

# **ISOLAMENTO ACÚSTICO DE ENTRADAS DE BARES/DISCOTECAS**

Problemática da porta aberta

**JORGE ANTÓNIO MAIA AROSO PEDRA**

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de  
**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES CIVIS**

---

Orientador: Professor Doutor Rui Manuel Gonçalves Calejo Rodrigues

---

Coorientador: Engenheira Dóris Mafalda Dias Queirós

JUNHO DE 2018

## **MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2017/2018**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ [miec@fe.up.pt](mailto:miec@fe.up.pt)

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2017/2018 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2018*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.



A meus Pais, família e amigos

*Creio que não se pode fazer nada de grande na vida se não se fizer representar o  
personagem que existe dentro de cada um de nós.*

*Charles Chaplin*



## AGRADECIMENTOS

Foram tantas as pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho de investigação - com a sua ajuda, disponibilidade e carinho - que se torna agora difícil deixar a cada uma delas apenas uma palavra.

Em primeiro lugar estarão os meus pais e avó, não só pelo apoio nesta fase da minha vida académica, mas – essencialmente – por todo o amor e exemplo prestado, desde que me conheço.

Aos meus amigos - Nuno, Branco, Maria, Diogo e Pina - pela amizade e paciência que tiveram nos momentos menos bons.

Vai um agradecimento especial para o Miguel, o Duarte e Luís Duarte não só pela amizade, mas também pelo apoio na realização dos ensaios.

Ao Colégio Luso-Francês – na pessoa do Prof. José Rui Teixeira – pelo seu afeto e disponibilidade para empréstimo de materiais para a realização dos ensaios.

À Danceplanet, em especial ao Miguel Soares e ao Ruka, que uma vez mais me apoiou, disponibilizando algum material útil às medições, assim como contactos de gerentes de bares e discotecas que poderiam ter interesse em colaborar no estudo.

Quero agradecer aos gerentes, sócios e colaboradores dos espaços, os quais se disponibilizaram, de bom grado, para a realização dos ensaios:

Diogo Pinto, gerente do *Fé Wine & Bar*; Tiago Vilares, gerente do *SandHouse*; Ivo Nogueira, amigo e dono do *Nogueira's Porto*; João Leite, gerente do *Boulevard*; Dr. Nelson, gerente do *Era uma vez em Paris*; Dr. Miguel Camões e Sara, gerente e colaboradora do grupo que conta com os espaços *The Gin House*, *Bierhaus* e *The Royal Cocktail Club*; ao senhor Raúl e à sua equipa do *MaoMaria* e, por fim, ao Sr. Miranda, dono do *RendezVous*.

Quero deixar uma palavra de gratidão à Associação de discotecas e bares da *movida* do Porto - na pessoa do Professor António Brandão –que facilitou a realização dos ensaios nos espaços da Baixa do Porto.

À Engenheira Dóris Queirós, coorientadora na minha tese, pelo apoio na realização desta dissertação.

Por fim, não podia deixar de agradecer a inigualável ajuda, atenção, dedicação e transmissão de conhecimento dada pelo Professor Rui Calejo, o meu orientador, disponível em todos os momentos do exercício desta tese.

A todos o meu profundo reconhecimento.



## Resumo

Cidades com características semelhantes à do Porto, onde múltiplas atividades antropogénicas coabitam em áreas residenciais, possuem diversos problemas relacionados com o ruído.

A grande maioria das reclamações rececionadas pela Câmara Municipal do Porto têm origem em estabelecimentos de restauração e bebidas, obras, vizinhança e – naturalmente – festas (concertos ao ar livre, festas na cidade, animação noturno, entre outros).

De acordo com a Direção Geral do Ambiente, mais de 60% da população portuguesa vive com níveis de ruído a cima do recomendado pela Organização Mundial de Saúde (55 decibéis). Para além da importância deste facto, 20% vive com valores de ruído considerados incomodativos (65 decibéis). O ruído, especificamente a poluição sonora, é um grave problema que afeta a população, nomeadamente os que vivem nas grandes cidades.

A *movida* da cidade do Porto caracteriza-se pela presença de inúmeros bares e discotecas. Neste tipo de estabelecimentos a intensidade elevada do sinal sonoro é constante.

O conflito com a ocupação residencial manifesta-se muitas das vezes pelo excesso de emissão sonora para o exterior. A possibilidade de se manterem fechadas as portas de entrada dos estabelecimentos minimiza este problema, em muitos dos casos, no entanto, esta atitude prejudica a atratividade dos eventuais utentes.

O estudo apresentado procura identificar, de forma experimental, o comportamento acústico das entradas com diversas características, avaliando a real importância da utilização da porta.

A investigação realizou-se em bares e discotecas da cidade do Porto com diferentes envolventes - umas mais delicadas que outras. Também eram distintas, caso a caso, as características acústicas e metodologias de funcionamento: nalgumas circunstâncias os estabelecimentos laboravam com porta aberta, existindo, no entanto, uma antecâmara; noutros espaços havia apenas uma porta e, por isso, estes trabalhavam com a porta fechada; finalmente, noutras situações, a laboração fazia-se sempre com a porta aberta – pelo facto de os estabelecimentos não estarem limitados pela vizinhança de edifícios habitacionais.

Dos resultados obtidos, foi possível concluir que, em alguns casos, a porta encostada poderá ser uma possível alternativa a se encontrar aberta na totalidade – no que concerne ao isolamento acústico do espaço – conforme se apresenta no capítulo 6.

**PALAVRAS-CHAVE:** isolamento acústico, desempenho acústico, isolamento de fachada, espaços lúdicos noturnos.



## **ABSTRACT**

Cities with similar characteristics to Porto, where social night activities are kept in the same areas as residences, have different problems related to noise.

The majority of the complaints received by the City Hall of Porto come from the noise produced in restaurants, construction sites, noisy neighbourhoods and parties (open space concerts, outdoor parties and night parties in bar and clubs, among others).

According to the Directorate – General for Environment, more than 60% of the Portuguese population are exposed to noise levels higher than recommended by the World Health Organization (55 decibels). In addition to this, 20% live with values considered as unbearable (65 decibels). The noise, specifically, sound pollution, is a huge problem which affects the population directly, mainly in the big cities.

Porto's nightlife is known for the new social spaces such as bars and clubs which produce constant noise levels.

The conflict with the residential occupations (hostels and apartments) mainly appears because of the exaggerated sound pressure which comes out of the doors. The possibility to keep the entrance doors closed, helps to solve this problem. However, it attracts fewer people.

The presented study tries to experimentally identify the acoustic behaviour of the bar and club's entrances, each one with different characteristics, evaluating the door's acoustic influence in the space.

The research was developed in Porto's bars and clubs with different surroundings – some more sensitive than others. Also, the acoustic characteristics and the working methods were different from one place to the other: some of them operate with the door open, with an antechamber, while others work with only a single door, and in this way, it is kept closed during the working hours. Finally, others cases operate with a single door open, which is possible because there are no houses or apartments nearby.

From the obtained results, it is concluded that keeping the door recumbent could be an important alternative to keeping it open, according to the acoustic sound isolation. As it can be seen in chapter 6, conclusion.

**KEYWORDS:** acoustic isolation, acoustic development, facade isolation, nightclubs.





## ÍNDICE GERAL

|                      |     |
|----------------------|-----|
| AGRADECIMENTOS ..... | i   |
| RESUMO .....         | iii |
| ABSTRACT .....       | v   |

## 1. INTRODUÇÃO ..... 1

|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| 1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....      | 1 |
| 1.2. PROBLEMÁTICA.....                | 2 |
| 1.3. OBJETIVO .....                   | 2 |
| 1.4. ENQUADRAMENTO.....               | 3 |
| 1.5. MÉTODO .....                     | 4 |
| 1.6. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO ..... | 5 |

## 2. ESTADO DO CONHECIMENTO..... 7

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| 2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....                      | 7  |
| 2.2. CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA.....                  | 7  |
| 2.2.1. PERÍODO GRECO-ROMANO .....                     | 7  |
| 2.2.2. PERÍODO GÓTICO .....                           | 8  |
| 2.2.3. PERÍODO RENASCENTISTA .....                    | 8  |
| 2.2.4. PERÍODO BARROCO .....                          | 10 |
| 2.2.5. PERÍODO CLÁSSICO .....                         | 10 |
| 2.2.6. PERÍODO ROMÂNTICO .....                        | 10 |
| 2.2.7. PRIMÓRDIOS DA ACÚSTICA MODERNA .....           | 11 |
| 2.2.8. SÉCULO XX.....                                 | 12 |
| 2.3. ACÚSTICA EM EDIFÍCIOS .....                      | 12 |
| 2.4. QUALIDADE ACÚSTICA INTERIOR.....                 | 13 |
| 2.5. PROPAGAÇÃO DO SOM .....                          | 14 |
| 2.6. CONCEITOS TEÓRICOS PRINCIPAIS.....               | 14 |
| 2.6.1. TEMPO DE REVERBERAÇÃO .....                    | 14 |
| 2.6.2. ISOLAMENTO ACÚSTICO .....                      | 15 |
| 2.7. CONTEXTUALIZAÇÃO DA PROBLEMÁTICA EM ESTUDO ..... | 16 |
| 2.7.1. PROBLEMAS AUDITIVOS .....                      | 16 |

|        |                                                      |    |
|--------|------------------------------------------------------|----|
| 2.7.2. | LOCALIZAÇÃO DAS DISCOTECAS E BARES NAS CIDADES ..... | 17 |
| 2.8.   | BIBLIOMETRIA .....                                   | 17 |

