

Utilização de gravações áudio para melhor percepção dos “impactes” na componente ruído

Autor(es): Vitor Rosão (SCHIU, Engenharia de Vibração e Ruído), vitor.schiu@gmail.com;
Pedro Santos (Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade do Algarve), 81pedro.s.santos@gmail.com.

Palavras-chave: impactes; realidade virtual; ruído; auralização.

Este trabalho cinge-se a gravações áudio do ruído de tráfego aéreo, ainda que os princípios possam ser utilizados praticamente para qualquer fonte de ruído. Tendo na base o Mapa de Ruído de um determinado Aeroporto são selecionados diferentes pontos desse mapa de ruído e são efetuadas gravações áudio de forma a corresponderem ao ruído de tráfego aéreo que será apercibido, no exterior, nesses pontos. As gravações são reproduzidas em sala e o respetivo “volume” (intensidade) da amplificação sonora é ajustado para os níveis sonoros na sala corresponderem sensivelmente aos níveis sonoros no exterior no ponto em causa. Estas gravações áudio, associadas ao ruído apercibido em determinados pontos, e ajustadas para os níveis sonoros que serão apercibidos no exterior nesses pontos, podem ser dadas a ouvir a proponentes, autoridades de avaliação e/ou ao público em geral, permitindo assim uma melhor percepção dos “impactes” na componente ruído associados a determinado projeto.

1 Introdução

A audição humana é uma das formas mais relevantes de relação da maioria dos seres humanos com o seu meio envolvente. Esta relação pode ocorrer de inúmeras feições, por exemplo, e de forma muito genérica e resumida:

- a) pela comunicação entre familiares e amigos em meio habitacional ou outro;
- b) pela comunicação professor/aluno, tipicamente nas escolas;
- c) pela comunicação entre colegas no posto de trabalho;
- d) pela comunicação de um artista com o público numa sala de espetáculos;
- e) pela comunicação entre a natureza e o ser humano, através da fonação de outros animais, ou através dos sons tranquilizantes do correr de um rio ou da ondulação na praia, ou dos sons preocupantes do rugir de uma trovoadas.
- f) Pela comunicação das fontes antropogénicas de ruído (tipicamente tráfego rodoviário, ferroviário, aéreo e indústrias) com os seres humanos que residem ou permanecem na proximidade dessas fontes, e a sua reação de incomodidade ou tolerância.

É assim entendível, pela sua relevância indiscutível, que haja uma preocupação crescente do ser humano, ao longo dos tempos, com a sua relação sonora com o meio envolvente.

Pese embora a relevante carga subjetiva inerente às relações sonoras – ou talvez mesmo por isso – tem havido um esforço significativo, nos últimos 100 anos, de objetivação e quantificação dessas relações. Muito contribuíram para este advento de objetivação/quantificação as invenções do fonógrafo (Thomas Edison) e do telefone (Antonio Meucci/Alexander Bell) no final do século XIX. Tais invenções permitiram que durante todo o século XX fossem desenvolvidos e aperfeiçoados microfones, e sistemas eletrónicos associados, como “substitutos” objetivos e quantitativos da audição humana.

Considera-se ser de enunciar alguns dos principais marcos da quantificação/objetivação/análise sonora durante o séc. XX e séc. XXI, a nível nacional e internacional:

