

MONITORIZAÇÃO DO SOM AMBIENTAL NUM TERMINAL DE DESCARGA DO PORTO DE LISBOA

Manuel Matos^{1,2}, Helena Machado¹, Ana Maria Barreiros^{1,3}

¹Departamento de Engenharia Química do ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, IPL - Instituto Politécnico de Lisboa, Portugal

{manuel.matos@isel.pt, barata.lena@gmail.com, ana.barreiros@isel.pt}

²IT- Instituto de Telecomunicações, Portugal

³UniRE - Unit for Innovation and Research in Engineering do ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, IPL - Instituto Politécnico de Lisboa, Portugal

Resumo

No último European Quality of Life Survey (2016), o ruído ambiental nas imediações das habitações é apontado como a segunda causa de desconforto (32%) depois da elevada intensidade de tráfego (35%). Na cidade de Lisboa, duas das suas grandes infraestruturas de transportes (aeroporto e porto) estão situadas junto a zonas de elevadas densidades habitacionais. O seu potencial de impacto no bem-estar e saúde da população da cidade é bem conhecido. Diversos estudos centram-se sobre o ruído originado pelo tráfego aéreo, mas são escassos os estudos sobre o ruído no Porto de Lisboa.

Neste trabalho apresenta-se a avaliação do ruído produzido num terminal do Porto de Lisboa, realizada em três campanhas de 15, 12 e 9 dias através de monitorizações do ruído ambiental em três locais distintos do Porto.

Na totalidade das campanhas de medição, o limite de L_{den} só foi cumprido em 27% dos dias e o limite L_n só se cumpriu em 20% dos dias considerados.

Com este trabalho ficou demonstrado o comportamento sonoro do terminal do Porto de Lisboa evidenciando o impacto do ruído produzido por esta infraestrutura portuária nas habitações situadas na sua vizinhança. O não cumprimento dos limites legais deveria originar medidas de mitigação e a criação de restrições horárias de operação no Porto de Lisboa tal como acontece já para os voos nos aeroportos.

Palavras-chave: Ruído ambiental, Ruído portuário, Diretiva do Ruído Ambiental, Ruído e saúde, Monitorização contínua do ruído.

Abstract

In the latest European Quality of Life Survey (2016), environmental noise in the vicinity of homes is identified as the second cause of discomfort (32%) after high traffic intensity (35%). In the city of Lisbon, two of its major transport infrastructures (airport and port) are located next to areas with high housing densities. Its potential impact on the well-being and health of the city's population is well known. Several studies focus on noise caused by airport traffic, but studies on noise in the Lisbon port are scarce.

This work presents the assessment of the noise produced in a terminal of the Lisbon port, carried out in three campaigns lasting 15, 12 and 9 days through environmental noise monitoring in three different locations in the Lisbon port.

In all measurement campaigns, the L_{den} limit was only met on 27% of the days and the L_n limit was only met on 20% of the days considered.

With this work, the sound behaviour of the terminal in the Lisbon port was evaluated, highlighting the impact of the noise produced by this transport infrastructure on homes located in its neighbourhood. Failure to comply with legal limits should lead to mitigation measures and the creation of operating hours restrictions in the Lisbon Port, as is already the case for flight operations in airports.

Keywords: Environmental noise, Port noise, Environmental Noise Directive, Noise and health, Continuous noise monitoring.

PACS no.: 43.50.Lj, 43.50.Rq, 43.50.Sr, 43.50.Yw

1 Introdução

O ruído ambiental é o segundo fator risco para a saúde ambiental na Europa. A OMS estima que pelo menos 25% da população percebe uma redução da qualidade de vida devido à exposição excessiva ao ruído. A exposição ao ruído excessivo tem consequências físicas, nomeadamente dores de cabeça, aumento da pressão arterial, ansiedade, perda de memória, distúrbios de sono, deficit de atenção e, em casos extremos, morte [1].

A questão do ruído é muito mais complexa do que apenas os níveis de decibéis medidos. O ruído é uma questão subjetiva que depende da sensibilidade de cada ser humano e, por isso, é difícil determinar objetivamente a incomodidade. O som pode ter efeitos para a saúde mesmo que não seja um som irritante e pode ser perturbador apesar de não exceder os valores limites [1,2]. Desta forma, o lado qualitativo do som (incómodo) pode ter uma importância superior ao lado quantitativo do som (níveis de decibéis). Essa definição dupla é útil porque, em primeiro lugar, o ruído pode ter efeitos à saúde, mesmo que não seja irritante e, em segundo lugar, o ruído pode ser perturbador, embora os valores-limite do ruído não sejam excedidos. Os sons intermitentes causam mais incómodo do que os sons constantes e os sons de baixa frequência, geralmente abaixo dos 20 Hz são frequentemente mais perturbadores, os indivíduos não ouvem esse ruído, mas sentem [3]. Este tipo de ruído de baixas frequências não afeta a audição, mas é sentido pelo corpo inteiro, havendo já identificada uma Doença Vibroacústica, que se desenvolve em indivíduos excessivamente expostos ao Infrassom e Ruído de Baixa Frequência [4].