### **3. MÉTODO EXPERIMENTAL..... 21**

|        |                                                                                 |    |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1.   | DESCRIÇÃO DO MÉTODO EXPERIMENTAL.....                                           | 21 |
| 3.1.1. | PRESSÃO SONORA .....                                                            | 22 |
| 3.1.2. | TEMPO DE REVERBERAÇÃO .....                                                     | 22 |
| 3.1.3. | ISOLAMENTO BRUTO .....                                                          | 22 |
| 3.1.4. | ISOLAMENTO SONORO PADRONIZADO .....                                             | 23 |
| 3.2.   | PARÂMETROS MEDIDOS.....                                                         | 23 |
| 3.3.   | EQUIPAMENTOS UTILIZADOS .....                                                   | 23 |
| 3.4.   | DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS DE CAMPO.....                                             | 25 |
| 3.4.1. | ENSAIO DE ISOLAMENTO DE FACHADA (EMIÇÃO NO EXTERIOR).....                       | 25 |
| 3.4.2. | ENSAIO DE ISOLAMENTO DE ENTRADA COM EMISSÃO NO INTERIOR E PORTA FECHADA .....   | 26 |
| 3.4.3. | ENSAIO DE ISOLAMENTO DE ENTRADA COM EMISSÃO NO INTERIOR E PORTA ABERTA.....     | 26 |
| 3.4.4. | ENSAIO DE ISOLAMENTO DE ENTRADA COM EMISSÃO NO INTERIOR E PORTA ENCOSTADA ..... | 26 |
| 3.4.5. | TEMPO DE REVERBERAÇÃO .....                                                     | 27 |
| 3.4.6. | MEDIÇÃO DOS RUÍDOS DE FUNDO .....                                               | 27 |
| 3.5.   | TRATAMENTO DOS DADOS .....                                                      | 29 |
| 3.6.   | NORMAS .....                                                                    | 30 |
| 3.7.   | CALIBRAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS.....                                                | 31 |
| 3.8.   | RESULTADOS ESPERADOS.....                                                       | 32 |

### **4. CASO DE ESTUDO ..... 33**

|        |                                                             |    |
|--------|-------------------------------------------------------------|----|
| 4.1.   | A BAIXA DO PORTO.....                                       | 33 |
| 4.2.   | PROBLEMÁTICA EXISTENTE .....                                | 34 |
| 4.3.   | DESCRIÇÃO DO CASO DE ESTUDO .....                           | 35 |
| 4.4.   | LOCALIZAÇÃO DOS ESPAÇOS LÚDICOS ESTUDADOS .....             | 37 |
| 4.4.1. | HORÁRIO DE FUNCIONAMENTO.....                               | 38 |
| 4.4.2. | TIPOLOGIA DE ENTRADA .....                                  | 39 |
| 4.4.3. | POSICIONAMENTO DA PORTA NO HORÁRIO DE FUNCIONAMENTO .....   | 40 |
| 4.5.   | FICHA TÉCNICA – ELEMENTO IDENTIFICATIVO DE CADA ESPAÇO..... | 41 |

|                                                                              |               |
|------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>5. RESULTADOS.....</b>                                                    | <b>43</b>     |
| <b>5.1. INTRODUÇÃO.....</b>                                                  | <b>43</b>     |
| 5.1.1. REGULAMENTO GERAL DO RUÍDO .....                                      | 44            |
| <b>5.2. SÍNTESE DOS RESULTADOS OBTIDOS .....</b>                             | <b>44</b>     |
| <b>5.3. ANÁLISE PARTICULAR DE CADA ESPAÇO ESTUDADO.....</b>                  | <b>47</b>     |
| 5.3.1. FÉ WINE & BAR – FICHA TÉCNICA 01 .....                                | 48            |
| 5.3.2. SANDHOUSE – FICHA TÉCNICA 02 .....                                    | 51            |
| 5.3.3. NOGUEIRA’S PORTO – FICHA TÉCNICA 03.....                              | 53            |
| 5.3.4. ERA UMA VEZ EM PARIS – FICHA TÉCNICA 04.....                          | 55            |
| 5.3.5. BOULEVARD – FICHA TÉCNICA 05 .....                                    | 57            |
| 5.3.6. THE GIN HOUSE – FICHA TÉCNICA 06.....                                 | 59            |
| 5.3.7. BIERHAUS – FICHA TÉCNICA 07.....                                      | 61            |
| 5.3.8. THE ROYAL COCKTAIL CLUB – FICHA TÉCNICA 08.....                       | 63            |
| 5.3.9. RENDEZVOUS – FICHA TÉCNICA 09.....                                    | 66            |
| 5.3.10. MAOMARIA – FICHA TÉCNICA 10.....                                     | 69            |
| <b>5.4. SUGESTÃO DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA EMITIDOS NO INTERIOR .....</b> | <b>71</b>     |
| <br><b>6. CONCLUSÕES .....</b>                                               | <br><b>73</b> |
| 6.1. REFLEXÃO INICIAL.....                                                   | 73            |
| 6.2. CUMPRIMENTO DE OBJETIVOS .....                                          | 74            |
| 6.3. CONCLUSÕES DOS CAPÍTULOS .....                                          | 74            |
| 6.4. IDENTIFICAÇÃO DAS DIFICULDADES.....                                     | 75            |
| 6.5. PERSPETIVAS DE DESENVOLVIMENTO FUTURAS .....                            | 75            |
| 6.6. PROPOSTA DE RESOLUÇÃO .....                                             | 76            |
| <br><b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>                                  | <br><b>79</b> |
| <br><b>Anexos .....</b>                                                      | <br><b>83</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1.1 – Diferentes formas de propagação do som em edifícios .....                                                                                                           | 3  |
| Figura 2.2 – Teatro Grego ( <i>The Greek Theater</i> , [s.d.]) .....                                                                                                             | 8  |
| Figura 2.3 – Interior do teatro all' Antica, Itália ( <i>Teatro All'Antica - Comune di Sabbioneta (MN)</i> , [s.d.])9                                                            |    |
| Figura 2.4 – Teatro tradicional na segunda metade do século XVI ( <i>Shakespeare's Rose theatre to stage a dramatic return from the depths   News   The Times</i> , [s.d.])..... | 9  |
| Figura 2.5 – Esquema de transmissão sonora (Teixeira Da Silva, Oliveira Groenwald e Homa, 2017) .....                                                                            | 14 |
| Figura 2.6 – Número de referência bibliográficas por ano de publicação .....                                                                                                     | 18 |
| Figura 2.7 – Percentagem de referência bibliográficas por tema.....                                                                                                              | 18 |
| Figura 2.8 – Percentagem de referência bibliográficas por país .....                                                                                                             | 19 |
| Figura 3.9 – Altifalante JBL EON 15 e JBL EON .....                                                                                                                              | 24 |
| Figura 3.10 – Sonómetro Solo 01dB .....                                                                                                                                          | 24 |
| Figura 3.11 – Microfone 01dB PRE215 nº 13034 .....                                                                                                                               | 24 |
| Figura 3.12 – Ensaio da medição da pressão sonora .....                                                                                                                          | 26 |
| Figura 3.13 – Ensaio para a medição do tempo de reverberação .....                                                                                                               | 27 |
| Figura 3.14 – Variantes à norma EN ISO 16283-1 2014 .....                                                                                                                        | 28 |
| Figura 4.15 – Linha cronológica de acontecimentos determinantes a contextualização do caso de estudo.....                                                                        | 34 |
| Figura 4.16 – Caminho seguido para particularizar o tema em estudo.....                                                                                                          | 35 |
| Figura 4.17 – Esquema da metodologia aplicada .....                                                                                                                              | 36 |
| Figura 4.18 – Localização dos bares/discotecas na cidade do Porto (Geral) (Google Maps, 2008) ....                                                                               | 37 |
| Figura 4.19 – Localização dos bares/discotecas na Baixa do Porto (Google Maps, 2008) .....                                                                                       | 38 |
| Figura 4.20 – Horário de encerramento dos bares/discotecas em estudo.....                                                                                                        | 38 |
| Figura 4.21 – Distribuição percentual do tipo de entrada existentes .....                                                                                                        | 39 |
| Figura 4.22 – Distribuição percentual do funcionamento da parta por bar/discoteca .....                                                                                          | 40 |
| Figura 4.23 – Modelo representativo das fichas técnicas .....                                                                                                                    | 42 |
| Figura 5.24 – Índices de isolamento médio dos espaços estudados .....                                                                                                            | 45 |
| Figura 5.25 – Tempo de reverberação de cada bar/discoteca.....                                                                                                                   | 46 |
| Figura 5.26 – Fachada principal do bar: Fé Wine & Bar .....                                                                                                                      | 48 |
| Figura 5.27 – Esquema ilustrativo do funcionamento do espaço no que diz respeito à posição da porta. ....                                                                        | 49 |
| Figura 5.28 – Isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos – Fé Wine & bar .....                                                                                         | 50 |
| Figura 5.29 – Fachada principal do bar/discoteca: Sandhouse .....                                                                                                                | 51 |
| Figura 5.30 – Esquema ilustrativo do funcionamento do espaço no que diz respeito à posição da porta. ....                                                                        | 51 |
| Figura 5.31 – Isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos – Sandhouse .....                                                                                             | 52 |
| Figura 5.32 – Fachada principal do bar/restaurante: Nogueira's .....                                                                                                             | 53 |
| Figura 5.33 – Esquema ilustrativo do funcionamento do espaço no que diz respeito à posição da porta. ....                                                                        | 53 |
| Figura 5.34 – Isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos – Nogueira's .....                                                                                            | 54 |
| Figura 5.35 – Fachada principal do bar: Era uma vez em Paris .....                                                                                                               | 55 |
| Figura 5.36 – Isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos – Era uma vez em Paris .....                                                                                  | 56 |