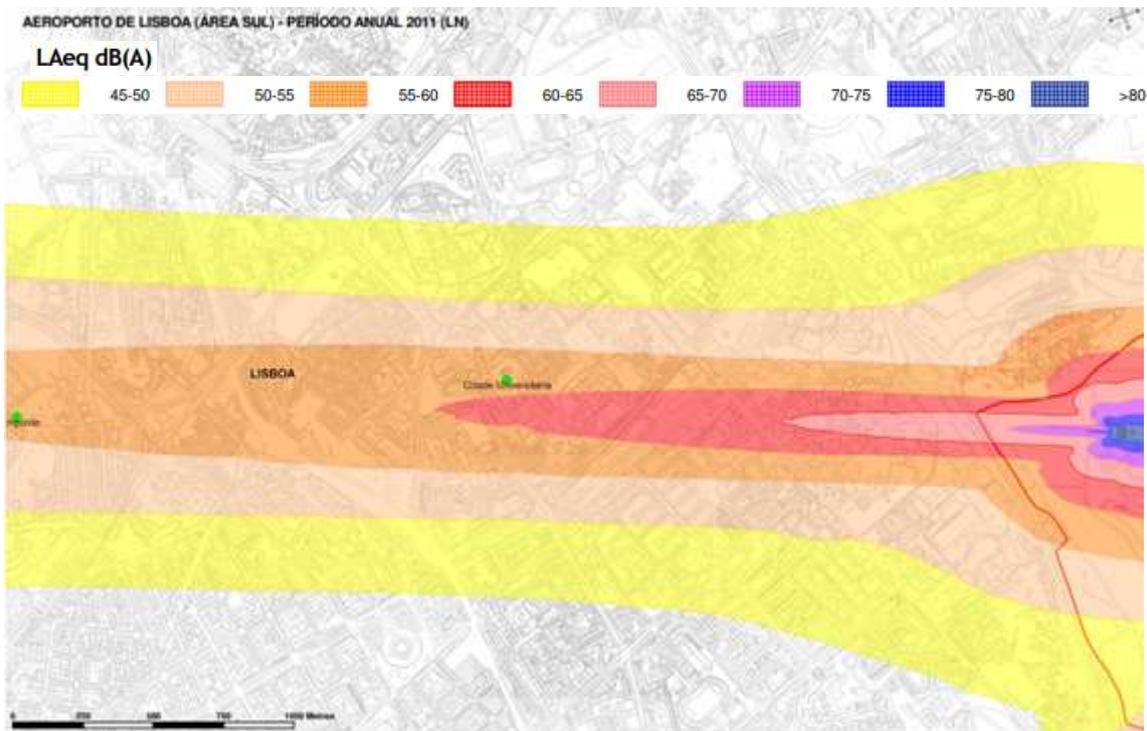
- 1924: A escala logarítmica de caracterização da intensidade sonora passa a ter o nome decibel [dB] [1];
- 1933: Fletcher e Munson desenvolvem as curvas de igual sensação de intensidade [2], na base das quais está a Malha A de ponderação em frequência, ainda utilizada hoje em dia e que faz com que os níveis sonoros, para fins da sensibilidade humana, devam ser preponderantemente caracterizados em dB(A) e não em dB [3];
- 1960: A Brüel & Kjær lança o primeiro sonómetro portátil do mundo;
- 1971: A ISO/R 1999 introduz as bases da proteção dos trabalhadores contra o ruído [4];
- 1971: A ISO/R 1996 introduz as bases da proteção da comunidade contra o ruído (ruído ambiente), definindo diferentes métodos e parâmetros em função do tipo de fonte e situação em causa [5,6];
- 1982/1987: A edição dos anos 80 do séc. XX, da ISO 1996 (Acústica: Descrição e medição do ruído ambiente [5,6]) explica que apesar de o ser humano responder de forma diferenciada perante diferentes fontes sonoras e situações, a elevada quantidade e complexidade de parâmetros e métodos existentes – nessa altura (anos 80) – estavam a tornar-se uma “Torre de Babel” da acústica pelo que, apesar das limitações associadas, recomenda a utilização de um “único” parâmetro simples, para caracterização de qualquer situação de exposição a ruído ambiente: esse parâmetro é o Nível Sonoro Contínuo Equivalente, Ponderado A (L_{Aeq}), o qual corresponde a uma média energética do níveis sonoros em dB(A);
- 1987: É publicado o primeiro Regulamento Geral do Ruído Português (Decreto-Lei n.º 251/87, de 24 de junho), pioneiro a nível mundial, que em termos de ruído ambiente utiliza sobretudo dois períodos de análise (diurno e noturno) e parâmetros estatísticos de níveis sonoros (L_{50} e L_{95});
- 2000: É criada uma nova versão do Regulamento Geral do Ruído (Decreto-Lei n.º 292/2000, de 14 de novembro), onde se mantêm os dois períodos essenciais de análise da versão anterior (diurno e noturno), mas se altera os parâmetros de análise para Níveis Sonoros Contínuos Equivalentes, Ponderados A (L_{Aeq}). Introduzem-se os conceitos de Mapa de Ruído, Zona Mista e Zona Sensível;
- 2002: A Diretiva comunitária 2002/49/CE (Diretiva de Ruído Ambiente; atualmente ainda em vigor) pretende harmonizar os parâmetros de descrição e análise do ruído ambiente no espaço europeu, definindo como parâmetros essenciais – baseados em valores de Níveis Sonoros Contínuos Equivalentes, Ponderados A (L_{Aeq}) – o indicador de ruído L_{den} (Nível dia-entardecer-noite) e o indicador de ruído L_n (Nível noite). Esta diretiva foi transposta para o direito interno pelo Decreto-Lei n.º 146/2006, de 31 de julho, atualmente ainda em vigor;
- 2007: É criada uma nova versão do Regulamento Geral do Ruído (Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de janeiro; atualmente ainda em vigor) em que se adapta a versão anterior para os “novos” parâmetros Europeus L_{den} e L_n , passando a existir 3 períodos de análise (dia, entardecer e noite).

É assim, hoje em dia, muito usual o desenvolvimento de Mapas de Ruído, por exemplo no âmbito de Planos Municipais de Ordenamento do Território (PMOT) ou no âmbito de Estudos de Impacte Ambiental (EIA), representando áreas/linhas com diferentes cores, em função de diferentes Níveis Sonoros (tipicamente L_{Aeq}) e a consideração de valores limite – de Níveis Sonoros – com enquadramento legal (DL 9/2007).

Apresenta-se, na Figura 1, a título de exemplo, excerto do Mapa de Ruído do Aeroporto de Lisboa, na zona Sul, constante no *site* da Agência Portuguesa do Ambiente.