Para proteger a saúde humana e garantir o bem-estar da população a regulamentação do ruído em Portugal é estabelecida pelo Regulamento Geral do Ruído (RGR), o Decreto-Lei nº 9/2007 de 1 de julho, e complementado pelo Regime de Avaliação e Gestão do Ruído Ambiente (RAGRA), o Decreto-Lei nº 146/2006 de 31 de julho. O RGR assenta em três pilares de atuação: planeamento municipal; regulação da produção de ruído; e fiscalização e regime contraordenacional. O RGR é aplicável às fontes de ruído suscetíveis de causar incomodidade: atividades ruidosas permanentes ou temporárias, infraestruturas de transporte, ruído de vizinhança.

O RGR considera como Grandes Infraestruturas de Transporte (GIT) apenas infraestruturas rodoviárias, infraestruturas ferroviárias e infraestruturas aéreas, nunca referindo infraestruturas portuárias. Ao não considerar os portos como uma GIT, estes ficam isentos de elaborar Mapas Estratégicos de Ruído e consequentemente Planos de Ação, que assegurariam a gestão dos problemas e efeitos do ruído, incluindo a sua redução sempre que fosse necessário.

Ao excluir os portos das GIT não tem sido dada grande atenção à avaliação da exposição dos cidadãos a este tipo de ruído, mesmo sabendo que esta exposição ao ruído tem grandes implicações na saúde dos indivíduos [5]. O ambiente portuário é complexo e com um grande número de fontes sonoras que muitas vezes se sobrepõem, sendo de extrema importância a caracterização das fontes portuárias.

Os portos são caracterizados por diversas operações complexas, tendo vários tipos de fontes sonoras com características diferentes, o que faz com que a análise da poluição sonora nestes locais represente uma tarefa difícil [6].

Segundo Trozzi e Vaccaro [7], as fontes de ruído nas áreas portuárias podem ser individualizadas em diversos tipos: tráfego rodoviário de automóveis de passageiros, de veículos pesados, movimentação de mercadorias e tráfego ferroviário.

Adicionalmente há que considerar o ruído dos navios. Enquanto os navios de cruzeiro têm máquinas modernas e silenciosas para maior conforto dos passageiros, com os grandes navios de carga tal não acontece [5]. Os navios atracados em porto são responsáveis por ruído devido ao funcionamento dos motores. Esse ruído de baixa frequência produz um grande impacto à noite, mesmo a grandes distâncias [8]. Mas, de acordo com Murphy e King [3], ainda existe pouca investigação sobre o ruído nos portos e, o ruído de baixa frequência, é um tipo de ruído pouco estudado e explorado.

Em Portugal, do que os autores conhecem, ainda não existem estudos sobre ruído em portos. No caso de estudo abordou-se o ruído no Porto de Lisboa para avaliar o seu potencial de impacto no bem-estar e saúde da população da cidade. O Porto de Lisboa está instalado no centro da cidade, no Rio Tejo, e a cidade desenvolveu-se naturalmente à sua volta.

2 Materiais e Métodos

2.1 Caracterização do local de monitorização do ruído ambiental

As campanhas de monitorização do som para avaliação do ruído ambiental decorreram no Terminal de Contentores de Santa Apolónia do Porto de Lisboa. Este terminal é multimodal (a carga para o navio e do navio pode ser transportada de várias formas) e oferece serviços diretos a África Ocidental (destacando Angola), ao Norte da Europa e às ilhas portuguesas. Este terminal têm uma área de 16,7 ha, com uma capacidade de armazenagem de 2.720 TEU (no solo) + 200 *reefers* (contentores refrigerados) perfazendo uma capacidade operacional: 9.689 TEU. No terminal existe diversos equipamentos para carga e descarga e atividades complementares. O equipamento de carga e descarga, a movimentação de camiões, a reparação de contentores e o funcionamento dos *reefers* são as principais fontes sonoras no porto a avaliar neste estudo [9].

Para obter uma panorâmica sonora do terminal e avaliar o impacto do ruído nas zonas residenciais vizinhas foram selecionados três locais de medição (Figura 1) que permitiram uma medição abrangente sem edifícios entre as fontes sonoras no cais e o medidor.

O primeiro local escolhido foi uma antiga portaria localizada na fronteira entre o terminal portuário e o ramal ferroviário dedicado à zona portuária. Paralelamente encontra-se a rua de cintura interna portuária, a seguir uma infraestrutura rodoviária estruturante da cidade, com trânsito rodoviário considerável (Avenida Infante D. Henrique) e, por fim, também paralela a esta avenida, fica uma infraestrutura ferroviária.

