Desde então, têm surgido estudos explorando as experiências subjectivas a infrasons. Em 2000, Tandy propôs que as “presenças” relatadas numa cave do século XIV, e que originalmente fazia parte de um Priorado Benedictino, resultavam de um tom infrassónico contínuo de 19 Hz [41]. Muitos órgãos de igrejas geram infrasons até aos 8 Hz, tendo estes sido associados a “manifestação de emoções, (...) sentimentos esquisitos (...) uma estranha mistura de tranquilidade e desassossego” [42].

A possibilidade de armamento infrassónico poderá ter contribuído para o singular estatuto detido pelos infrasons. Na década de 1970, o Secretário-Geral da União Soviética, Breshnev, falou de uma “arma ainda mais terrível do que armas nucleares” (40). Em 1978, um documento de trabalho sobre armamento

classified as non-ionizing radiation. By definition, infrasound refers to acoustical events that are inaudible to humans and that occur below 16-20 Hz. Despite this definition, humans can perceive sound at infrasonic ranges if the wave amplitude is sufficiently elevated [33-35]. Hensel et al. [36] demonstrated that infrasound at 6 Hz and 130 dB penetrates the inner ear and modulates information within the cochlea. Single cycles of acoustical pressure waves have been shown to become distinguishable below 10 Hz [34]. Cochlear fluid movements are thought to be a contributing mechanism for this detection of infrasound [37,38].

One of the main characters in infrasound mythology is Gavreau [39] who, referring to a source of 196 Hz claimed: “During the test our ears were well protected. However, after the test we became aware of a painful “resonance” within our bodies – everything inside us seemed to vibrate when we spoke or moved. What had happened was that this sound at 160 decibels (...) acting directly on the body produced intense friction between internal organs, resulting in a severe irritation of the nerve endings. Presumably, if the test had lasted longer than five minutes internal hemorrhage would have occurred” [39]. Frequency bands at 196 Hz are not considered to be within the infrasonic range. Nevertheless, Gavreau's article was titled “infrasound” and was “picked up by popular science writers and reproduced with embellishments” [40].

Since then, studies investigating human subjective experiences of infrasound exposure have appeared. In 2000, Tandy proposed that the “presences” reported in a 14th century cellar, originally part of a Benedictine Priory, were the result of a continuous 19 Hz infrasonic tone [41]. Many church organs generate infrasound down to 8 Hz, and this has been associated with “emotional arousal, (...) odd feelings (...) a strange blend of tranquility and unease” [42].

Infrasonic weaponry may have contributed to the unique status of infrasound. In the mid-1970's, Soviet Union Chairman Breshnev spoke of a “weapon even more terrible than nuclear arms” [40]. In 1978, a Working Paper on Infrasound Weapons was submitted by the Hungarian People's Republic, at the Conference of the Committee on Disarmament [40]. Large portions of the Paper were transcribed by Leventhall, of which some passages were selected to present herein: “The effects of infrasound oscillations on the human organism are generally harmful. Even slight infrasound radiations at certain frequencies induce headaches, giddiness, nausea, disorders of vision, throat spasms, breathing disorders and 'psychotropic' effects, causing a feeling of fear and loss of consciousness. In some cases, even a single exposure to low-power infrasound radiation can lead to epilepsy. (...) Infrasound can in the future become the basis of one of the dangerous types of new weapons of mass destruction. On the basis of scientific

infrasónico foi submetido pela República Popular da Hungria, na Conferência do Comité sobre desarmamento^[40]. Extensas secções deste documento de trabalho foram transcritas por Leventhall, algumas das quais foram seleccionadas para apresentar aqui: “Os efeitos de oscilações infrasónicas sobre o organismo humano são geralmente nocivas. Até radiações infrasónicas leves a determinadas frequências podem provocar dores de cabeça, tonturas, náusea, alteração da visão, espasmos da garganta, desordens respiratórias, e efeitos 'psicotrópicos', levando a um sentimento de medo e perda de sentidos. Em alguns casos, até uma única exposição a radiação infrasónica de baixa potência poderá originar epilepsia. (...) Futuramente, os infrasons podem servir de base para um dos perigosos novos tipos de armas de destruição maciça. Com base nos desenvolvimentos científicos e tecnológicos, o surgimento deste novo tipo de armas de destruição maciça pode já ser esperado no futuro previsível”^[40].