Ainda que seja clara a vantagem da apresentação da informação na forma de Mapa de Ruído, julga-se ser também claro tratar-se de uma informação bastante técnica cuja leitura e entendimento não é simples por parte de um público não especializado, e mesmo para um público especializado pode não ser totalmente esclarecedor.

Figura 1: Exemplo do Mapa de Ruído do Aeroporto de Lisboa



Fonte: http://www.apambiente.pt/_zdata/DAR/Ruido/SituacaoNacional/Mapas_GITs_Aereo/Lx2011_LN_10000.pdf.

Dada a capacidade e facilidade que existe hoje em dia em efetuar gravações e reproduções áudio, não é facilmente entendível que a apresentação da informação acústica de um determinado plano ou projeto não possua também – na grande maioria dos casos – qualquer informação áudio que permita uma melhor perceção a um público técnico e não técnico.

A constatação do “desaparecimento” da “sonoridade” do “ferramental dos Acústicos” (constatação e expressão utilizada na introdução da referência [7]), não é exatamente recente [8] e tem vindo a sofrer progressos.

A Auralização (tradução livre de *auralization*, termo introduzido em 1993 [9]), como técnica de tornar audível, artificialmente, uma determinada situação, tem uma maior tradição na acústica de salas [10].

A Auralização em acústica ambiental é relativamente mais recente, mas já possui algumas referências, por exemplo:

- Tráfego Rodoviário: [11] (2009).
- Tráfego Ferroviário: [12] (2017).
- Tráfego Aéreo: [13] (2013).
- Parques Eólicos: [14] (2014).
- Meio Urbano: [15] (2016).

São muito diversas as formas de produzir uma determinada Auralização, podendo ir desde processos mais simples que passem apenas pela gravação áudio em diferentes situações e na sua reprodução, normalmente confinada às situações gravadas, desde técnicas mais complexas de sintetização dos sons em causa e sua reprodução extrapolada para uma multiplicidade de situações [16].

De qualquer forma é também usual, em sentido contrário, que as técnicas de Auralização se preocupem mais com as características qualitativas da sonorização do que com as características quantitativas (níveis sonoros).

2 Metodologia em desenvolvimento

Procura-se desenvolver uma metodologia que permita introduzir a possibilidade de “audição” da exposição caracterizada por um determinado mapa de ruído, tendo em conta não só as características qualitativas dessa exposição mas também as características quantitativas (níveis sonoros).

Os primeiros desenvolvimentos do trabalho incidem sobre a envolvente do Aeroporto de Faro.

Foram efetuados desenvolvimentos com base em medições dos níveis sonoros e gravações áudio efetuadas *in situ* e com base em previsões.

Para as medições foi utilizado um sonómetro de Classe 1 (marca 01dB, modelo SOLO) que registou a variação nos níveis sonoros de 125 ms em 125m (ponderação *Fast*), à passagem das aeronaves, conforme se ilustra na Figura 2.

Figura 2: Foto do sonómetro à passagem de aeronave



Para as gravações áudio, à passagem das aeronaves e efetuadas em simultâneo com as medições dos níveis sonoros, foi utilizado um *smarthphone*.

Para as previsões foi utilizado o *software* AEDT (*Aviation Environmental Design Tool*, <https://aedt.faa.gov/>).

3 Previsões e modelos teóricos

A efetivação de uma previsão assenta normalmente na assunção de determinadas premissas e na seleção de uma determinada representatividade.

A representatividade dos Mapas de Ruído é normalmente associada a uma média anual, dada a definição legal (DL 9/2007) dos parâmetros típicos de base (L_{den} e L_n).

Como no caso dos Aeroportos existem normalmente 2 pistas (na realidade a mesma pista mas designada de uma forma quando a aterragem ou a descolagem ocorre em um determinado sentido, e designada de outra forma quando a aterragem ou a descolagem ocorre no sentido oposto), o Mapa de Ruído médio anual considera, virtualmente que, no mesmo dia (digamos o virtual dia médio anual), ocorre um número de aterragens e descolagens em uma das pistas e um número de aterragens e descolagens na outra pista, proporcionais à percentagem anual de utilização de uma e outra pista, ainda que na realidade, no mesmo dia, possa ocorrer a utilização de uma só pista (dependerá sobretudo da variação do sentido do vento nesse dia).

No caso do Aeroporto de Faro existe a Pista 28 [mais utilizada, por o vento soprar maioritariamente no sentido Oeste → Este (Barlavento → Sotavento); aterragens e descolagens no sentido Este → Oeste] e a Pista 10 (menos utilizada; aterragens e descolagens no sentido Oeste → Este).

Pese embora a necessidade da representatividade média anual referida, o ruído caraterístico da passagem dos aviões em um determinado ponto deverá ser diferente quanto ocorrem aterragens e descolagens em um e outro sentido, pelo que importará obter informação áudio, e de níveis sonoros, para aterragens e descolagens em um e outro sentido. Deverá depois ser informado o auditor sobre a probabilidade anual de ocorrência de um e outro sentido de aterragem e descolagem.