|                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 5.37 – Fachada principal da discoteca – Boulevard .....                                            | 57 |
| Figura 5.38 – Isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos – Boulevard .....                      | 58 |
| Figura 5.39 – Fachada principal do bar/discoteca – The Gin House .....                                    | 59 |
| Figura 5.40 – Isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos – The Gin House .....                  | 60 |
| Figura 5.41 – Fachada principal do bar/discoteca – Bierhaus .....                                         | 61 |
| Figura 5.42 – Isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos - Bierhaus .....                       | 62 |
| Figura 5.43 – Fachada principal do bar/discoteca – The Royal Cocktail Club .....                          | 63 |
| Figura 5.44 – Esquema ilustrativo do funcionamento do espaço no que diz respeito à posição da porta. .... | 64 |
| Figura 5.45 – Isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos – The Royal Cocktail Club .....        | 65 |
| Figura 5.46 – Isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos – RendezVous .....                     | 66 |
| Figura 5.47 – ensaios com a fonte no exterior do espaço .....                                             | 67 |
| Figura 5.48 – Isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos - RendezVous .....                     | 68 |
| Figura 5.49 – Fachada principal do bar/discoteca – MaoMaria .....                                         | 69 |
| Figura 5.50 – Isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos – MaoMaria .....                       | 70 |
| Figura 6.51 – Roadmap proposta para solucionar o problema existente .....                                 | 77 |

## ÍNDICE DE QUADROS

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| Quadro 4.1 – Estilo da entrada por bar/discoteca .....                          | 39 |
| Quadro 4.2 – Tipo de funcionamento das portas dos bares/discotecas .....        | 40 |
| Quadro 5.3 – Características acústicas dos espaços estudados .....              | 44 |
| Quadro 5.4 – Tempo de reverberação de cada espaço .....                         | 46 |
| Quadro 5.5 – Cálculo exemplo do nível de pressão sonora medido na receção ..... | 47 |
| Quadro 5.6 – Quadro resumo dos níveis de ruído no interior, dB(A) .....         | 71 |

## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS E SIGLAS

ISO - International Organization for Standardization

RGR - Regulamento Geral do Ruído

NP - Norma Portuguesa

EN - Norma europeia



# 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A construção civil é uma das atividades mais importantes da economia; em boa verdade é um dos seus principais *motores*.

Quer pela diversidade de trabalhos e exigências que abarca quer ainda pelo número de pessoas que coloca no mercado de trabalho, direta ou indiretamente.

A construção qualificada, através do papel da Arquitetura e da Engenharia, influencia e favorece a qualidade de vida do ser humano.

Duma forma que poderemos considerar *leviana*, a construção civil – e a engenharia – são associadas, apenas, à atividade de erguer e reabilitar edifícios. Contudo, a área é muito mais abrangente: abarca o projeto, a manutenção do edifício - ou qualquer edificação – e a orçamentação e fiscalização da obra, entre outros campos. Resumidamente, o engenheiro civil preocupa-se com o bem-estar dos cidadãos quando lhes proporciona o conforto através duma boa concretização do edificado.

A engenharia acústica, sendo um ramo da engenharia civil é parte essencial no processo de construção do edifício; aliás como a arquitetura e a eletrotécnica. A primeira por intervir na disposição dos elementos espaciais e a segunda pela proposta de equipamentos.

É neste âmbito que o estudo das qualidades acústicas de um espaço deverá ser valorizado. A acústica e as características do som estão diretamente relacionadas com a forma como uma pessoa interage com o espaço, no sentido de se sentir ou não cómoda. A forma como o som se propaga faz com que uma pessoa se sinta melhor ou pior num certo espaço.

O estudo acústico tem importância relevante em espaços como restaurantes, bibliotecas (onde a principal problemática será a absorção sonora) e aqueles em que a música seja elemento a ter em causa – como salas de espetáculos, bares e discotecas – locais onde o principal objetivo será ouvir a música com a melhor perceção possível. Considerando-se essencial à vida e lazer da cidade, a existência qualificada de bares e discotecas será âmbito desta dissertação. Serão estudados os espaços ao nível da sua prestação acústica, no interior e deste para o exterior. É, assim, analisada a projecção do som para o exterior pelo facto desta inferir, ou mesmo prejudicar, a eventual vizinhança, tornando-se neste caso *ruído*.

## 1.2. PROBLEMÁTICA

Antes de descrever a problemática que desencadeia e motiva este trabalho será conveniente definir o próprio conceito de problemática:

“conjunto dos problemas postos por um domínio do pensamento ou da ação”, ou seja, problemas existentes levam à necessidade da sua correção ou resolução, utilizando diferentes metodologias. (Infopédia, 2018).

Neste sentido, identificaram-se dois grandes problemas relacionados com o ruído produzido pelos bares e discotecas da cidade do Porto: o ruído existente no espaço em si e o ruído que passa para fora do espaço.

O ruído existente está diretamente relacionado com a qualidade acústica dos espaços interiores das discotecas e bares, o qual, por sua vez, terá implicações na intensidade sonora transmitida para o exterior. Estas duas diferentes problemáticas têm implicações em alvos populacionais distintos. Enquanto na primeira serão prejudicados os utentes dos bares/discotecas, na segunda serão afetadas pessoas exteriores ao sistema, nomeadamente vizinhos dos espaços respetivos.

## 1.3. OBJETIVO

Pretende-se então, com esta dissertação, estudar alguns espaços de diversão noturna da cidade do Porto - como bares e discotecas - a nível do seu isolamento acústico para o exterior.

O estudo será realizado de forma a avaliar o isolamento acústico das fachadas, mais especificamente o efeito que a porta poderá ter na acústica do espaço. É sabido que o facto de os espaços lúdicos do Porto laborarem de porta aberta prejudica a vizinhança durante as horas de descanso. Esta problemática poderia ser facilmente resolvida com o encerramento das portas durante os períodos de atividade.

Contudo, a atitude de encerramento de portas não será propícia à frequência de eventuais utentes, pela possibilidade de estes se poderem sentir *aprimados* no espaço e assim menos interessados na fruição das instalações. E além disso não se sentirem atraídos pelo local.

O estudo será realizado na cidade do Porto, devido à facilitação de contactos, e melhor conhecimento dos espaços lúdicos. Serão abordados bares e discotecas de pequenas dimensões, localizados no centro da cidade, assim como discotecas de grandes dimensões do centro e periferia do Porto.

A dissertação inclui a medição e avaliação dos níveis de pressão sonora, assim como o tempo de reverberação existente nas salas, para posterior determinação do índice de isolamento sonoro.

Em particular, estuda-se o efeito que o elemento *porta* poderá ter na acústica do espaço, nomeadamente no que concerne ao isolamento sonoro.

O trabalho desenvolvido foca-se essencialmente na avaliação acústica dos espaços lúdicos deixando a parte de custos e resolução dos problemas para posterior desenvolvimento.