Cerca de 20 mais tarde, um artigo publicado na revista U.S. News & World Report com o título “Armas Maravilha” asseverou: “As chamadas armas acústicas ou sónicas (...) conseguem fazer vibrar as vísceras dos seres humanos de modo a imobilizá-los, ou até, de acordo com a reunião de informação do Pentágono, 'liquidificar os intestinos e reduzi-los a uma massa diarreica geliform. (...)A empresa Scientific Application & Research Associates Inc. concluiu agora um engenho que provoca a ressonância dos órgãos internos (...), os atacantes sentem-se progressivamente mais incomodados quanto mais perto estiverem dos seus feixes”^[43]. É questionável se estes tipos de armamentos utilizam infrasons dada a existência e sucesso do LRAD (Long Range Acoustical Device, Engenho Acústico de Longo Alcance), empregue por várias forças de segurança a nível mundial^[44]. O LRAD produz um som agudo até 151 dB e é principalmente utilizado para dispersar multidões e em actividades anti-terroristas^[44].

Sob os auspícios do Tratado de Abolição de Testes Nucleares (Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty –CNTBT), uma rede de 60 estações detectoras de infrasons encontra-se dispersa à volta do globo terrestre^[45]. Com esta rede, pode obter-se um grande volume de dados sobre eventos naturais e antropogénicos ricos em RBF. Havia já algum tempo que cientistas e militares tentavam chegar a acordo^[46] e em 2005, 86% da Rede Internacional de Monitorização de Infrasons CNTBT foi implementada^[47]. O CNTBT conduziu a um “renascimento dos infrasons”^[17]. Enquanto que os testes nucleares não têm sido (felizmente) uma fonte comum de infrasons, uma plétora não-antropogénica de fontes infrasónicas têm sido registadas e “os cientistas têm já mais informação gravada do que aquela que eles podem compreender”

and technological developments, the appearance of these new types of weapons of mass destruction can already be expected in the foreseeable future”⁽⁴⁰⁾.

Almost 20 years later, an article published in the U.S. News & World Report, titled “Wonder Weapons” stated: “So-called acoustical or sonic weapons (...) can vibrate the insides of humans to stun them, nauseate them, or even 'liquefy their bowels and reduce them to quivering diarrhetic messes,' according to a Pentagon briefing. (...) Scientific Application & Research Associates Inc. have built a device that will make internal organs resonate (...) its beams would make intruders increasingly uncomfortable the closer they get”⁽⁴³⁾. Whether or not this latest weaponry is based on infrasound is questionable particularly given the success of the LRAD (Long Range Acoustical Device), in use by several security forces around the world⁽⁴⁴⁾. This device produces a shrieking sound up to 151 dB and is mostly used for crowd dispersal and anti-terrorist activities⁽⁴⁴⁾.

Under the auspices of the Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty (CNTBT), an array of 60 infrasound detecting stations has been dispersed throughout the globe⁽⁴⁵⁾. With this network, large amounts of data can be obtained regarding natural and anthropogenic LFN-rich events. Scientists and military officials had been trying to reach an agreement for some time⁽⁴⁶⁾, and in 2005, 86% of the CNTBT International Monitoring System Infrasound Network had already been implemented⁽⁴⁷⁾. The CNTBT has brought about a “renaissance for infrasound”⁽¹⁷⁾. Whilst nuclear tests have not been (happily) a common source of infrasound, a plethora of non-anthropogenic sources are being registered, and “scientists are already recording more information than they can comprehend”⁽¹⁷⁾.

CNTBT's Infrasound Network is proving useful for studying the behavior of Hawaiian volcanoes and the internal structure of the atmosphere, through a 3-D tomography-like image⁽¹⁷⁾. Predicting swells and storms in oceans and the propagation of volcanic ash plumes are also end-points of the information gathered by monitoring global infrasound⁽⁴⁸⁾. The physical characterization of both anthropogenic and non-anthropogenic infrasonic worlds is an exciting new field of study: “We are now at the christening stage of infrasound (...) This technology has endless possibilities for teaching us about the world”⁽¹⁷⁾.

[17]

A Rede Internacional de Monitorização de Infrasons CNTBT tem sido muito útil para estudar o comportamento dos vulcões no Havaí e a estrutura interna da atmosfera, através de imagens semelhantes a tomografia 3D [17]. A previsão de marés e tempestades nos oceanos e da propagação das plumas de cinza vulcânica são também objectivos da informação captada pela Rede [48]. A caracterização física dos infrasons antropogénicos e não-antropogénicos são uma nova e excitante área de estudo: “Estamos agora na altura do baptismo dos infrasons (...) Esta tecnologia tem possibilidades inesgotáveis para nos ensinar sobre o mundo que nos rodeia” [17].