Nesta perspetiva e para poder guiar e comparar as medições com as previsões, interessará efetuar previsões dos níveis sonoros máximos à passagem de aviões, para aterragens e descolagens em um e outro sentido.

No sentido de perceber qual o tipo de avião que mais utiliza o Aeroporto de Faro, foram consultados os *sites*:

<https://www.flightradar24.com/data/airports/fao/arrivals>

<https://www.flightradar24.com/data/airports/fao/departures>

Verificou-se que, durante uma semana, os tipos de Aeronave que mais utilizaram o Aeroporto de Faro foram os que se explicitam na Tabela 1.

Tabela 1: Tipos de aeronave que mais utilizam o Aeroporto de Faro

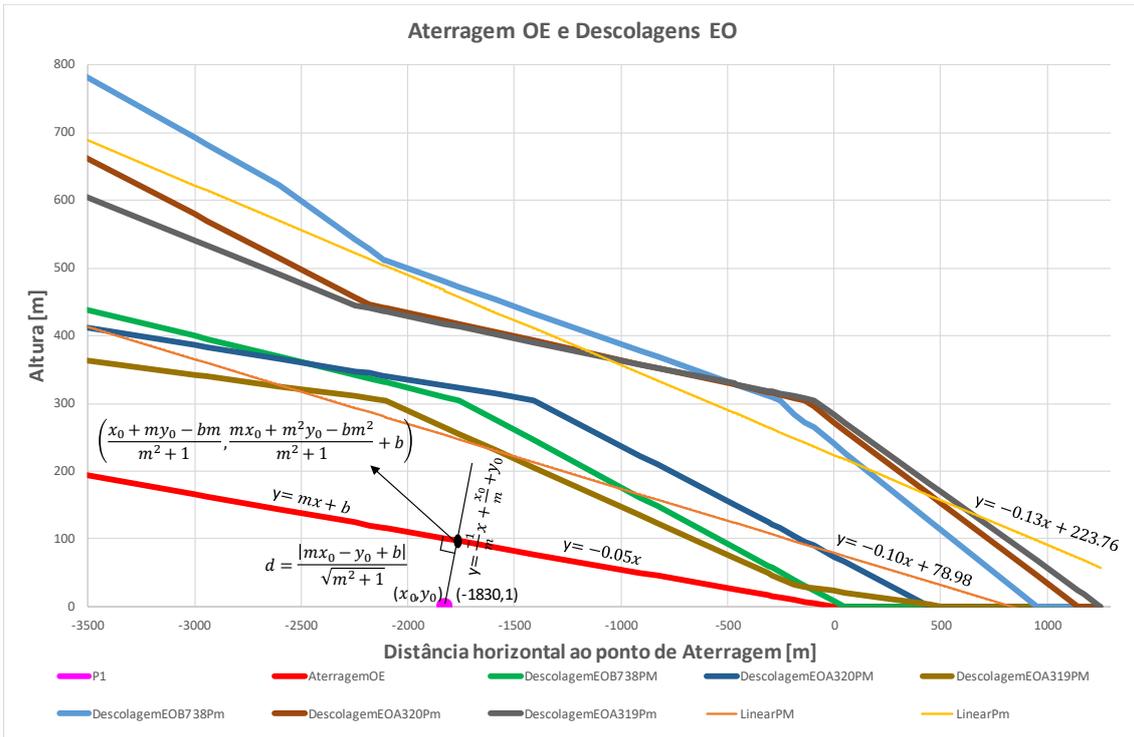
Tipo de Aeronave	Percentagem de movimentos relativamente ao número de movimentos total do aeroporto
Boeing 737-800	46%
Airbus A320	21%
Airbus A319	10%
Outros	23%

Fonte: <https://www.flightradar24.com>.

Assim, no sentido de guiar as medições e antever as variações expetáveis, utilizou-se o *software* AEDT, para determinar as rotas típicas, de aterragem e descolagem, das Aeronaves Boeing 737-800 (B738), Airbus A320 e Airbus A319, e os Níveis de Pressão Sonora Máximos (ponderação *Fast*) em 1 ponto a Oeste do Aeroporto de Faro (P1: 37°01'10.8"N, 8°00'10.7"W).

A localização vertical esquemática das rotas e do Ponto de Medição encontra-se na Figura 3, onde se apresentam também as expressões gerais de cálculo da distância [equação (1)] de um ponto (x_0, y_0) a uma reta de equação reduzida $y = mx + b$, da equação da reta perpendicular [equação (2)] e das coordenadas do ponto de interseção [equação (3)], as coordenadas do Ponto de Medição e as equações das 3 retas que “resumem” as diferentes rotas [1) Aterragens; 2) Descolagens Peso Máximo (PM); 3) Descolagens Peso Mínimo (Pm)].