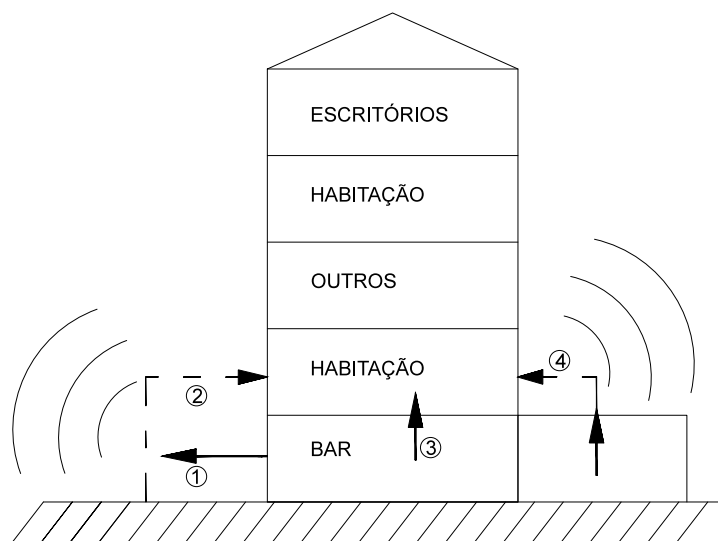


Figura 1.1 – Diferentes formas de propagação do som em edifícios

#### 1.4. ENQUADRAMENTO

Considerando-se que a engenharia civil é também uma atividade económica que procura satisfazer e melhorar as necessidades do cidadão em geral, esta dissertação vem ao encontro de melhorar os espaços lúdicos da cidade do Porto, quer para quem os utiliza semanalmente como espaços de diversão, quer para aqueles que se encontram obrigados ao convívio diário com as instalações, sofrendo, por vezes, transtorno significativo.

De facto, não se pode ignorar a existência de bares e discotecas nas grandes cidades, uma vez que contribuem positivamente para a descontração dos seus utentes, após esgotantes períodos de trabalho. Por outro lado, sendo espaços de diversão noturna, este tipo de comércio contribui, sob o ponto de vista económico, para o desenvolvimento do centro das cidades durante as “horas mortas” da noite. Caso contrário, na sua inexistência, as ruas estariam despovoadas, dando a azo a um incremento da criminalidade. Aliás, assim se passava no período que antecedeu a reestruturação da baixa do Porto (anos que antecederam e sucederam a construção do metro).

De referir ainda, a importância deste estudo a nível musical e cultural.

A qualificação acústica do espaço proporciona a melhoria da qualidade do som e maior respeito pela música, com maior conforto dos utentes e melhor relacionamento com o espaço físico, influenciando os seus gostos e preferências. No que respeita à pluralidade cultural, será importante mencionar a diversidade dos espaços na sua oferta de variados tipos de música.

O já publicado regulamento da “*Movida*” do Porto remete precisamente para a implementação de uma série de condições às quais os bares/discotecas são submetidos, no caso de pretenderem laborar após as 24h00 com música ao vivo (acústica ou amplificada). (*Edital 588/2017, 2017-08-17, 2017*)

## **1.5. MÉTODO**

Face à problemática apresentada, é importante definir o método a utilizar de forma a tratar o problema, seguindo os processos de pesquisa apresentados na presente dissertação.

Em primeiro lugar, são selecionados 10 bares do grande Porto que se mostrem dispostos a colaborar no estudo. De seguida, são realizados ensaios experimentais, de forma a avaliar as qualidades acústicas das respetivas instalações.

Outros métodos de utilização possível para este tipo de estudo são os ensaios de tentativa/erro. Na utilização destes processos chegar-se-ia a conclusões após a realização de várias provas. Contudo, este método não será utilizado por carência de tempo para a realização de testes sistemáticos.

De forma a estudar o efeito das entradas destes espaços lúdicos, avalia-se o índice de isolamento sonoro em edifícios,  $D_{2m,nT}$ , com a porta fechada como exigido pela norma NP EN ISO 16283-1; refazendo-se os ensaios com a fonte sonora no interior e variando a posição da porta. No capítulo 3 explicar-se-á com mais detalhe, o método experimental realizado.

Numa fase final, analisam-se os dados recolhidos e retiram-se as conclusões de isolamento da fachada e o efeito que as entradas terão na acústica dos espaços.

O estudo do isolamento de fachada será pertinente para quantificar o nível de perturbação que cada bar e discoteca tem numa certa área, na medida em que, quanto mais eficaz for esta barreira (melhor absorvente sonora), menor será o ruído urbano existente na cidade.

## **1.6. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO**

A seguinte dissertação encontra-se dividida em seis capítulos estruturados em subcapítulos onde se aborda de forma mais específica cada temática:

1. Introdução
2. Estado de conhecimento
3. Metodologia experimental
4. Caso de Estudo
5. Resultados
6. Conclusões

Neste primeiro capítulo é feita a análise e exposição do tema e a sua problemática, bem como a sua importância na sociedade. Foram apresentados os objetivos principal e secundário, de forma a se chegar ao resultado final pretendido.

No segundo capítulo faz-se a identificação do tema e a explanação de alguns conceitos. Apresenta-se toda a pesquisa realizada, sendo identificado o que já foi realizado anteriormente, os seus resultados e conclusões.

No terceiro capítulo é descrita a metodologia de trabalho: expõem-se os parâmetros ensaiados e analisados, apresentam-se as normas consultadas e enunciam-se os ensaios efetuados, assim como os respetivos materiais utilizados. Por fim, são descritos com detalhe os ensaios realizados em cada um dos locais.

No quarto capítulo é apresentado o caso de estudo: identificam-se os bares e discotecas do grande Porto que foram alvo de estudo, assim como as suas características gerias - horários, localização. Explana-se a forma de trabalho no que se relaciona com a utilização da porta.

O quinto capítulo destina-se à exposição, análise e tratamento dos dados recolhidos nos ensaios de campo.

No sexto capítulo reflete-se sobre as conclusões retiradas do trabalho desenvolvido. São propostas recomendações, de forma a que, no futuro próximo, possa esta investigação ser prosseguida de forma a aprofundar a temática. Apresenta-se ainda uma linha de propostas que poderá ajudar na seriação e resolução do problema.



# 2

## ESTADO DO CONHECIMENTO

### 2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Como introdução ao estudo, considera-se de grande relevância:

- Proceder à contextualização histórica (subcapítulo 2.2.)
- Clarificar alguns conceitos relativos à acústica.
  - Acústica em edifícios (subcapítulo 2.3.)
  - Qualidade acústica interior (subcapítulo 2.4.)
  - Propagação do som (subcapítulo 2.5.)
  - Tempo de reverberação (subcapítulo 2.6.)
  - Isolamento acústico (subcapítulo 2.7.)
  - Problemas auditivos (subcapítulo 2.8.)

### 2.2. CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA

#### 2.2.1. PERÍODO GRECO-ROMANO

A origem da música perde-se nos tempos.

Comprova-se a existência de instrumentos musicais já em 13 000 AC, sendo a compreensão da música e harmonia datada pelo menos de 3000 AC, altura em que o filósofo chinês Fohi escreveu duas monografias sobre o assunto.

Na antiga Grécia, por 330 AC, já se construíam anfiteatros ao ar livre, em semicírculo, em resposta aos públicos que procuravam espetáculos musicais e outros entretenimentos. Estas estruturas eram construídas em encostas, permitindo aumentar a inteligibilidade dos oradores e proporcionar um grande melhoramento acústico do espaço. Estes anfiteatros tinham capacidade para, aproximadamente 17000 pessoas e todas podiam ouvir com clareza os sons produzidos no centro.

Os primeiros conhecimentos de acústica vêm então da civilização Grega. De facto, apesar de no segundo e terceiro milénios antes de Cristo, o conhecimento científico já considerar a geometria e a matemática em geral, estas não tinham sido usados no estudo da acústica.

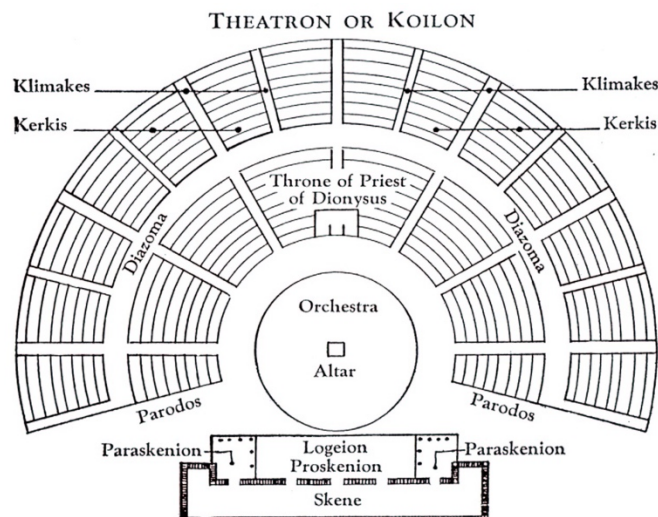


Figura 2.2 – Teatro Grego (*The Greek Theater*, [s.d.])

