

EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL A INFRASSONS E RUÍDO DE BAIXA FREQUÊNCIA DOS TÉCNICOS DE RADIOLOGIA EM RESSONÂNCIA MAGNÉTICA – NOTA PRELIMINAR

PACS: 43.28.Dm

Simões, Helder, SUScita - Research Group on Sustainability, Cities and Urban Intelligence, Instituto Politécnico de Coimbra, Rua Pedro Nunes - Quinta da Nora, 3030-199 Coimbra, Telf: +351.919030519 Email: heldersimoes@estesc.ipc.pt

Alves-Pereira, Mariana, Universidade Lusófona, Campo Grande, Lisboa, Portugal, Email: m.alvespereira@gmail.com

Bakker, Hubb, HCC, Massey University, Palmerston North, Nova Zealandia, Email: huubbakker@smart-technologies.co.nz

Tavares, Óscar, Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Coimbra, Instituto Politécnico de Coimbra, Email: oscar@estesc.ipc.pt

Pereira, Joaquim, Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Coimbra, Instituto Politécnico de Coimbra, Email: jpereira@estesc.ipc.pt

Barros, Nelson Azevedo, FP-I3ID, FP-S2E, Universidade Fernando Pessoa, Porto, Portugal, Email: nelson@ufp.edu.pt

Palavras-chave: resolução espectral de 1/36 de oitava, resolução temporal de 1 segundo, perfil temporal, sonogramas, series harmónicas

ABSTRACT

Infrasound evaluations are not commonly included in routine noise measurements despite their potential to cause health issues, depending on exposure times. This is a Preliminary Note on an ongoing project where the goal is to characterize infrasonic (0.1—20 Hz) environments in both occupational and environmental settings. Data acquisition was obtained in the control room of a magnetic resonance imaging machine (while in use). Acoustical data was collected with a spectral resolution of 1/36 of an octave, a temporal resolution of 1-second, and in unweighted dB (Linear). Given the innovative and pioneering character of these ongoing studies, only initial analyses and interpretation of spectrograms and harmonic series are provided.

RESUMO

Os infrassons (inferiores a 20 Hz) não são normalmente incluídos nas medições de rotina do ruído, apesar do seu potencial para causar problemas para a saúde, dependendo dos tempos de exposição. Esta é uma Nota Preliminar de um projeto em curso em que o objetivo é caracterizar o ambiente infrassónico (0.1—20 Hz), tanto em meios laborais ocupacionais como ambientais. As gravações foram obtidas na sala de controlo de um equipamento ressonância magnética (enquanto em uso). Foram recolhidos dados acústicos com uma resolução espectral de 1/36 de uma oitava, uma resolução temporal de 1-segundo, e em dB não ponderados (Linear). Dado o carácter inovador e pioneiro destes estudos em curso, apenas são fornecidas análises e interpretações iniciais de espectrogramas e séries harmónicas.

1. INTRODUÇÃO

A Ressonância Magnética (RM) é uma moderna técnica de imagem, considerada das mais poderosas para alcançar diagnósticos fiáveis em medicina. Ao contrário das imagens de radiologia convencional, que são produzidas pela atenuação de fótons de raios x por eletrões orbitais externos, o sinal da RM origina-se bem no centro do átomo, conhecido como núcleo [1].

Embora as propriedades químicas de um átomo dependam da estrutura dos seus eletrões, as propriedades físicas dependem principalmente do núcleo, que é responsável por quase toda a massa do átomo. De todos os átomos com núcleo não emparelhado, o hidrogénio é o mais simples por ter apenas um núcleo (um protão). Sendo assim o átomo mais importante para a RM, é o hidrogénio exatamente por constituir dois terços de todos os átomos nos seres humanos. Além da sua grande abundância relativa (química) e isotópica no corpo humano, o hidrogénio é altamente magnético e por isso proporciona uma sensibilidade elevada na RM [1].