Conclusão

Fontes de RBF naturais e antropogénicas são ubiqüitárias na sociedade moderna. No entanto, a quantificação e avaliação destes fenómenos acústicos constituem tarefas complexas. Ainda que a exposição crónica a RBF antropogénico possa comprometer a saúde humana, não foram ainda internacionalmente aceites níveis de limite de exposição e os níveis basais seguros continuam praticamente por definir.

O propósito da apresentação destes dados consiste em fornecer informação sobre o RBF existente em diversos ambientes urbanos e rurais, a fim de avançar na investigação sobre as respostas biológicas à exposição ao RBF, como se constata na DVA.

Conclusion

Natural and anthropogenic sources of LFN are ubiquitous in modern society. Quantifying and evaluating these acoustical phenomena however, are complex tasks. Although chronic exposure to LFN generated by anthropogenic sources can compromise human health, no permissible exposure levels have been internationally accepted, and safe baseline levels are practically undefined.

The purpose of the data presented herein was to provide some information on the LFN content of several different urban and rural environments, in order to advance the inquiry into LFN-induced biological responses, as seen in VAD.

Referências / References

- [1] Chaparral Physics. Geophysical Institute, University of Alaska, 2008. URL: www.gi.alaska.edu/chaparral/selection.html
- [2] Alves-Pereira M. Extra-aural noise-induced pathology. A review and commentary. *Aviat Sp Environ Med* 1999, 70 (March, Suppl), A7-21.
- [3] Castelo Branco NAA., Alves-Pereira M. Vibroacoustic disease. *Noise & Health* 2004, Vol 6 (23), 3-20.
- [4] Castelo Branco NAA. The clinical stages of vibroacoustic disease. *Aviat Sp Environ Med* 1999; 70 (3, Suppl): A32-9.
- [5] Araujo A, Pais F, Lopo Tuna JMC, Alves-Pereira M, Castelo Branco NAA. Echocardiography in noise-exposed flight crew. *Internoise*, The Hague, Holland, 2001, 1007-10.
- [6] 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: 256-79.
- [7] Alves-Pereira M, Castelo Branco NAA. Infrasound and low frequency noise dose responses: contributions. *RLCTS* 2009, 6(1), 31-44.
<http://revistas.ulusofona.pt/index.php/revistasauade/article/viewFile/725/605>
- [8] Alves-Pereira M, Castelo Branco MSN, Motylewski J, Pedrosa A, Castelo Branco NAA. Airflow-Induced infrasound in commercial aircraft. *Internoise*, The Hague, Holland, 2001, 1011-14.
- [9] Coates PA. The strange stillness of the past: toward an environmental history of sound and noise. *Environ Hist* 2005, 10(4), 58-68.
- [10] Altmann J. Acoustic weapons – a prospective assessment. *Science & Global Security* 2001, 9, 165-234.
- [11] Donn WL, Balachandran NK. Mount St. Helens eruption of 18 May 1980: Air waves and explosive yield. *Science* 1981, 213, 539-41.