Pitágoras, filósofo e matemático grego, (570-495 AC) contribuiu positivamente no desenvolvimento da acústica introduzindo teorias de música e harmonia. Aliás, mil anos mais tarde, Boethius (480-528 DC), estudante romano, constatou que o matemático Pitágoras teria sido o responsável pela descoberta da relação entre os pesos de martelos e as frequências naturais de vibração. Boethius teorizou também que Pitágoras verificara que a vibração de cordas esticadas, tubos, conchas e vasos cheios (de água) desencadeava sons que formavam uma melodia agradável.

Em relação às edificações destinadas à apresentação de espetáculos – nomeadamente musicais – é de referir que durante a Antiguidade Romana os anfiteatros, criados anteriormente pelos Gregos, foram modificados com a sua ampliação para estruturas circulares. Foram desenvolvidos com a criação de plateias em 360°, rodeando um palco de representação.

### 2.2.2. PERÍODO GÓTICO

Durante o Gótico, séculos XII a XV, a acústica arquitetónica desenvolveu-se com a construção de igrejas com naves com altura superior a trinta metros. Estas estruturas conferiram aos espaços um alto tempo de reverberação. A música “angélica” – que até aí se considerava “vinda de Deus” – passou a ser comum.

### 2.2.3. PERÍODO RENASCENTISTA

O período renascentista (séc. XV a XVII) conhecido pelo reaparecimento da arte, comércio (devido à época dos descobrimentos), teve início no norte de Itália espalhando-se, mais tarde, por toda a Europa.

A evolução da música, nesses anos, deu espaço ao aparecimento de novos géneros musicais. Construíram-se igrejas em grande número e reaparecem os teatros em Itália, mais ou menos onde a evolução Romana os tinha deixado. Por outras palavras, a evolução na construção de teatro parou no final do Império Romano, tendo sido retomada um milhar de anos mais tarde. Assim, a plateia volta a ser semicircular, seguindo o padrão clássico, e a zona do palco adquire espaços distintos para a orquestra e para a representação cénica.

Em 1588, Scamozzi com o projeto do *Teatro all' Antica* em Sabbioneta (fig 2.1), alterou o modelo clássico romano. O semicírculo de plateia adquiriu a forma de “U”. O palco, propriamente dito, foi removido. A perspectiva de observação da cena, que era de múltiplos pontos, passou a ser dirigida quase apenas de um ponto.



Figura 2.3 – Interior do teatro all' Antica, Itália (*Teatro All'Antica - Comune di Sabbioneta (MN)*, [s.d.])

Na segunda metade do século XVI, em Inglaterra, James Burdage criou um modelo de teatro com paredes altas, onde estava a plateia, e com o palco no centro do edifício (Fig. 2.3.). As paredes altas proporcionavam uma maior reflexão do som. O espaço destinado à representação era ao ar livre, o que permitia uma diminuição dos tempos de reverberação. O ruído exterior não era problema devido à altura das paredes que cercavam o palco.

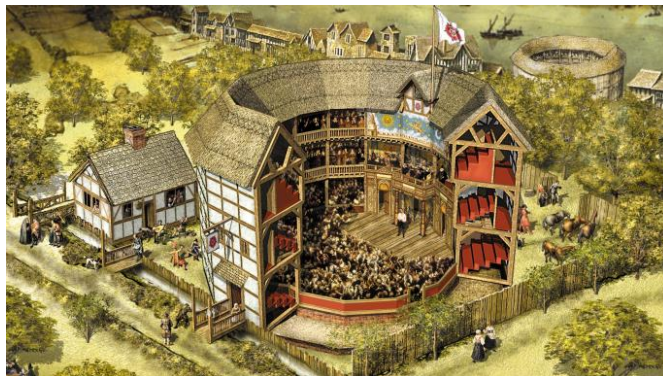


Figura 2.4 – Teatro tradicional na segunda metade do século XVI (*Shakespeare's Rose theatre to stage a dramatic return from the depths | News | The Times*, [s.d.])

#### 2.2.4. PERÍODO BARROCO

Por volta do ano de 1637 começaram a aparecer em Itália as primeiras salas de ópera. A sua arquitetura acústica, baseada em influências do passado, continha a plateia em forma de “U”, com os camarotes perimetrais em cada piso. A orquestra que, numa primeira fase se situava atrás do palco, evoluiu para a sua parte inferior, tal como a conhecemos nos dias de hoje. Esta veio a ser a estrutura arquitetónica das salas de espetáculo italianas; em duzentos anos sofreu pequenas alterações.

Por esta altura, construíram-se as primeiras salas com propósito específico de serem usadas para concertos, sendo que, ainda assim, já anteriormente houvesse preocupação com a acústica, como vimos.

#### 2.2.5. PERÍODO CLÁSSICO

No período clássico, a partir de meados do século XVIII, em Inglaterra, construíram-se os primeiros teatros não destinados à ópera, conforme se fazia em Itália até então.

Dois imigrantes - Carl Friedrich (1723-1787) e Johann Christian Bach (1735-1782), o filho mais novo de Johann Sebastian Bach, - juntamente com Giovanni Andrea Gallini que foi investidor do projeto, contruíram entre os anos 1773 e 1775 o *Hanover Square Rooms*, que mais tarde veio a ser a mais conhecida sala de concertos de Londres. Em relação à atualidade, as salas de concertos eram, naturalmente, bem mais pequenas; tinham espaço para entre 400 e 600 pessoas e os tempos de reverberação rondavam os 1,5 segundos.

Apesar da ópera ser, na altura, o centro de todas as atenções culturais em Itália, as salas de espetáculos sofreram um lento desenvolvimento. Em 1778 abriu em Milão o *Teatro alla Scala*, onde a plateia apresentava a forma de uma ferradura de cavalo. Ou seja, a forma de “U” foi mantida, mas ligeiramente arredondada. Os camarotes laterais absorviam apenas 40% do som, refletindo o restante para a sala. O existente baixo tempo de reverberação de cerca de 1,2 segundos proporcionava à sala uma boa inteligibilidade.

#### 2.2.6. PERÍODO ROMÂNTICO

Até ao século XIX, naturalmente, já se tinham projetado, e construído, salas com exigências acústicas bastante elevadas. Contudo, estas eram sempre baseadas em obras precursoras, sendo realizadas apenas melhoramentos.

A frustração dos arquitetos da época pode ser resumida nas palavras do arquiteto Jean Louis Charles Garnier (1825-1898), responsável pelo projeto da Ópera de Paris: *“I gave myself pains to master this bizarre science [of acoustics] but ...nowhere did I find a positive rule to guide me; on the contrary, nothing but contradictory statements. I must explain that I have adopted no principle, that my plan has been based on no theory, and that I leave success or failure to chance alone. Like an acrobat who closes his eyes and clings to the ropes of an ascending balloon”*, onde diz que os seus projetos não seguiam conceitos reais, sendo o plano baseado em teorias que podiam ou não resultar.



Todas as salas de espetáculos estudadas por (Long, 2005), apresentam características semelhantes e exemplificativas do período, à exceção do Concertgebouw:

- Concertgebouw, Amesterdão, Países Baixos
- Grosser Musikvereinssaal, Viena, Áustria
- Neues Gewandhaus, Leipzig, Alemanha
- Concert Hall, Stadt Casino, Basileia, Suíça
- Festspielhaus, Bayreuth, Germany

Normalmente, estas salas eram retangulares e estreitas, com pavimentos planos, estando a orquestra situada acima da plateia, sobre uma plataforma de madeira. A orquestra estava então localizada na sala principal e não por detrás do palco.

As salas que foram objeto de estudo eram muito ornamentadas: havia varandas pendentes, janelas embutidas, estátuas, órgãos e lustres que serviam de elementos difusores do som. Nos tetos havia elementos construtivos de concavidades pronunciadas, em madeira e argamassa, o que tinha efeito na performance acústica. O pé direito tinha, normalmente, 15 metros.

Em relação aos padrões modernos, a capacidade destas salas não era grande. Os lugares sentados estavam muito próximos entre si, sem espaço de desafogo relativamente às paredes laterais ou à orquestra.

Atrás da orquestra havia uma superfície refletora dura de forma a projetar o som para a frente, principalmente as baixas frequências. Havia uma ausência de apainelamentos com madeira de pequena espessura, embora, em dada altura o apainelamento tivesse sido desejável, sob o ponto de vista acústico, considerando-se, em teoria, que a sala seria, também ela, um instrumento musical.

As salas estudadas por Long tinham um desempenho acústico excelente e tornaram-se modelos seguidos no que respeita à edificação de salas de concerto, nos tempos que se seguiram.

#### 2.2.7. PRIMÓRDIOS DA ACÚSTICA MODERNA

Com o início do século XIX chegaram os primeiros estudos acústicos e a sua publicação, através de livros técnicos. Em 1877, John W. Strutt, Lord Rayleigh, publicou o primeiro de dois volumes de um dos mais reconhecidos livros na área da acústica, “Teoria do Som” (*Theory of Sound*), onde se reunia um conjunto de artigos técnicos, seguidos de conceitos e explicações do autor.

Por volta da mesma altura, em 1874, na Alemanha, Ernst W. von Siemens patenteou a - agora vulgar - coluna de som (loudspeaker).