Ao expor os átomos de hidrogénio a um campo magnético, os seus protões ficam alinhados e, ao fazer incidir ondas de radiofrequência sobre determinadas áreas do corpo, os protões locais vão perder esse alinhamento. Quando se interrompem os pulsos de radiofrequência, os protões recuperam o alinhamento inicial e, nesse processo, emitem ondas de radiofrequência que variam em função do tipo de tecido. Essas ondas são recolhidas, processadas e transformadas em imagens anatómicas detalhadas. As imagens por RM traduzem as diferentes intensidades dos sinais emitidos pelos protões dos tecidos. É uma técnica de imagem não invasiva, multiplanar, com elevada resolução anatómica e de contraste e com capacidade para caracterizar muitos tecidos [1].

De modo a garantir a correta prática clínica diária, os profissionais de saúde que desenvolvem a sua atividade na obtenção de diagnósticos através de imagens de RM, devem ser providos de determinadas competências técnicas e científicas, mas também capacidade de organização e gestão do trabalho individual e capacidade de comunicação clara e esclarecedora, de forma a garantir a qualidade dos serviços prestados. Uma das principais responsabilidades e obrigações correspondentes ao correto desempenho traduz-se na prestação de cuidados profícuos ao doente.

Dada a exposição ocupacional a campos magnéticos, os riscos para a saúde dos técnicos de radiologia em RM, no que concerne acidentes e qualidade do sono, foram já abordados por outros autores [2,3]. A exposição destes profissionais de saúde a emissões acústicas ainda não foi averiguada.

A energia acústica contida nas bandas infrassónicas (≤ 20 Hz) não é normalmente caracterizada no âmbito das medições de ruído, nomeadamente por três motivos: a) falta de equipamento apropriado para medir com precisão as características acústicas nestas bandas espectrais; b) o pressuposto errado que a exposição a infrassons (de origem artificial) não causa efeitos adversos na saúde por estarem abaixo do limiar da audição humana; e c) a ausência de legislação Europeia que estabeleça níveis de exposição admissíveis para exposições infrassónicas.

Dados científicos recolhidos desde os anos 70 do século passado até hoje demonstram que a exposição excessiva a infrassons artificiais (i.e., gerados por máquinas e infraestruturas) pode levar a efeitos adversos para a saúde. Por exemplo, em 1978, investigadores Franceses mostraram que a exposição a infrassons de ratos *geneticamente surdos* levou a uma diminuição do seu desempenho em provas de natação, tal como aconteceu com os ratos com audição normal [4]; Na Federação Russa, a legislação que estabelece níveis de exposição admissíveis está em vigor desde finais da década de 1970 (Fig. 1) [5].

Mais recentemente, investigadores da China têm vindo a realizar extensas investigações sobre as respostas biomoleculares e fisiológicas às exposições infrassónicas de curta duração (horas ou semanas). Por exemplo, foi demonstrado que a deficiência neuronal induzida pela exposição a infrassons é mediada por canais mecanosensíveis (TRPV4), expressos pelas células gliais [6]; foi também demonstrado que a exposição a infrassons tem um efeito nos fibroblastos cardíacos [7]. A resposta biológica às exposições infrassónicas está relacionada com as propriedades mecânicas dos tecidos biológicos [8] e, ao longo das últimas décadas, foram documentadas doenças físicas em trabalhadores expostos a este agente físico da doença [5,9,10].

Premise	Sound pressure levels, dB, in octaval bands of averaged geometric frequencies, Hz				General sound pressure level dB "Lin"
	2	4	8	16	
Different jobs inside industrial premises and production areas:					
- Different physical intensity jobs	100	95	90	85	100
- Different intellectual emotional tension jobs	95	90	85	80	95
Populated area	90	85	80	75	90
Living and public premises	75	70	65	60	75

Figura 1 - Níveis de exposição admissíveis para infrassons na Federação Russa no ano 2000. De salientar: a segmentação das bandas infrassônicas em bandas de 2, 4, 8 e 16 Hz; a utilização do dB não-ponderado (dB Linear); e a existência de valores específicos para zonas ocupacionais, ambientais e residenciais. Imagem reproduzida de [5].

Os dados apresentados neste relatório foram recolhidos no contexto de um projeto em curso cujo objetivo é caracterizar a paisagem acústica infrassônica ocupacional, ambiental e/ou residencial, através da aquisição de dados em alta-resolução. Assim, as análises e interpretações fornecidas nesta Nota Preliminar são de natureza introdutória.