A segunda campanha de monitorização realizou-se no telhado do edifício de operações localizado junto à zona dos contentores frigoríficos permitindo avaliar o impacto que estes contentores (em permanente funcionamento de refrigeração), têm no ruído do porto.

A terceira campanha de monitorização realizou-se junto das oficinas de reparação de contentores, por se constatar nas visitas de recolha de dados da primeira campanha, que existia nesta zona ruído aparentemente diferente de todas as outras áreas do porto.



Figura 1 – Localização das três campanhas de medições de som realizadas no Terminal do Porto de Lisboa.

2.2 Equipamento de medição de ruído

Neste trabalho de monitorização de ruído no Porto de Lisboa foram usados dois telemóveis em simultâneo da marca Apple (modelos 5 e 5s), porque de acordo com os resultados obtidos por Kardous e Shaw [10], o sistema iOS é mais fiável que o sistema Android, um para captura de som. Um dos telemóveis com filtro de ponderação A e outro com filtro de ponderação C. A diferença entre os valores medidos com o filtro A e C permitem avaliar o ruído de baixa frequência. Murphy e King [3], sugerem uma regra prática para avaliação do ruído de baixa frequência através da diferença entre os valores medidos dB(C) e os valores medidos dB(A), considerando que sempre que esta diferença fosse igual ou superior a 15 dB se estava na presença de ruído de baixa frequência. O filtro C é ainda utilizado para avaliar medições de pico do ruído.

O software usado para os smartphones foi a aplicação SPLnFFT (iOS), desenvolvida por Fabien Lefebvre [10]. A escolha desta aplicação deve-se ao facto de ser considerada uma das aplicações mais consistentes em termos de capacidade de medição de ruído ambiente com precisão [10]. Aos telefones foram acoplados dois microfones externos IMM-6 (Daytona Audio) porque, de acordo com o estudo de Kardous e Shaw [11] a utilização de microfones externos calibrados aumenta muito a precisão das medições de ruído realizadas com smartphones. Os microfones são vendidos calibrados e a aplicação de

software usada permite que se introduza o ficheiro de calibração dos microfones. Este foi o conjunto de hardware/software que no estudo efetuado por Kardous e Shaw [10,11], obteve o melhor desempenho e o menor erro (cerca de 2 dB) face ao sonómetro calibrado.

Utilizou-se ainda um gravador digital de marca Sony (modelo PAX-470) para gravação contínua do som em formato MP3. Para a realização das campanhas de monitorização de ruído no PLx, preparou-se uma caixa estanque com todos os equipamentos necessários à recolha de dados, representada na Figura 2 e com o seguinte equipamento:

- Dois telemóveis para captura de som, um com filtro de ponderação A e outro com filtro de ponderação C;
- Um gravador para gravação contínua do som;
- Três microfones externos – um para cada telemóvel e outro para o gravador de som;
- Um hot spot para ligação à internet;
- Um termómetro e um higrómetro;
- Um ponto de alimentação de energia aos equipamentos.

Os telemóveis, o gravador de som, o hot spot e o termómetro foram colocados no interior da caixa plástica resistente á água. Os microfones foram fixos no exterior da mesma e ligados a cada um dos equipados.

Cada conjunto de registo e medição de som, telemóvel, software e microfone foram previamente calibrados numa câmara anecóica utilizado equipamento de referência também ele previamente calibrado face a referências sonoras. Os desvios dos diversos conjuntos utilizados nunca ultrapassaram os 1.2 dB.



a)



b)

Figura 2 – Interior de caixa com os equipamentos para recolha de dados do som ambiente (a) e exterior da caixa onde se podem ver os microfones (b).

A caixa estanque garantia a proteção do equipamento face às intempéries. Os microfones foram protegidos com espumas anti-vento e a sua altura era de $(4,0 \pm 0,2)$ m do solo como indicado nas regras de monitorização (NP ISO 1996, 2019). O termómetro e higrómetro registavam também os parâmetros máximos e mínimos destas grandezas, permitindo assim acompanhar a temperatura e humidade dentro da caixa. Esta medição foi particularmente importante nos dias com temperaturas mais elevadas.

2.3 Recolha de dados

A recolha de dados foi efetuada em 3 momentos distintos, a primeira recolha de dados (1ª campanha) ocorreu em novembro de 2020 e as 2ª e 3ª sensivelmente um ano depois (novembro e dezembro de 2021). Durante as três campanhas diariamente, houve uma deslocação ao terminal, sensivelmente à

mesma hora, para recolher e registo de dados e verificar qualquer ocorrência. Os dados recolhidos pelos telemóveis eram descarregados via internet para uma conta Dropbox e os gravados nos ficheiros de áudio do gravador eram transferidos para um computador portátil. Era registado a hora das transferências de dados bem com as temperaturas (máxima, mínima e atual) e humidade (máximo, mínimo e atual); Adicionalmente recolheram-se outras informações que podem ajudar justificar e a correlacionar o ruído medido. Foram recolhidos: dados das condições meteorológica dos dias das campanhas; o tipo e o movimento dos barcos no porto, atracagens e partidas; e o número de camiões

Os dados meteorológicos: temperatura, velocidade do vento, rajada de vento, direção do vento, precipitação e humidade foram recolhidos da Estação Meteorológica Automática (EMA) da Portela (Meteo Portela) [12], e da Estação Geofísica do Jardim Botânico do IPMA [13].