Figura 3: Esquema vertical de rotas, do Ponto de Medição P1 e equações gerais



$$d_{\perp} = \frac{|mx_0 + y_0 + b|}{\sqrt{m^2 + 1}} \quad (1)$$

$$y = -\frac{1}{m}x + \frac{x_0}{m} + y_0 \quad (2)$$

$$\left(\frac{x_0 + my_0 - bm}{m^2 + 1}, \frac{mx_0 + m^2y_0 - bm^2}{m^2 + 1} + b \right) \quad (3)$$

No caso das Aterragens a rota típica é a mesma para todos os tipos de avião, enquanto no caso das descolagens a rota depende não só do tipo de avião como também, para o mesmo tipo de avião, do peso do mesmo aquando da descolagem [um maior peso está associado a mais combustível devido ao voo ser mais prolongado (destino mais distante), e vice-versa].

O Boeing 737-800 possui, na base de dados do *software*, 6 tipos diferentes de peso enquanto os Airbus A319 e A320 possuem 5 pesos.

Os valores máximos (L_{AMax}) previstos apresentam-se na Tabela 2. Consideram-se os pesos mínimos (Pm) e máximos (PM) de cada tipo de avião.

Tabela 2: Valores de L_{AMax} previstos

Ponte de Medição	Tipo de avião	Aterragem Oeste →Este	Descolagem Este →Oeste	
			Pm	PM
P1 37°01'10.8"N 8°00'10.7"W	B738	92	85	90
	A320	90	84	87
	A319	89	82	87

Pm: Avião com peso mínimo; PM: Avião com peso máximo.

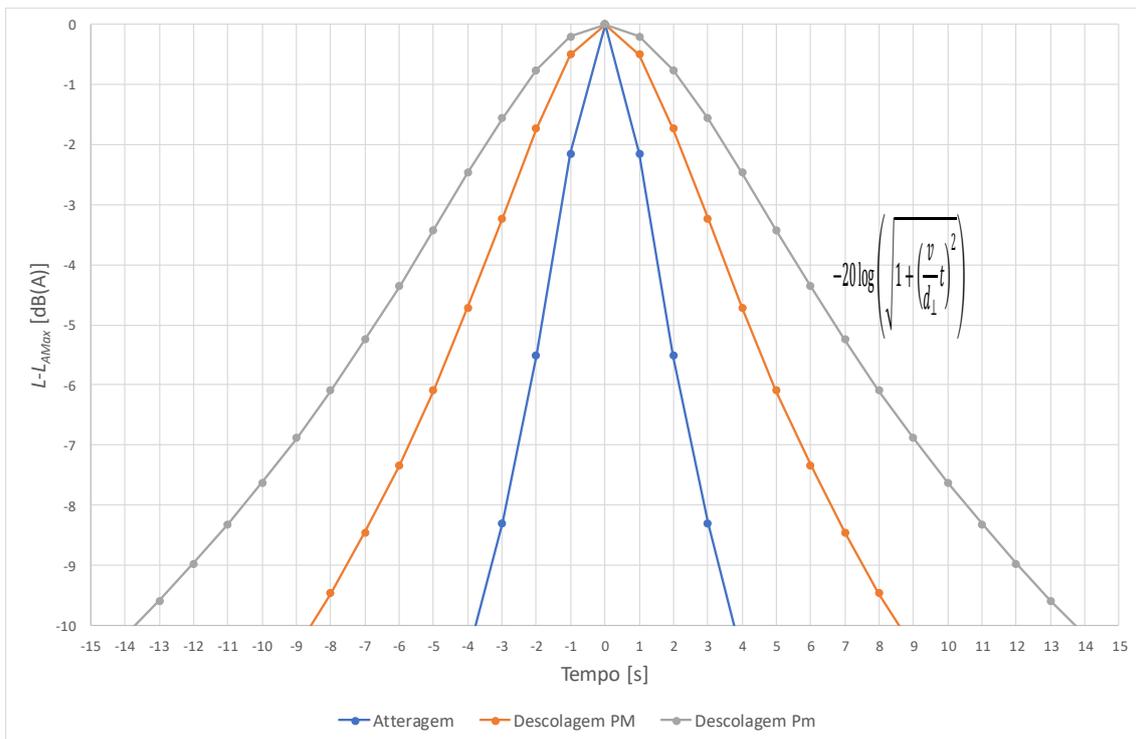
Verifica-se assim ser expectável, em P1, nas Aterragens e nas Descolagens para o mesmo tipo de peso, uma variação de apenas de 3 dB, para os 3 tipos principais de aviões que utilizam o Aeroporto de Faro, o que é normalmente considerado como próximo do limiar da diferença para a sensibilidade humana. Para pesos diferentes a variação encontra-se entre 3 e 5 dB, para o mesmo tipo de avião, e pode chegar a 8 dB se considerarmos diferentes tipos de aviões.