2. MÉTODOS

2.1. Instrumentação e processamento de dados

O equipamento utilizado para a aquisição infrassônica foi o sistema SAM Scribe Full Spectrum (FS) (Modelo: Mk2, produzido pela Soundscape Analytics, Palmerston North, Nova Zelândia) [11]. Este sistema foi concebido e desenvolvido com o objetivo de obter gravações de paisagens acústicas, com alta precisão nas bandas infrassônicas e de baixa frequência. É um dispositivo de dois canais que pode medir a taxas de amostragem até 44,1 kHz, fornecendo fluxos de dados via USB a um computador portátil Windows e armazenando-os como ficheiros wav não comprimidos no disco rígido (Fig. 2A). A informação GPS é armazenada nos ficheiros como metadados, o que inclui também uma assinatura digital. O sistema pode gravar com precisão de 0.1-1000 Hz, conforme a resposta de frequência do fabricante dos dois microfones condensadores de electret (Modelo nº: EM246ASS'Y, Primo Co, Ltd, Tóquio, Japão), (Fig 2B) [12].



Figure 2A — Sistema SAM Scribe Full Spectrum (Modelo: Mk1) [11].

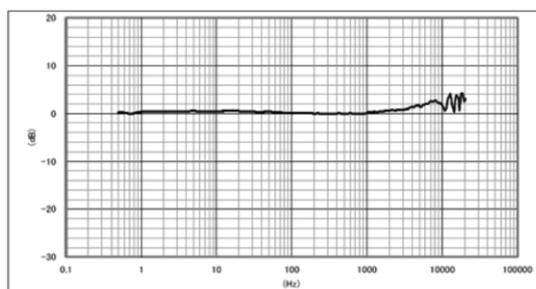


Figure 2B — Resposta em frequência dos microfones do Sistema SAM [12].

Os dados acústicos foram processados em Matlab (The MathWorks, EUA) utilizando filtros de banda estreita em conformidade com as normas ANSI® S1.11-2004 e IEC 61260:1995. As análises foram realizadas com uma resolução espectral de 1/36 avos de oitava, e com uma

resolução temporal de 1 segundo. Todos os valores de amplitude são dados em dB-Linear (i.e., sem ponderação).

2.2. Protocolo de medição

As gravações foram realizadas dentro da sala de controlo de um equipamento de imagiologia por RM, enquanto estava em funcionamento. Durante a aquisição de dados, foram colocadas esponjas protetoras em ambos os microfones, e foram gravados tons de calibração (94 dB/1000 Hz) antes e depois de cada sessão. Foram obtidas gravações contínuas durante, pelo menos, 30 minutos.

3. RESULTDOS

Os dados recolhidos são apresentados sob a forma de sonogramas e espectrogramas (Fig. 3) e sob a forma de análise de séries harmónicas (Fig. 4).

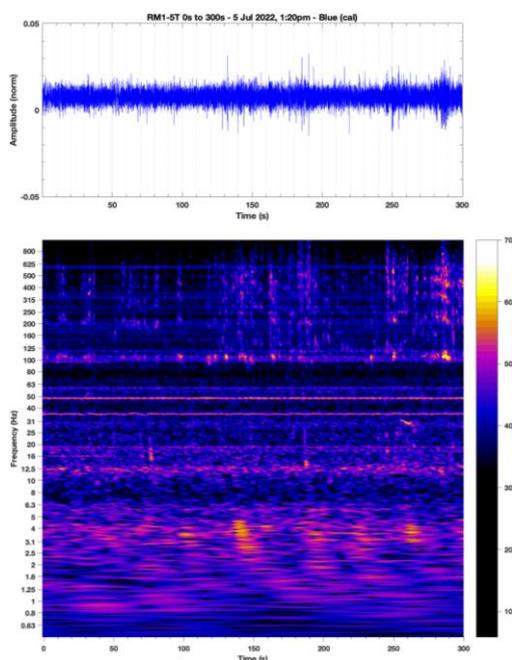


Figura 3 – Segmento de 5 minutos adquirido dentro da sala de controlo da RM mostrando o espectrograma (em cima) e o sonograma correspondente (em baixo).