A informação da dimensão do navio e capacidade de transporte de carga estão diretamente relacionadas com o número de veículos pesados necessários para a carga e descarga do navio, uma das principais fontes sonoras do porto. Haverá, no entanto, a realçar que um navio que atraca no porto pode não carregar ou descarregar completamente. Muitos navios realizam percursos com várias escalas de carga e descarga parciais. A capacidade de carga do navio não é proporcional ao número de camiões necessários para a sua carga ou descarga.

2.4 Tratamento de resultados

Neste trabalho utilizou-se a equação 1 para calcular o nível de pressão sonora, utilizando médias intermédias de 15 min (7 200 oitavos de segundo). Adotou-se este intervalo por ser o período mínimo passível de utilizar em medições de ruído ambiental. Este cálculo foi repetido para as 24 h de cada dia.

$$L_{total} = 10 \times \log_{10} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \right] \quad (1)$$

Nesta equação, L_i representa é o nível de pressão sonora (dB) e n o número de níveis.

Em seguida, utilizou-se as equações 2, 3 e 4 (Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de janeiro) para calcular os indicadores ruído diurno, ruído do entardecer e ruído noturno, L_d , L_e e L_n , respetivamente, considerando para o período diurno - das 7 às 20 horas; período do entardecer - das 20 às 23 horas; e período noturno - das 23 às 7 horas.

$$L_d = 10 \times \log_{10} \frac{1}{13} \left[\sum_{i=1}^{13} 10^{\frac{L_{ieq,h}}{10}} \right] \quad (2)$$

$$L_e = 10 \times \log_{10} \frac{1}{3} \left[\sum_{i=1}^3 10^{\frac{L_{ieq,h}}{10}} \right] \quad (3)$$

$$L_n = 10 \times \log_{10} \frac{1}{8} \left[\sum_{i=1}^8 10^{\frac{L_{ieq,h}}{10}} \right] \quad (4)$$

Onde: L_d , L_e e L_n , são os indicadores de ruído diurno, ruído do entardecer e ruído noturno, respetivamente e $L_{ieq,h}$ o nível equivalente de pressão sonora numa hora no período respetivo.

O indicador de ruído diurno-entardecer-noturno (L_{den}), associado ao incómodo global durante as 24 h do dia, com uma penalização de 10 dB(A) para o ruído noturno e uma penalização de 5 dB(A) para o ruído do entardecer foi determinado utilizando a equação 5.

$$L_{den} = 10 \times \log_{10} \frac{1}{24} \left(13 \times 10^{\frac{L_d}{10}} + 3 \times 10^{\frac{L_e+5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right) \quad (5)$$

3 Resultados e Discussão

Os dados recolhidos em contínuo foram descarregados e tratados numa folha de cálculo auxiliar. Após todos os dados tratados, optou-se por mostrar os dados através de gráficos em degraus que se considerou serem mais visíveis e perceptíveis para este tipo de dados. Verificou-se que em todas as campanhas existe uma grande variação de valores ao longo dos dias retratando uma atividade diversificada no porto. A título de exemplo apresenta-se a Figura 3 com os valores médios de dois dias da primeira campanha, dias 11 (6ª feira) e 15 (3ª feira) do mês de dezembro, ambos dias úteis. Constatou-se que no período noturno do dia 11 se registaram valores demasiado elevados em relação aos outros dias da campanha, apesar de não ter havido atividade portuária nesse dia, constantando-se assim que os valores de ruído mais elevados neste período, poderão dever-se ao trânsito mais intenso numa noite de 6ª feira (final da semana de trabalho de uma grande parte da população).