Uma vez que para a percepção auditiva da passagem do avião pode interessar, para além do valor máximo, a mais rápida ou mais lenta variação dos níveis sonoros, apresenta-se na equação seguinte a expressão teórica da variação dos níveis sonoros (L) [dB(A)], em função do tempo (t , em segundos), relativamente ao valor máximo (L_{AMax}) [dB(A)], em função da distância a um percurso reto (d_{\perp}), para uma fonte sonora pontual com potência sonora constante a movimentar-se com velocidade constante v (m/s), tendo em conta a referência [17].

$$L - L_{AMax} = -20 \log \left(\sqrt{1 + \left(\frac{v}{d_{\perp}} t \right)^2} \right) \quad (4)$$

Apresentam-se na Figura 4 as variações expectáveis dos níveis sonoros, em P1, para as 3 retas “resumo” das rotas típicas [aterragem, descolagem peso máximo (PM) e descolagem peso mínimo (Pm)].

Figura 4: Variação teórica expectável dos níveis sonoros em P1



Para além da equação da reta indicam-se também, em seguida, face à informação disponível e equações desenvolvidas, as distâncias a considerar a P1 e a velocidade do avião a considerar, com base nas quais foi desenvolvido o gráfico da Figura 4:

- Aterragem:

$$y = -0.05x \quad (5)$$

$$v = 72 \text{ m/s} \quad (6)$$

$$d_{\perp} = 92 \text{ m} \quad (7)$$

- Descolagem Peso Máximo:

$$y = -0.10x + 78.98 \quad (8)$$

$$v = 91 \text{ m/s} \quad (9)$$

$$d_{\perp} = 260 \text{ m} \quad (10)$$

- Descolagem Peso Mínimo:

$$y = -0.13x + 223.76 \quad (11)$$

$$v = 100 \text{ m/s} \quad (12)$$

$$d_{\perp} = 457 \text{ m} \quad (13)$$

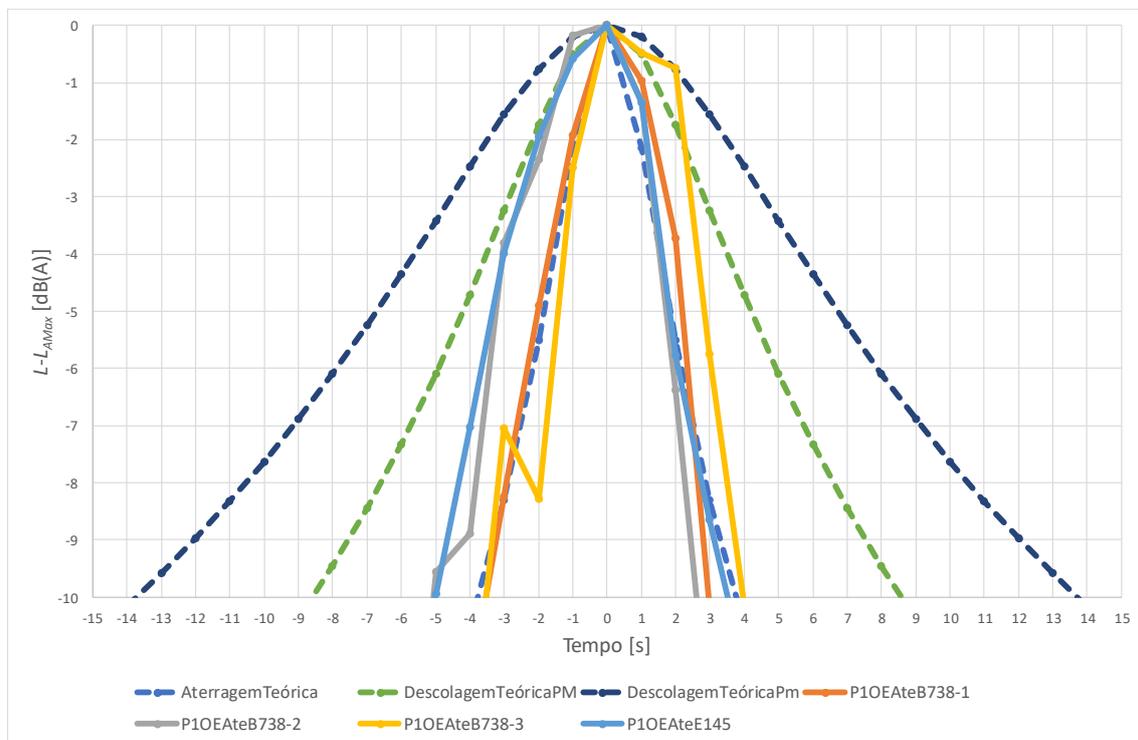
4 Resultados obtidos

Foram efetuadas 4 medições *in situ* em P1, com registo áudio simultâneo, tendo-se obtido os resultados que se apresentam na Tabela 3 e na Figura 5.

Tabela 3: Resultados das medições *in situ* em P1

Tipo de operação e aeronave	L_{AMax} medido	L_{AMax} previsto	Ficheiro áudio associado
Aterragem O→E Boeing 737-800	89	92	P1OEateB738-1.mp3
Aterragem O→E Boeing 737-800	88	92	P1OEateB738-2.mp3
Aterragem O→E Boeing 737-800	88	92	P1OEateB738-3.mp3
Aterragem O→E Embraer 145	83	85	P1OEateE145.mp3

Figura 5: Variações dos níveis sonoros em P1 obtidas nas medições



Na Tabela 3 indica-se também o nome dos ficheiros áudio associados a cada medição, os quais podem ser acedidos no seguinte endereço eletrónico:

https://drive.google.com/drive/folders/1IfYJukU9yS0STIQt0ys1zQIW6sK_ES8q?usp=sharing

Na Figura 5 apresenta-se também a variação teóricas das Aterragens e Descolagens constante na Figura 4.