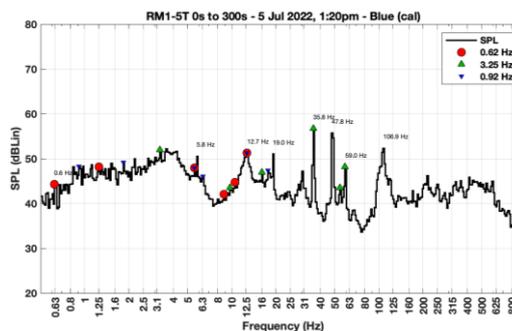


Figura 4 - Análise de séries harmónicas no mesmo intervalo de tempo apresentado na Figura 3.

A análise preliminar sugere que os tons quase contínuos observados a cerca de 40 e 50 Hz no sonograma podem estar relacionados com o modo de funcionamento do equipamento de RM. Um conjunto de tons infrassónicos pode ser observado na região de 12.5 Hz do sonograma, e também na região correspondente da análise da série harmónica, onde os picos de 40 e 50 Hz são também claramente visíveis (Fig. 4). Foram identificadas três séries harmónicas com frequências fundamentais a 0.62 Hz, 0.92 Hz e 3.25 Hz. A identificação completa das fontes acústicas artificiais responsáveis por estes eventos refletidos pelas séries harmónicas não foi concluída, sendo necessárias gravações adicionais.

4. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Os dados acústicos adquiridos na sala de controlo da RM estão entre as primeiras gravações realizadas com o sistema SAM num ambiente ocupacional. Até agora, a maioria dos dados recolhidos pelos sistemas SAM, a nível mundial, tem sido em residências próximas de turbinas eólicas [13,14]. Aqui, a assinatura acústica gerada por estas máquinas rotativas já foi identificada (Figs. 5 e 6). Ainda não existem este tipo de análises detalhadas para outras máquinas, tais como equipamentos de RM.

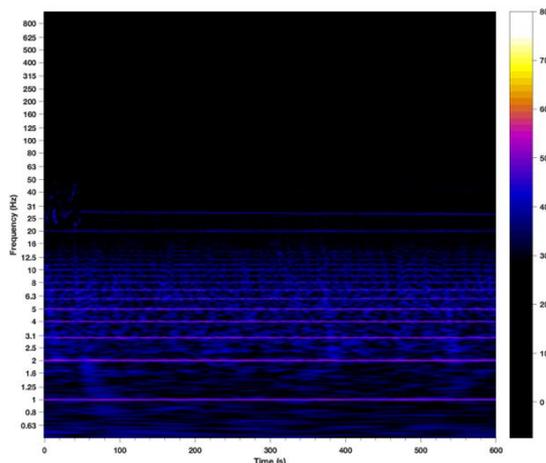


Figura 5 - Registo de 10 minutos dentro de uma casa na Escócia localizada perto de uma central eólica. As linhas horizontais contínuas na região infrassónica são eventos acústicos não naturais, gerados por turbinas eólicas em rotação, também chamada a assinatura acústica da turbina eólica [13].

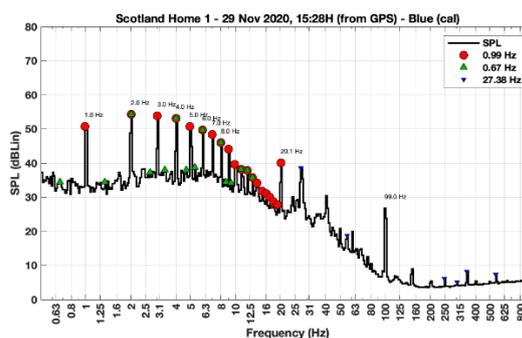


Figura 6 - Análise de séries harmónicas (assinaturas acústicas) no mesmo intervalo de tempo que na Figura 6, mostrando as séries com frequências fundamentais a 0.67 e 0.9 Hz, e que correspondem à frequência de passagem das pás nestes modelos particulares de turbinas eólicas [13].