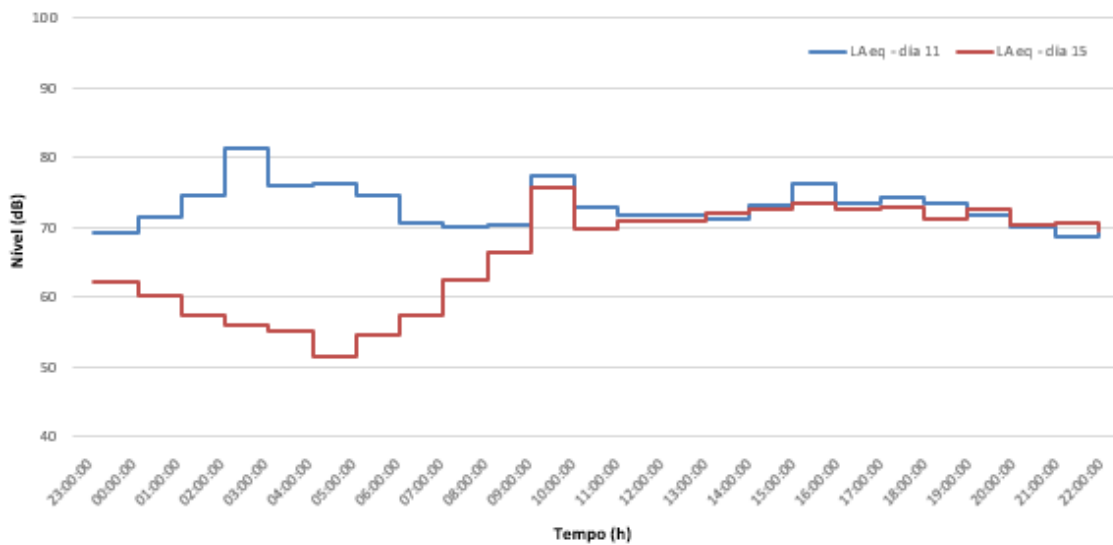


Figura 3 – Representação das médias ponderadas A de uma hora em dois dias úteis (6ªf e 3ªf) ambos sem registo de atividade no porto.

A Figura 4 apresenta as médias de uma hora para o dia 10 e para o dia 16, com a representação dos valores dB(A) e dB(C) de cada dia e também a representação dos movimentos de veículos pesados no porto nesses dias. Apesar de haver movimentação de veículos pesados durante a noite no dia 10, os valores de ruído durante o período noturno no dia 16 são mais elevados, mesmo não havendo movimentação de veículos pesados no porto neste dia, neste período.

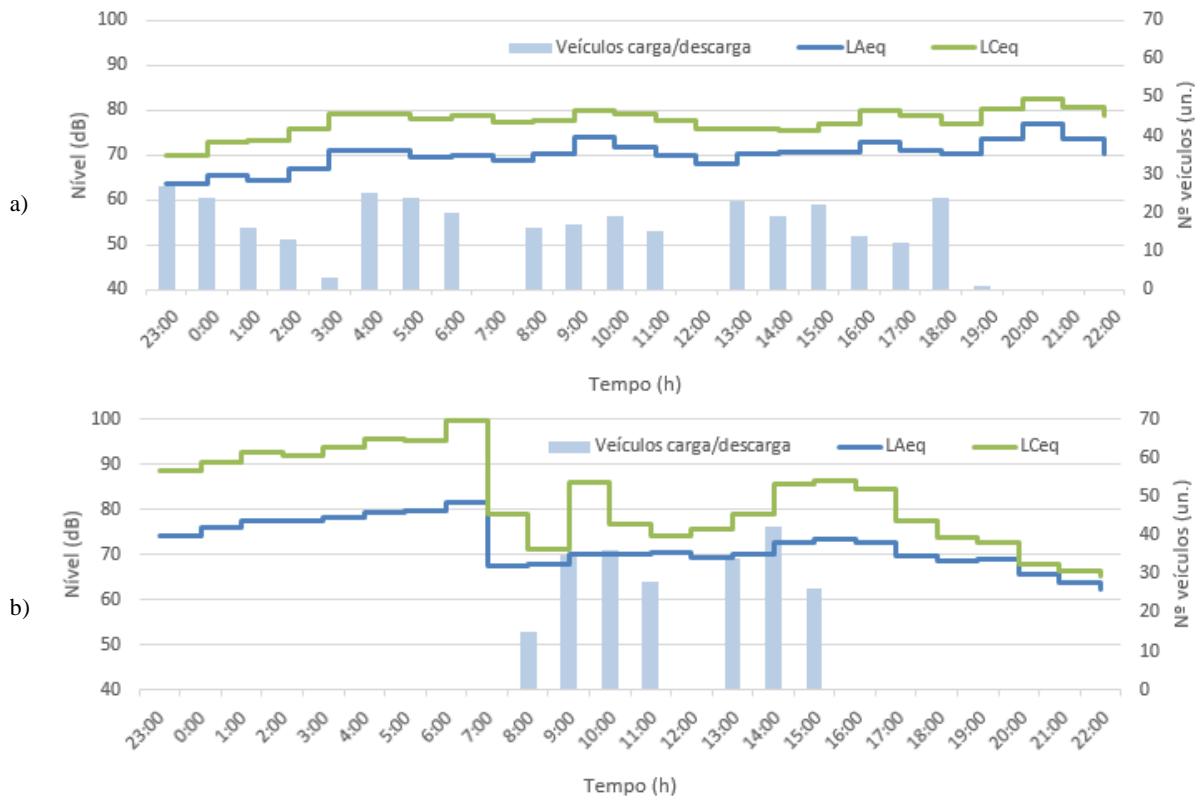


Figura 4 – Representação das médias de uma hora para valores dB(A) e dB(C) e movimentação de veículos pesados em dois dias úteis: a) 10/12/2020 (5ªf) e b) 16/12/2020 (4ªf).