Dois anos depois, em 1876, Alexander Graham Bell patenteou o telefone, onde foi pela primeira vez aplicado um microfone.

Por fim, em 1877, Thomas A. Edison inventou o fonógrafo. A partir desta década, a indústria telefónica e musical começou a evoluir rapidamente.

No final do século XIX, início do século XX, Wallace Clement Sabine (1868-1919), considerado o pioneiro da arquitetura acústica (*architectural acoustics*), iniciou vários estudos, em três diferentes auditórios da Universidade de Harvard, com o objetivo de entender as razões que levavam a uma melhor ou pior perceção e entendimento do discurso humano numa sala. Tais estudos foram realizados com o propósito de corrigir acusticamente o auditório do Fogg Art Museum, o qual foi concluído em 1895.

Os estudos de Sabine, permitiram-lhe chegar à primeira teoria da absorção sonora dos materiais, a sua relação com o *decay* da sala e à fórmula para chegar ao tempo de reverberação.

#### 2.2.8. SÉCULO XX

Foi já no século XX que a arquitetura acústica foi reconhecida como uma ciência e arte, em simultâneo.

Apesar do desenvolvimento, do domínio dos conceitos acústicos e da publicação de vários artigos científicos, existem ainda salas de espetáculo de difícil resolução a nível acústico. Os desafios mais comuns nas salas acústicas passam pelo controlo de ruído e vibração, bem como a melhoria da performance através da utilização de materiais acústicos diferenciados.

Atualmente, a precisão e qualidade que é possível obter na reprodução e gravação de música será de difícil superação nas atuações ao vivo. Esta situação deve-se ao grande desenvolvimento tecnológico de colunas de som, altifalantes, monitores, microfones, entre outros equipamentos.

Ironicamente, o melhor conhecimento do comportamento das salas de espetáculos, permitiu que com o alto desenvolvimento tecnológico na área da eletroacústica se possa agora ter em casa uma qualidade sonora tão boa ou melhor que em algumas salas de espetáculo. (Long, 2005)

### 2.3. ACÚSTICA EM EDIFÍCIOS

O termo “acústica” é definido por “geração, transmissão e receção de energia na forma de vibrações” (Kinsler *et al.*, 1999).

Acústica é a ciência que estuda o som, entendendo-se por *som* o efeito provocado por ondulações e perturbações do ar, atingindo o ouvido humano ou um microfone colocado em determinado ponto.

Em particular, a acústica em edifícios refere-se, como a própria palavra indica, a casos específicos de comportamento do som em edifícios, tais como salas acústicas (Mak e Wang, 2015).

O estudo da acústica dos edifícios tem grande relevância enquanto parâmetro com implicações na qualidade ambiental e conforto no interior.

Será de enorme importância o controle do ruído nos edifícios de fora para dentro, e também desde o interior, sendo esse o âmbito do estudo acústico do edificado.

O estudo reporta a múltiplos fatores e variantes:

- transmissão do som (via aérea ou estrutural);
- isolamento de ruído; absorção do som;
- controlo de ruído e efeito do som na saúde;
- conforto e produtividade dos ocupantes

(Mak, 2015)

Alguns destes conceitos como transmissão do som, isolamento acústico de ruído e saúde serão desenvolvidos, posteriormente, neste capítulo.

## **2.4. QUALIDADE ACÚSTICA INTERIOR**

O conforto acústico será “o estado de satisfação para com as condições acústicas de um certo espaço” (“a state of contentment with acoustic conditions”), (Navai e Veitch, 2003). Contudo, este termo não é frequentemente usado. Uma boa acústica está normalmente relacionada com a prevenção de desconforto, ou seja, evitar que apareçam ruídos ou ecos que provoquem mau estar num dado compartimento.

Neste sentido, quando se planeia a construção de um espaço que virá a ser ocupado por pessoas, pretende-se que o ruído nocivo, proveniente do exterior, seja tão impercetível quanto possível, de forma a proporcionar um ambiente de concentração, eventualmente propício para o trabalho.

De início, os métodos de avaliação de ruído de fundo eram utilizados para identificar a intensidade de volume sonoro existente na sala, de forma a corrigir problemas existentes. Contudo, com o desenvolvimento dos processos, tornou-se possível utilizá-los, não só como sistemas avaliadores, mas também como auxiliares no processo de desenho, com o objetivo de proporcionar, desde o início, um ambiente acústico aceitável. (Miranda, 2006)

Para a avaliação da qualidade acústica de espaços fechados utilizam-se, principalmente, 3 critérios:

- Critério de curvas de ruído (Noise Criteria (NC) curves);
- Critério das curvas de sala (Room Criteria (RC) curves);
- Critério do balanço de ruído (Balanced Noise Criteria (NCB) curves).

O último destes critérios terá maior relevância uma vez que considera um maior intervalo de frequências. (Miranda, 2006)

**Noise Criteria curves (NC):** Critério de medição de ruído desenvolvido por Beranek em 1957 para estabelecer condições de inteligibilidade satisfatórias. (Long, 2005)

**Room Criteria curves (RC):** mais tarde, em 1982, Blazier desenvolveu um conjunto de curvas referentes ao ruído produzido por tubos de aquecimento, condutas de ventilação e ar condicionado (AVAC) em ambiente de escritórios. (Long, 2005)

**Balanced Noise Criteria:** Beranek em 1989 apresentou este método de medição de ruído, baseado no NC, mas relativo a medições por terço de Otava. (Long, 2005)

## 2.5. PROPAGAÇÃO DO SOM

No contexto desta dissertação - situação mais comum - limita-se o estudo ao fenómeno da propagação do som no ar, a qual se dá sobre a forma de ondas concêntricas, sendo a fonte sonora o centro das mesmas.

A propagação do som dá-se através da excitação ou vibração de um meio elástico - no ar traduz-se através da variação de pressão - estimulado por uma fonte sonora. Este emissor - que pode ser a voz, altifalantes, etc. – transmite-se às moléculas adjacentes até chegar ao ouvido (receção). Assim se criam zonas de compressão e rarefação de moléculas propagando-se no espaço.

Se o resultado dessa perturbação for positivo e agradável ao ouvido humano temos *som*, caso contrário temos *ruído* (Carvalho, 2007).

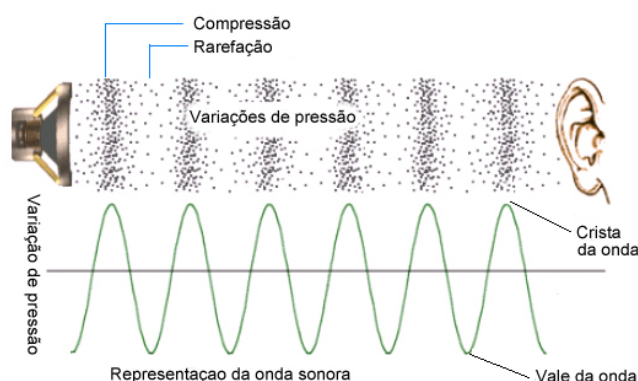


Figura 2.5 – Esquema de transmissão sonora (Teixeira Da Silva, Oliveira Groenwald e Homa, 2017)

## 2.6. CONCEITOS TEÓRICOS PRINCIPAIS

### 2.6.1. TEMPO DE REVERBERAÇÃO

Num dado compartimento em que exista uma fonte sonora em funcionamento haverá a propagação de ondas **diretas** e **refletidas**. Considera-se conveniente clarificar estes dois conceitos, que estão associados ao tempo de reverberação.

A propagação das ondas diretas dá-se em linha reta até atingirem o recetor. As ondas refletidas, como o próprio nome indica, atingem o recetor após várias reflexões em elementos da sala. (Carvalho, 2007)

Segundo Carvalho (Carvalho, 2007), as ondas refletidas são sequência de ondas diretas, as quais chegam sucessivamente ao ouvido do recetor e que, por sua vez, vão perdendo energia. Tal acontece, não só pela absorção dos elementos da sala, como paredes e móveis, mas também pela absorção do ar.

Entende-se por tempo de reverberação o intervalo de tempo (em segundos) que um dado som demora a extinguir-se por completo, num dado local, após múltiplas reflexões. Em termos técnicos é o tempo que um certo som demora a decair 60dB desde que a fonte sonora para de o emitir.

Em situações práticas é raro conseguir-se um decaimento de 60 dB, uma vez que o ruído de fundo se sobrepõe à extinção pretendida. Assim o mais habitual é realizar o ensaio de forma a obter um decaimento de 30 dB ou mesmo 20 dB, extrapolando o valor até se obter o pretendido decaimento de 60 dB.

Para a medição do tempo de reverberação, ensaio que se apresenta na seguinte dissertação, utiliza-se uma fonte sonora potente como: altifalantes, pistolas, balões, etc. De seguida, com o recurso a um sonómetro efetua-se a medição do tempo de extinção do som.