No sentido de verificar a variabilidade teórica e prática, dos níveis sonoros e da perceção áudio, para uma situação mais próxima, foram efetuadas medições em um ponto P2 com coordenadas geográfica 37°01'00.2"N e 7°59'32.2"W, e coordenadas (-830,1) no sistema da Figura 3.

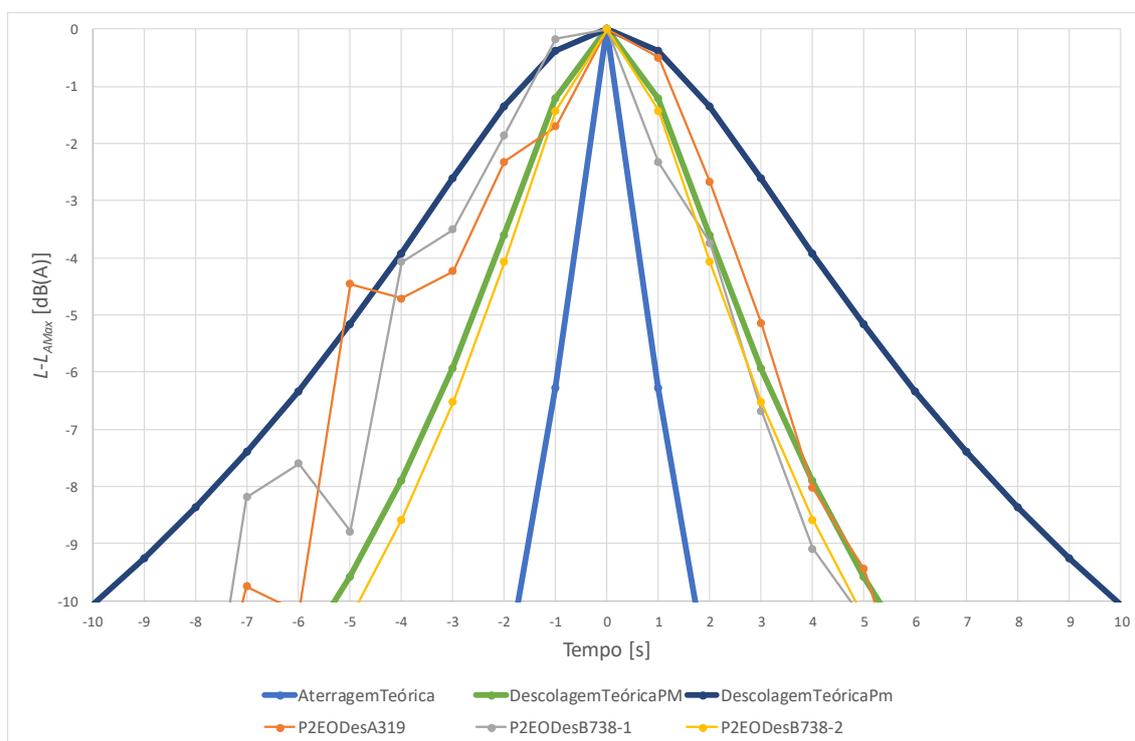
Os resultados obtidos apresentam-se na Tabela 4 e na Figura 6.

Tabela 4: Resultados das medições *in situ* em P2

Tipo de operação e aeronave	L_{AMax} medido	L_{AMax} previsto		Ficheiro áudio associado
		Pm	PM	
Descolagem E→O Airbus A319	88	83	90	P2EODesA319.mp3
Descolagem E→O Boeing 737-800	91	88	94	P2EODesB738-1.mp3
Descolagem E→O Boeing 737-800	93	88	94	P2EODesB738-2.mp3

Pm: Avião com peso mínimo; PM: Avião com peso máximo.

Figura 6: Variações dos níveis sonoros em P2 obtidas nas medições



5 Conclusões

Os resultados obtidos, ainda que, para já, limitados a 2 pontos, permitem tirar já algumas conclusões.

Infelizmente existe alguma contaminação do ruído do vento nas gravações áudio efetuadas, que se procurará minimizar em futuros desenvolvimentos, mas é possível mesmo assim alguma perceção relativa e conclusões associadas.