Relativamente ao ruído de baixas frequências, calcularam-se as médias para os valores das diferenças entre dB(C) e dB(A) em cada dia de campanha e verificou-se que na primeira campanha a média foi de 10,5 dB, na segunda campanha de 11,6 dB e na terceira campanha 9,5 dB. Apesar de as médias das campanhas não ultrapassarem os 15 dB estabelecidos como indicadores da presença de ruído de baixas frequências com valor preocupante, analisaram-se os dados por hora para um dia da segunda campanha, por ser aquela onde a média apresentava o valor mais elevado. Observando a Figura 5 verificou-se que o valor dos 15 dB foi várias vezes ultrapassado ao longo do dia, especialmente no período noturno (entre as 23 h e as 7 h).

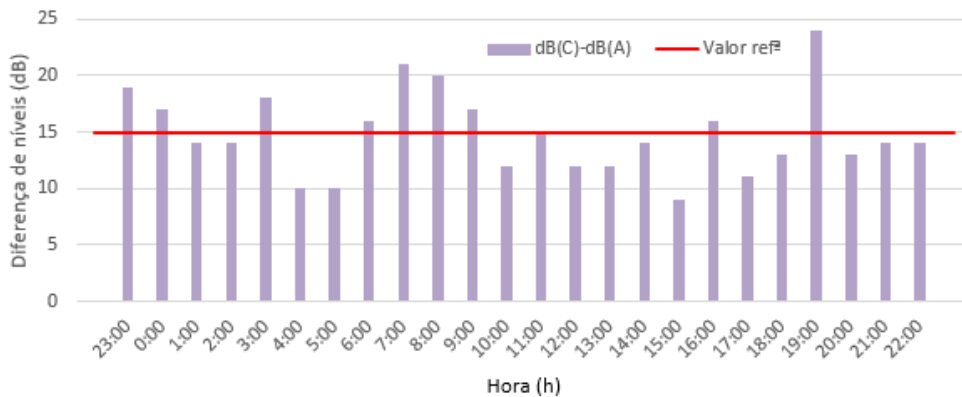


Figura 5 - Representação da diferença dos valores de dB(C) e dB(A) no dia 20/11/2021 (sábado), 2ª campanha

Para cada uma das três campanhas de medição de som, os dados foram tratados de acordo com os períodos de referência estabelecidos na legislação para o indicador do ruído: período diurno (L_d), período do entardecer (L_e) e período noturno (L_n). Foram ainda analisados os dados do indicador ruído diurno-entardecer-noturno (L_{den}), que está associado ao incômodo global durante as 24 h do dia.

Uma vez que a legislação apenas estabelece valores limite para os indicadores de ruído em período noturno (L_n) e em período diurno-entardecer-noturno (L_{den}), a Figura 6 apresenta os valores L_n para as três campanhas (período noturno) e o valor limite de exposição legislado para esta zona (mista) 55 dB(A). Constatou-se que o valor limite foi sempre ultrapassado na primeira campanha, quase sempre ultrapassado na segunda campanha e apenas cumprido na terceira campanha junto das oficinas de reparação de contentores que funcionam entre as 8h e as 17h.

A primeira campanha apresenta os valores noturnos mais elevados, apesar de ter sido realizada durante o período de pandemia.

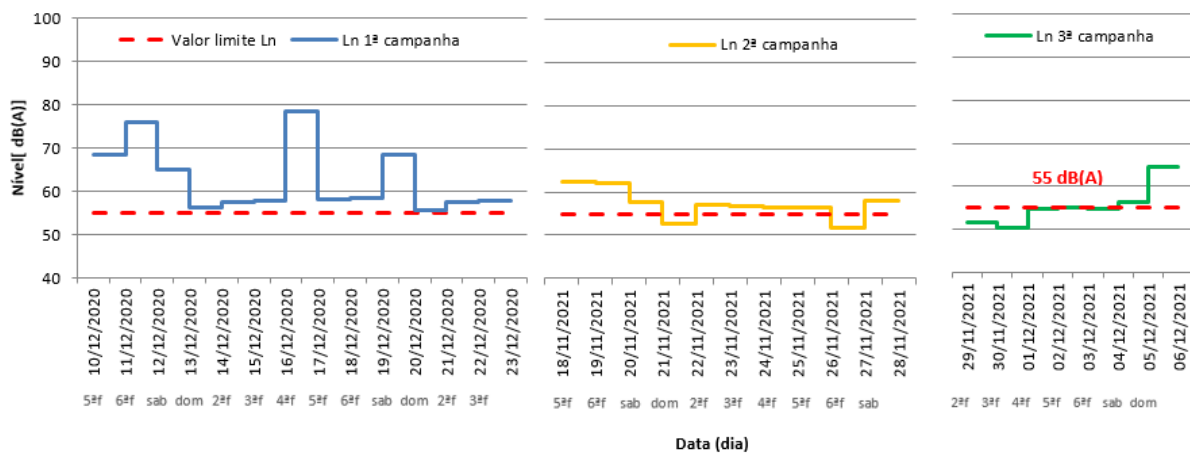


Figura 6 – Valores de L_n nas três campanhas e valor limite de exposição durante o período noturno.