- [12] Morrison P. Double bass redoubled. *Sci Am* 1998, May, 109-11.
- [13] Bowen SP, Richard JC, Mancini JD, Fessatidis V, Crooker B. Microseism and infrasound generated by cyclones. *J Acoust Soc Am* 2003, 113, 2562-73.
- [14] Noble JM, Bedard JRAJ. Infrasound from tornadoes and other severe storms. *J Acoust Soc Am* 2006, 120, 3031. (Abstract)
- [15] Naugolnykh KA. Infrasound radiation of cyclones. *J Acoust Soc Am* 2005, 117, 2451. (Abstract)
- [16] Wagstaff R, Goggans E, Rice H, Talmadge C. Infrasound measurements during hurricane Katrina. *J Acoust Soc Am* 2007, 122, 2950. (Abstract)
- [17] Garces M, Caron P, Hetzer C. Infrasound associated with the 2004 Sumatra megathrust earthquake and tsunami. *J Acoust Soc Am* 2005, 117, 2419. (Abstract)
- [18] Mutschlechner P, Whitaker R. Characteristics of infrasound signals from earthquakes. *J Acoust Soc Am* 2005, 117, 2451. (Abstract)
- [19] Nori F, Sholtz P, Bretz M. Booming sand. *Sci Am* 1997, September, 84-9.
- [20] Edwards WN, Brown PG, Spurny P, Revell DO. Listening to shower meteors with infrasound. *J Acoust Soc Am* 2005, 117, 2451. (Abstract)
- [21] Berman B. Space: A very noisy place. *Discover Mag* 2004, 25.
URL: www.discover.com/issues/feb-04/departments/sky-lights.
- [22] Garstang M. Long-distance, low-frequency elephant communication. *J Comp Physiology-A* 2004, 190, 791-805.
- [23] Von Muggenthaler E (2000). Infrasonic and low-frequency vocalizations from Siberian and Bengal tigers. *J Acoust Soc Am* 2000, 108, 2531. (Abstract)
- [24] Walsh EJ, Wang LM, Armstrong DL, Curro T, Simmons LG, McGee J. Acoustic communication in panthera tigris: A study of tiger vocalization and auditory receptivity. *J Acoust Soc Am* 2003, 113, 2275. (Abstract)
- [25] Von Muggenthaler E, Reinhart P, Lympany B, Barton Craft R. Song-like vocalizations from the Sumatran Rhinoceros (*Dicerorhinus sumatrensis*). *Acoust Res Let Online - Acoust Soc Am* 2003, 4, 83-88.
- [26] Sand O, Karlsen HE. Detection of infrasound and liner acceleration in fishes. *Phil Trans Royal Soc London - Series B: Biological Sciences* 2000, 355, 1295-8.
- [27] Kreithen ML, Quine DB. Infrasound detection by homing pigeons: A behavioural audiogram. *J Comp Physiol-A* 1979, 129, 1-4.
- [28] Shapley D. East coast mystery booms: A scientific suspense tale. *Science* 1978, 199, 1416-7.
- [29] Kerr RA. East coast mystery booms: Mystery gone but booms linger on. *Science* 1979, 203, 256.
- [30] Gold T, Soter S. Brontides: natural explosive noises. *Science* 1979, 204, 371-5.
- [31] Fairchild HL. Silencing the "guns" of Seneca Lake. *Science* 1934, 79, 340-41.
- [32] Ingalls AG. "Guns" of Seneca Lake. *Science* 1934, 79, 479-80.
- [33] Leventhall G. What is infrasound? *Prog Biophys Molec Biol* 2007, 93, 130-137
- [34] Moller H, Pedersen CS. Hearing at low and infrasonic frequencies. *Noise & Health* 2004, 6 (23), 37-57.
- [35] Watanabe T, Moller H. Low frequency and hearing thresholds in pressure field and free field. *J Low Freq Noise Vib* 1990, 9, 106-115.
- [36] Hensel J, Scholz G, Hurttig U, Mrowinski D, Janssen T. Impact of infrasound on the human cochlea. *Hear Res* 2007, 233 (1-2), 67-76.
- [37] Krukowski B, Carlborg B, Densert O. Nonlinear aspects of infrasonic pressure transfer into the perilymph. *Hear Res* 1980, 2, (2-3), 207-12.
- [38] Harding GW, Bohne BA, Lee SC, Salt AN. Effect of infrasound on cochlear damage from exposure to a 4 kHz octave band of noise. *Hear Res* 2007, 225, (1-2), 128-38.
- [39] Gavreau V. Infrasound. *Science Journal* 1968, January, 33-37 In: Leventhall G. The infrasonic weapon revisited. *Noise Vib Worldwide* 1998, 29, 22-6.
- [40] Leventhall G. The infrasonic weapon revisited. *Noise Vib Worldwide* 1998, 29, 22-6.
- [41] Tandy V. Something in the cellar. *J Psychical Res* 2000, 64, 129-140.
- [42] Holden C (ed). *Random Samples: Spiritual bass*. *Science* 2003, 301, 1665.
- [43] Pasternak D. Wonder weapons. *U.S. News World Report* 1997, July 7th.
URL: www.usnews.com/usnews/culture/articles/970707/archive_007360.htm
- [44] Lewar N. Non-lethal weapons: saving lives? – but still serious areas of concern. *Jane's 8th Ann Less-Lethal Weapons Conf*, 26 October 2005, Center for Conflict Resolution, University of Bradford, U.K. URL: www.less-lethal.org/web/articles.aspx or www.bradford.ac.uk/acad/nlw/research_reports/docs/BNLWRP_Janes_Oct05.pdf
- [45] Christie DR. Overview of the infrasound monitoring system for the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty (A). *J Acoust Soc Am* 1999, 105, 1102.
- [46] Stone R. Data treasures of the Test Ban Treaty. *Science* 2002, 297, 41-2.
- [47] Hoffmann TL. Status report on the establishment of the CTBTO IMS infrasound network. *J Acoust Soc Am* 2005, 117, 2452. (Abstract)
- [48] Sever M. The infrasound renaissance. *Geotimes* 2004, June. URL: www.geotimes.org/june04/technology.html