- As Aterragens possuem, teoricamente, menores variações da emissão sonora do que as descolagens, o que foi confirmado nas medições efetuadas, sendo comparável, por incrível que pareça, em P1, a Aterragem de um Boeing 737-800 (até 215 passageiros) e de um Embraer E145 (até 50 passageiros), quer em termos de variação dos níveis sonoro quer em termos auditivos.
Poderá comparar-se auditivamente os ficheiros áudio indicados na Tabela 3 e as variações medidas dos níveis sonoros constantes na Figura 5.
- As medições das variações dos níveis sonoros ao longo do tempo efetuadas *in situ* permitiram verificar que as variações teóricas determinadas possuem uma boa concordância com a realidade.
Ver por exemplo a Figura 6, onde claramente a variação teórica associada a uma aterragem não concorda – como é desejável – com a variação experimental associada a uma descolagem. Aparentemente existe uma maior concordância com a descolagem para aviões com peso máximo.
Será importante nos desenvolvimentos seguintes tentar obter informação relativamente ao peso dos aviões aquando da descolagem, nomeadamente verificar qual o ponto de descolagem na pista.
- As variações teóricas desenvolvidas são úteis para perceber qual a variação expectável em termos de perceção auditiva, mas apenas para o mesmo tipo de movimento (descolagem ou aterragem). Comparando os ficheiros áudio referidos na Tabela 3 (Aterragens apercebidas em P1) com os ficheiros áudio referidos na Tabela 4 (Descolagens apercebidas em P2) é possível perceber que são diferentes em termos de perceção auditiva, por uns corresponderem a Aterragens e outros a Descolagens, apesar de as variações teóricas dos níveis sonoros serem semelhantes, o que indicia a necessidade de outra forma diferenciadora, nomeadamente espectral.
- As variações teóricas desenvolvidas indicam que para maiores distâncias às rotas são expectáveis menores variações, contudo para maiores distâncias poderão prevalecer outros efeitos, nomeadamente as condições atmosféricas, que deverão ser consideradas nos desenvolvimentos seguintes.

Se o mais difícil é começar então o mais difícil já está feito.

Esperam os autores ter suficiente persistência para continuar este caminho, por mais longo que possa ser, para que se consiga atingir aquilo que se deseja e que possui virtudes inegáveis: poder, de forma credível e fundamentada tecnicamente, dar a ouvir a proponentes, autoridades de avaliação e/ou ao público em geral o ruído “qualitativo” e “quantitativo” previsto associado a um determinado projeto ou plano.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Telma Correia o prestigioso auxílio prestado no tratamento de parte dos dados.

Referências

- [1] Martin, W H - *Decibel - The Name for the Transmission Unit*. Bell Sys. Tech. Journal. 8(1), Jan., p1-2, 1929.
- [2] Fletcher, H.; Munson, W.A. - *Loudness, its definition, measurement and calculation*. Journal of the Acoustical Society of America 5, 82-108, 1933.
- [3] International Organization for Standardization, ISO 226 - *Acoustics : Normal equal-loudness-level contours*. 2003.
- [4] International Organization for Standardization, ISO/R 1999 – *Acoustics: Assessment of occupational noise exposure for hearing conservation purposes*. 1971.
- [5] International Organization for Standardization, ISO 1996-1 – *Acoustics: Description, measurement and assessment of environmental noise: Part 1: Basic quantities and assessment procedures*. 2016.
- [6] International Organization for Standardization, ISO 1996-2 – *Acoustics: Description, measurement and assessment of environmental noise: Part 2: Determination of sound pressure levels*. 2017.
- [7] Augusto, Carlos Alberto – *Sons e Silêncios da Paisagem Sonora Portuguesa*. Fundação Francisco Manuel dos Santos, 2014.
- [8] Schafer, Murray – *I Have Never Seen a Sound*. Environmental & Architectural Phenomenology, Vol. 17, N.º 2, 2006.
- [9] Kleiner, Mendel; et. Al. – *Auralization: An Overview*. J. Audio Eng. Soc., Vol. 41, N.º 11, 1993.
- [10] Rindel, Jens Holger; Christensen, Claus Lyngø – *Room acoustic simulation and auralization - how close can we get to the real room?* Melbourne, The Eighth Western Pacific Acoustics Conference, 2003.
- [11] Forssén, Jens; et. al. – *Auralization of traffic noise within the LISTEN project – Preliminary results for passenger car pass-by*. Edinburgh, EuroNoise, 2009.
- [12] Pieren, Reto; et. al. – *Auralization of railway noise: Emission synthesis of rolling and impact noise*. Applied Acoustics 127, 34–45, 2017.
- [13] Rizzi, Stephen A. – *An Overview of Virtual Acoustic Simulation of Aircraft flyover Noise*. Pisa, 11th International Conference on Recent Advances in Structural Dynamics, 2013.
- [14] Pieren, Reto; et. al. – *Auralization of Wind Turbine Noise: Emission Synthesis*. Acta Acustica United with Acustica, Vol. 100, 25 – 33, 2014.
- [15] Hornikx, Maarten – *Ten questions concerning computational urban acoustics*. Building and Environment, 106, 409-421, 2016.
- [16] Pieren, Reto; et. al. – *Evaluation of Auralization and Visualization Systems for Railway Noise Scenes*. Hong Kong, InterNoise, 2017.
- [17] Rosão, Vitor; Conceição, Eusébio; Házyová, Lucia – *Method to Determine the Speed of Vehicles by Means of Noise Levels Variation*. Lisboa, InterNoise, 2010.