## 2.6.2. ISOLAMENTO ACÚSTICO

Entende-se por isolamento acústico a aplicação de medidas utilizadas para diminuir a energia sonora, transmitida entre recintos. Por outro lado, o acondicionamento acústico está diretamente ligado com a energia refletida (Caballol, 2018) e não terá tanto interesse para este estudo.

O procedimento utilizado nos dias de hoje para a caracterização do isolamento sonoro dos elementos de compartimentação dos edifícios - como paredes, chão e teto - assenta, numa primeira fase, na obtenção de uma descrição das perdas de transmissão sonora entre os espaços.

O índice de isolamento sonoro respeitante a sons aéreos determina-se por comparação com a descrição convencional de referência presente na Norma EN ISO 717-1. Desta forma, sobrepoem-se esta convenção com os valores da diferença dos níveis de pressão sonora entre recintos emissor e recetor, corrigidos com o ruído de fundo existente na receção, de forma a que o valor médio do desvio no sentido desfavorável (igual à soma dos desvios desfavoráveis dividida pelo número total de bandas de frequência) seja o mais elevado possível, não devendo ultrapassar os 2 dB. O índice de isolamento corresponde ao valor da ordenada para os 500 Hz. (Imperialum, 2018)

Segundo (Ferreira, 2017), hoje em dia, o conforto acústico de habitações é tido muito em conta aquando da sua escolha. É neste sentido que o isolamento de fachadas se revela bastante importante: é um fator determinante na acústica do compartimento.

No caso de fachadas, é importante ter presente que a sua composição, compreendendo elementos opacos e translúcidos, como janelas e portas, influencia a transmissão sonora. Os elementos translúcidos estão diretamente relacionados com a permeabilidade do ar e ventilação natural, fator que influencia acusticamente as habitações.

Nos dias de hoje, a construção de edifícios com fachadas envidraçadas tem vindo a aumentar rapidamente e por isso a necessidade de resposta do mercado para solucionar este tipo de problemas terá que acompanhar esta evolução.

O estudo realizado pelo engenheiro F. del Ama Gonzalo e pelo arquiteto A. Sánchez Gutiérrez, na Escola de Jornalismo da Universidade de Castilla La Mancha, comprova a eficácia acústica de um dos inovadores materiais que está agora no mercado.

O *Active Glass curtain wall*, como é chamado, é utilizado em fachadas envidraçadas de grande comprimento e é composto por um painel de 3 camadas de vidro com duas câmaras, uma delas de ar e a outra com água. As suas características permitem melhorar o desempenho em cerca de 8-10 dB(A), quando comparados com os tradicionais painéis de vidro utilizados para este tipo de situações. (Gutiérrez e Gonzalo, 2012)

Por vezes poderá ser difícil detetar o nível de isolamento acústico existente num dado elemento e identificar os pontos críticos; nada que uma audição bastante bem treinada não possa resolver. Contudo, (Latour, 2017) realizou uma proposta baseada em matrizes de intensidade sonora combinada com um algoritmo guia de cores de forma a identificar pontos críticos acústicos e assim se poder “visualizá-los”.

Outros conceitos como pressão sonora, isolamento bruto e isolamento sonoro padronizado serão desenvolvidos no capítulo 3 por se achar mais conveniente enquadrar na metodologia desenvolvida.

## 2.7. CONTEXTUALIZAÇÃO DA PROBLEMÁTICA EM ESTUDO

### 2.7.1. PROBLEMAS AUDITIVOS

A grande exposição a ambientes onde o nível de intensidade sonora seja elevado, bem como a audição de música a um volume exagerado podem levar a sérios problemas de audição (Billings, 2000).

Em concreto, neste estudo consideram-se os problemas de audição frequentes, tanto em pessoas que frequentam regularmente espaços como discotecas e bares, como nos trabalhadores dos respetivos locais.

A exposição crónica a níveis de pressão sonora entre os 90 dB e os 140 dB leva, frequentemente, a alterações na cóclea e consecutivamente a perda progressiva de audição, *Noise-induced hearing loss* (NIHL) (Bray, Szymański e Mills, 2004).

O estudo realizado por (Bray, Szymański e Mills, 2004) revela que níveis de intensidade sonora de 108 dBA são frequentemente encontrados em espaços lúdicos de diversão noturna. Além disso, segundo estudo realizado por (Sadhra *et al.*, 2002) alguns bares e discotecas chegam mesmo aos 124 dBA.

No estudo efetuado por (Bray, Szymański e Mills, 2004) com 23 *disc jockeys* (DJs), 61% seguiam parâmetros normais de audição; 13% apresentam inícios de perda auditiva; 17% apresenta perda sensorial, ou seja, perda da percepção auditiva e, por fim, os restantes 9% já apresentavam perfuração da membrana auditiva desde os tempos de infância.

O estudo teve como base a realização de um questionário relacionado com sintomas, realização de testes auditivos a todos os estudados e considerou ainda a medição do nível de pressão sonora que chegava ao ouvido de cada um dos DJs, durante as várias atuações (*sets*).

Do mesmo modo, outros trabalhadores de discotecas e bares, como empregados de mesa ou *barmen* estão também expostos a possíveis problemas.

À semelhança do anterior estudo, (Gunderson, Moline e Catalano, 1997) mediram o nível de pressão sonora de 8 diferentes discotecas e realizaram questionários de exposição sonora a 31 empregados. A média de pressão sonora medida era tão elevada como 94,9 dBA a 106,7 dBA; ainda assim, apenas 16% dos empregados usavam proteções auditivas. Deste modo foi possível concluir que o número elevado de horas de exposição a altos níveis som constitui um risco elevado de saúde também para os empregados das discotecas e bares. Problemas como o aparecimento de zumbidos constantes e a perda progressiva da audição poderão ser frequentes.

### 2.7.2. LOCALIZAÇÃO DAS DISCOTECAS E BARES NAS CIDADES

A localização dos espaços lúdicos deverá ser um aspeto a ter-se em consideração na altura de planear o negócio.

No caso da cidade no Porto, muitas vezes os espaços lúdicos estão em zonas residenciais, o que leva a queixas dos habitantes em consequência do ruído. A situação ideal, permitindo compatibilizar horários, será colocar os negócios noturnos nas zonas ocupadas por edifícios de escritórios, funcionando apenas durante o dia.

Segundo o estudo realizado sobre a localização das discotecas na cidade de Nova Iorque, (Crim, 2008) conclui-se que este fator depende de muitos outros parâmetros como: acessibilidade; espaço disponível e a localização de negócios semelhantes. Ainda assim, assegurar a inexistência de espaços lúdicos noturnos em zonas residenciais, será uma medida relevante no planeamento da cidade.

## 2.8. BIBLIOMETRIA

A realização da pesquisa científica para este trabalho tem como base principal a consulta de artigos científicos publicados, monografias, teses de mestrado e documentos normativos.

Através dos artigos consultados foi possível entender com maior detalhe o conceito de acústica nos edifícios, a sua qualidade enquanto espaço e os problemas que estes poderão ter na saúde das pessoas quando não são tratados e trabalhados. As monografias foram importantes na pesquisa e compreensão dos conceitos técnicos como a propagação do som e o tempo de reverberação.

As normas estudadas foram relevantes para a compreensão dos estudos a realizar nos diferentes espaços, bem como as suas implicações para os fazer em conformidade com o pretendido.

Os artigos referenciados bibliograficamente foram publicados em revistas e jornais conceituadas da área da Engenharia Civil, Arquitetura Acústica e ainda Medicina:

- 2 retirados da coletânea de artigos *Building and Environment*
- 1 publicado na revista *C&T (Ciencia & Trabajo)* da Fundação Científica e Tecnológica do Chile
- 2 em *Journal of Acoustical Society of America*
- 1 em *Journal of Laryngology & Otology, Cambridge*
- 1 em *The Annals of Occupational Hygiene*
- 1 em *American Journal of Industrial medicine*
- 1 em *Acoustic Satisfaction Review*

E ainda monografias e teses de mestrado relacionados, diretamente, com o tema da acústica:

- *Fundamentals of Acoustics*
- *Architectural Acoustics*
- *Texto de Apoio à Disciplina de Acústica Ambiental e de Edifícios*
- *Developing a theory of nightclub location choice* (Dissertação de Mestrado da Massachusetts Institute of Technology, MIT)

Após a anterior distribuição por referência, será interessante fazer uma distribuição por anos de publicação na medida a entender o nível de atualidade dos mesmos.