No futuro, gravações adicionais serão efetuadas nesta mesma sala de controlo de RM, e esta metodologia de aquisição de dados infrassónicos em alta-resolução será alargada a outros ambientes ocupacionais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio imprescindível do Doutor Bruce I. Rapley e da Soundscape Analytics.

REFERÊNCIAS

- [1] Dale, B.M.; Brown, M.A.; Semelka, R.C. (eds). *MRI: Basic principles and applications*, 5th ed. Wiley-Blackwell, Oxford, UK, 2015.
- [2] Huss, A; Ozdemir, E; Schapp, K; Kromhout, H. Occupational exposure to MRI-related magnetic stray fields and sleep quality among MRI-Technicians: A cross-sectional study in the Netherlands. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 231, 2021, 113636. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2020.113636>

- [3] Van Nierop, L.E; Slottje, P; van Zandvoort, M.J; Kromhuot, H. Simultaneous exposure to MRI-related static and low-frequency movement-induced time-varying magnetic fields affects neurocognitive performance: A double-blind randomized crossover study. *Magnetic Resonance in Medicine*, 74, 2015, 840-49. <https://doi.org/10.1002/mrm.25443>
- [4] Busnel, R.G.; Lehmann, A.G. Infrasound and sound: Differentiation of their psychophysiological effects through use of genetically deaf animals. *Journal of the Acoustical Society of America*, 63, 1978, 974-77.
- [5] Stepanov, V. *Biological effects of low frequency acoustic oscillations and their hygienic regulation*. State Research Center of Russia, Moscow, Russian Federation, 2000. <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a423963.pdf>.
- [6] Shi, M.; Du, F.; Liu, Y.; Li, L.; Cai, J. *et al.* Glial cell-expressed mechanosensitive channel TRPV4 mediates infrasound-induced neuronal impairment. *Acta Neuropathologica*, 126, 2013, 725-39. doi: 10.1007/s00401-013-1166-x.
- [7] Jin, W.; Deng, Q.Q.; Chen, B.Y.; Lu, Z.X.; Li, Q. *et al.* Inhibitory effects of low decibel infrasound on the cardiac fibroblasts and the involved mechanism. *Noise & Health* 19, 2017, 149-53. doi: 10.4103/nah.NAH_14_16.
- [8] Alves-Pereira, M.; Rapley, B.; Bakker, H.H.C.; Summers, R. Acoustics and Biological Structures IN: *Acoustics of Materials*. Abiddine, Z.E.; Ogam, E. (editors). IntechOpen, London, 2019. <https://www.intechopen.com/online-first/acoustics-and-biological-structures>. doi: 10.5772/intechopen.82761
- [9] Cohen, A. The influence of a company hearing conservation program on extra-auditory problems in workers. *Journal of Safety Research*, 8: 1976, 146-62.
- [10] Castelo Branco, N.A.A. The clinical stages of vibroacoustic disease. *Aviation Space Environmental Medicine*, 70, 1999, A32-9.
- [11] Bakker, H.H.C.; Rapley, B.I.; Summers, S.R.; Alves-Pereira, M.; Dickinson, P.J. (2017). An affordable recording instrument for the acoustical characterisation of human environments. *Proceedings International Conference Biological Effects of Noise (ICBEN 2017)*, 18-22 June, Zurich, Switzerland, No. 3654, 2017, 12 pages.
- [12] <http://www.primo.com.sg/japan-low-freq-micro>
- [13] Bakker, H.H.C.; Alves-Pereira, M.; Mann, R.; Summers, R.; Dickinson, P. Novas metodologias para avaliações acústicas – infrassons e ruído de baixa frequência. In: *Engenharias: Criação e Repasse de Tecnologias*. Holzmann HA, Dallamuta J (Eds.), Atena Editora, Ponta Grossa, Paraná, Brasil, 2020. ISBN 978-65-258-0039-4. <https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280318>
- [14] Alves-Pereira, M.; Bakker, H.H.C. Occupational and Residential Exposures to Infrasound and Low Frequency Noise in Aerospace Professionals: Flawed Assumptions, Inappropriate Quantification of Acoustic Environments, and the Inability to Determine Dose-Response. *Scientific Journal of Aerospace Engineering & Mechanics* 1(2), 2017, 83-98.