A Figura 7 apresenta os valores L_{den} para as três campanhas (período diurno-entardecer-noturno) e o valor limite de exposição legislado para esta zona (mista), 65 dB(A). Constatou-se que os valores de L_{den} estiveram sempre acima do valor limite de exposição para este indicador na primeira e terceira campanha e que apenas na segunda campanha houve dias com valores abaixo do limite legislado.

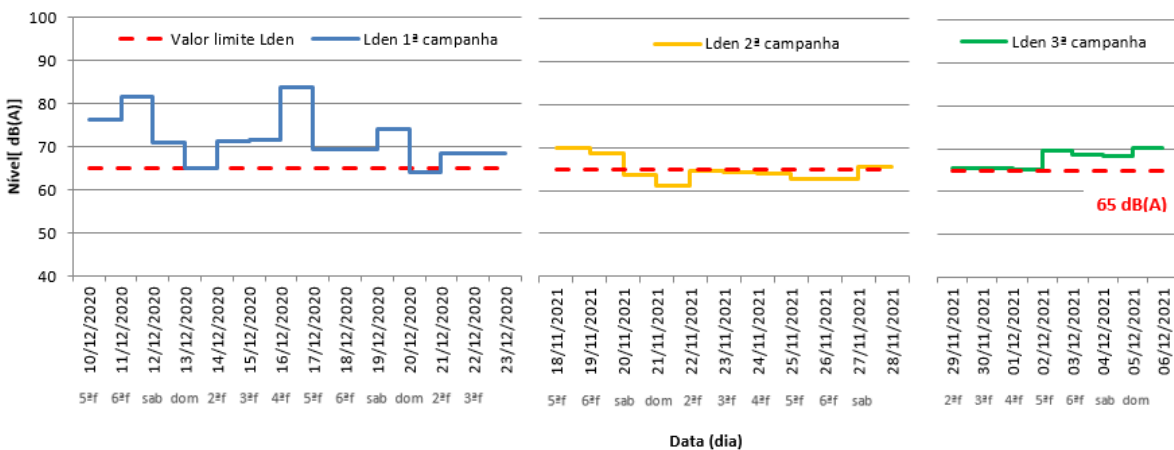


Figura 7 – Valores de L_{den} nas três campanhas e valor limite de exposição

Observando as Figuras 6 e 7, constata-se que os valores mais elevados de L_n e L_{den} ocorreram na primeira campanha em que o país estava a atravessar uma fase grave de pandemia com menor volume rodoviário. O local de medição está no limite do porto junto às vias de rodagem pelo que será de ter em conta a contribuição do trânsito rodoviário para a intensidade total de ruído registado.

4 Conclusão

Neste trabalho evidencia-se o impacto sonoro de um terminal do Porto de Lisboa na sua vizinhança. Este é um trabalho que pretende colmatar a falta de medições e dados de ruído nos portos marítimos de Portugal, mais concretamente do Porto de Lisboa. O local é particularmente sensível pois o Porto de Lisboa está inserido na cidade, rodeado de zonas habitacionais onde o impacto do ruído pode ser significativo.

As medições foram realizadas em contínuo, não através de processos de amostragem, e somaram trinta e três dias de medição. Os dados foram recolhidos em modo de medição dB(A) em simultâneo com modo de medição dB(C) para avaliação das baixas frequências. Foi também acompanhado o volume de navios em operações de carga/descarga no porto para tentar correlacionar o nível de ruído com a carga a carregar ou descarregar.

Os dados de medição de ruído foram comparados com os valores limites estabelecidos na legislação: indicador de ruído em período noturno – L_n e indicador em período diurno-entardecer-noturno – L_{den} . Nos treze dias da primeira campanha, registaram-se valores de L_{den} entre 64,1 dB(A) e 83,9 dB(A), os valores medidos cumpriram o limite de L_{den} apenas num dia, nunca cumprindo o limite L_n durante a campanha. Na segunda campanha os valores medidos os valores de L_{den} variaram entre 61,1 dB(A) e 70,0 dB(A), cumpriram o limite L_{den} em sete dos dez dias, cumprindo o limite L_n em dois dos dez dias da campanha. Na terceira campanha os valores medidos nunca cumpriram o limite L_{den} foram de 65,1 dB(A) a 70,2 dB(A) e cumpriram o limite L_n em quatro dos sete dias. Durante os trinta dias das campanhas realizadas em três locais distintos do terminal, o limite diurno-entardecer-noturno só foi cumprido em oito dos trinta dias (27 %) e, só em seis dos trinta dias das campanhas se cumpriu o limite noturno (20 %) dos dias considerados.

Estes resultados justificam a existência de obrigação de elaborar um Mapa Estratégico de Ruído, para esta infraestrutura portuária de grandes dimensões como o Porto de Lisboa. Tal originaria um Plano de Ação de Ruído onde seriam apresentadas medidas de mitigação do ruído e estimativas de redução de pessoas expostas ao ruído. A elaboração de Mapa Estratégico de Ruído, e de um Plano de Ação de Ruído é obrigatório por lei para as grandes infraestruturas de transporte rodoviário e aéreo, mas não para os portos.

Neste estudo foi ainda avaliado o ruído de baixas frequências através da diferença entre dB(C) e dB(A). Após análise dos valores medidos nas três campanhas verificou-se que as diferenças foram, em média, 10,5 dB na primeira campanha, 11,6 dB na segunda e 9,5 dB na terceira campanha. Os valores de diferença entre dB(C) e dB(A), na segunda campanha, foram os mais elevados sendo que analisados os valores das diferenças por hora, o valor de 15 dB foi ultrapassado em várias horas do dia, incluindo horas no período noturno, período de descanso para a maioria da população. A proximidade dos contentores frigoríficos do local de monitorização do ruído durante a segunda campanha poderá ser uma possível causa da existência de valores elevados de ruído de baixas frequências que poderá ter como origem os sistemas de refrigeração dos contentores.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Administração do Porto de Lisboa e ao concessionário do terminal as facilidades concedidas para a realização das medições. Os nossos agradecimentos especiais ao pessoal da segurança que nos acompanhou diariamente em todas as medições.

Referências

- [1] WHO (2018) Environmental Noise Guidelines for the European Region. ISBN 978 92 890 5356 3.
- [2] Irle, H, Hesse, J.M., Strasser, H. (1998) Physiological cost of energy-equivalent noise exposures with a rating level of 85 dB(A): Hearing threshold shifts associated with energetically negligible continuous and impulse noise. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 21, (6), 451-463, [https://doi.org/10.1016/S0169-8141\(96\)00082-0](https://doi.org/10.1016/S0169-8141(96)00082-0).
- [3] Murphy, E., & King, E. A. (2014). An assessment of residential exposure to environmental noise at a shipping port. *Environment International*, 63, 207–215. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2013.11.001>.
- [4] Alves-Pereira, M., & Castelo Branco, N. A. A. (2007). Vibroacoustic disease: Biological effects of infrasound and low-frequency noise explained by mechanotransduction cellular signalling. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 93, (1–3), 256–279. <https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2006.07.011>.
- [5] Nastasi, M., Fredianelli, L., Bernardini, M., Teti, L., Fidecaro, F., & Licitra, G. (2020). Parameters affecting noise emitted by ships moving in port areas. *Sustainability (Switzerland)*, 12 (20), 1–17. <https://doi.org/10.3390/su12208742>.
- [6] Schenone, C., Pittaluga, I., Repetto, S., & Borelli, D. (2014). Noise pollution management in ports: A brief review and the eu MESP project experience. *21st International Congress on Sound and Vibration 2014*, 2(September), 1364–1371. <https://doi.org/10.13140/2.1.3656.6407>.
- [7] Trozzi, C., & Vaccaro, R. (2000). Environmental impact of port activities. *Second International Conference PORTS 2000 Maritime Engineering and Ports*, 9(September 2000), 151–161.
- [8] Bolognese, M., Fidecaro, F., Palazzuoli, D., & Licitra, G. (2020). Port noise and complaints in the North Tyrrhenian sea and framework for remediation. *Environments*, 7(2), 1–17. <https://doi.org/10.3390/environments7020017>.
- [9] Portal do Porto Lisboa. <https://www.portodelisboa.pt/navios-em-porto>.
- [10] Kardous, C. A., & Shaw, P. B. (2014). Evaluation of smartphone sound measurement applications. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 135(4), EL186–EL192. <https://doi.org/10.1121/1.4865269>.
- [11] Kardous, C. A., & Shaw, P. B. (2016). Evaluation of smartphone sound measurement applications (apps) using external microphones—A follow-up study . *The Journal of the Acoustical Society of America*, 140(4), EL327–EL333. <https://doi.org/10.1121/1.4964639>.
- [12] Meteo Portela. (2021). *Dados meteorológicos*. <http://meteoportela.com/latest.txt>.
- [13] IPMA. (2021). *Dados da estação meteorológica de Lisboa (Geofísico)*. Instituto Português do Mar e da Atmosfera, <https://www.ipma.pt/pt/otempo/obs.superficie/index-map-dia-chart.jsp#Lisboa> (Geofísico), acedido em 8 de dezembro de 2021.