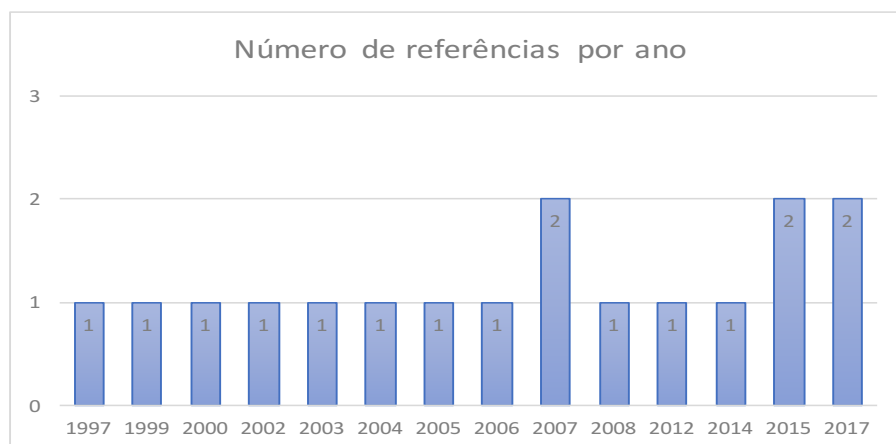


Figura 2.6 – Número de referência bibliográficas por ano de publicação

De modo a entender a necessidade de foco de cada um dos assuntos de pesquisa que encaminham o trabalho de dissertação, apresenta-se a figura 2.7.

A análise do mesmo permite entender que a informação relacionada com os problemas auditivos se encontra disponibilizada em abundância. Assim, esta dissertação é dedicada ao estudo de desempenho acústico de discotecas e bares, de forma a identificar problemas existentes, com o objetivo de serem corrigidos, proporcionando um melhor conforto aos utentes.

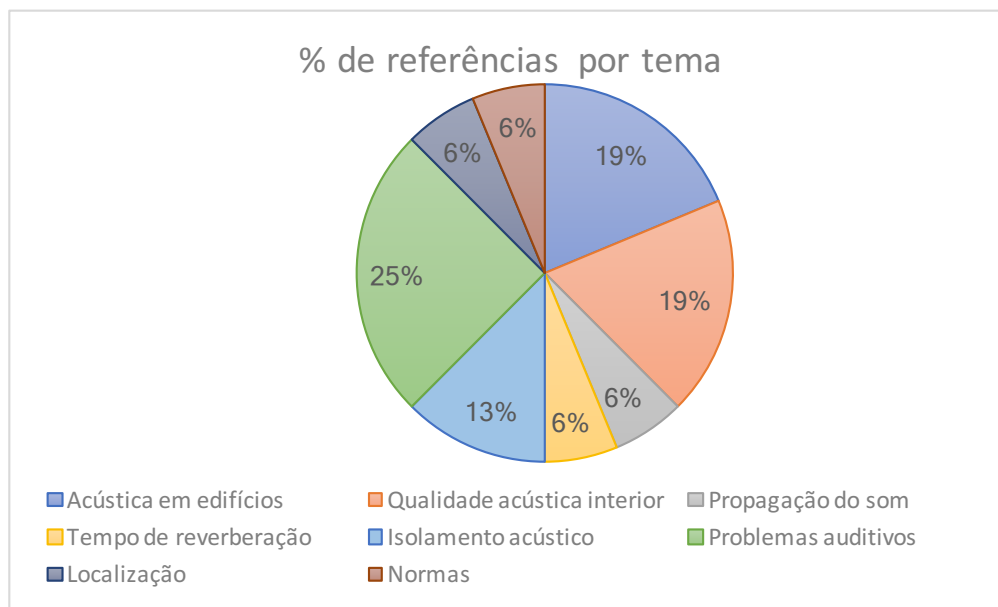


Figura 2.7 – Percentagem de referência bibliográficas por tema



Por último, apresenta-se uma distribuição por países, de modo a se ter uma perceção dos centros de conhecimento que onde o estudo da acústica de edifícios - em particular naquilo que mais se relaciona com a presente dissertação – adquire maior importância, com maior tempo de investigação.

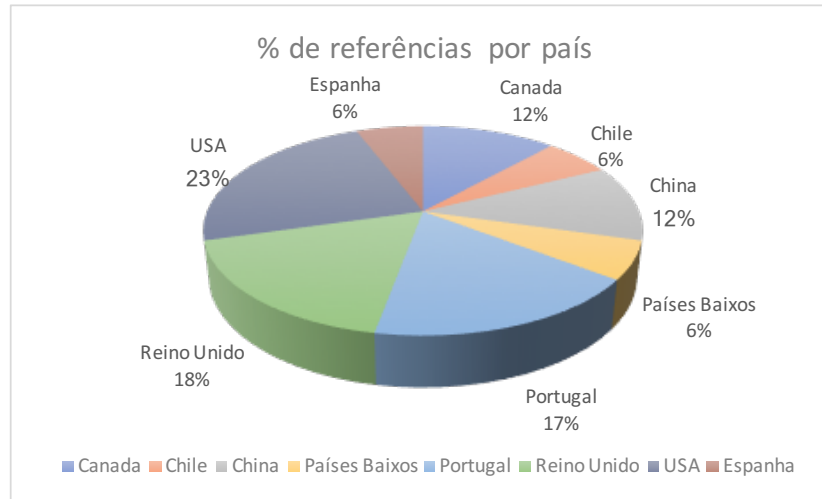


Figura 2.8 – Percentagem de referência bibliográficas por país

De seguida, realiza-se um pequeno resumo de cada artigo consultado para uma melhor compreensão e consulta do leitor.

O livro *Fundamental of acoustics de* (Kinsler *et al.*, 1999) apresenta, descreve e explica vários conceitos relacionados com o som e a acústica, como: Origem do som através de vibrações de partículas do ar, absorção e atenuação do som, ruído e discurso através da inteligibilidade, entre outros.

O artigo: “*Recent advances in building acoustics: An overview of prediction methods and their applications*” refere métodos analíticos, empíricos e numéricos usados para prever o comportamento acústico em edifícios. (Mak e Wang, 2015)

Cheuk Ming Mak analisa e descreve a influência que o ruído tem nas pessoas e importância que a acústica de edifícios dispõe para a resolução deste tipo de problemas. (Mak, 2015)

O estudo realizado por Manna Navai e Jennifer A. Veitch relaciona a acústica existente num escritório open-space com a qualidade de trabalho e satisfação dos trabalhadores. (Navai e Veitch, 2003)

O artigo “*Ruido: Efectos sobre la salud y criterio de su evaluación al interior de recintos*” foi importante para perceber o efeito do ruído na saúde das pessoas, bem como a sua relação com o interior de cada recinto. (Miranda, 2006)

O livro de Marshall Long foi fundamental para entender o processo evolutivo da arquitetura acústica, e os conceitos práticos ligados à influência da arquitetura na acústica dos espaços. (Long, 2005)

Os textos de apoio do professor António Pedro Oliveira de Carvalho explicam os conceitos básicos da acústica, importantes para uma primeira abordagem do mundo da acústica. (Carvalho, 2007)

Diogo M. Ferreira apresenta, neste artigo, sobre o desempenho acústico de fachadas, relacionando-as com o conforto térmico. (Ferreira, 2017)

O artigo: “*Using color mapping of sound intensity measurement to detect and identify sound isolation weak spots*” considera-se de especial relevância por estudar e identificar os pontos acusticamente fracos através de um mapa de cores. Este sistema permite identificar das salas que menos absorvem a intensidade sonora. (Latour, 2017)

O estudo realizado por B. Billings foi importante para perceber o quão grave poderá ser para uma pessoa estar exposta a elevados níveis de pressão sonora durante bastante tempo. (Billings, 2000)

Adam Bray, Marcin Szymański e Robert Mills realizaram um estudo a distintos disc jockeys de forma a avaliar problemas relacionados com a perda de audição, relacionada com a alta exposição a intensidade de som elevadas. (Bray, Szymański e Mills, 2004)

O estudo “*Noise exposure and hearing loss among student employees working in university entertainment venues*” com empregados de estabelecimentos em que o som seja amplificado. Com a investigação os autores pretendiam estimar a intensidade sonora média destes espaços, bem como os valores limite temporários e os valores limite audição dos trabalhadores. (Sadhra *et al.*, 2002)

Seguindo o assunto anterior, Erik Gunderson, Jacqueline Moline e Peter Catalano realizaram um estudo focado na perda auditiva por parte dos empregados de discotecas, provocadas pela exposição a elevada intensidade sonora. (Gunderson, Moline e Catalano, 1997)

Stephen J. Crim dedicou a sua tese de mestrado à preferível localização de discotecas da cidade de Nova Iorque, bem como os critérios que influenciavam a escolha do local. (Crim, 2008)

A. Sánchez Gutiérrez e F. del Ama Gaonzalo apresentaram ao VIII congresso ibero-americano de acústica o inovador material de isolamento acústico de fachadas composto por 3 camadas de vidro e 2 câmaras, uma delas com a água. (Gutiérrez e Gonzalo, 2012)

# 3

## MÉTODO EXPERIMENTAL

### 3.1. DESCRIÇÃO DO MÉTODO EXPERIMENTAL

A medição *in situ* do isolamento a sons de condução aérea em edifícios deve ser realizada em conformidade com o documento normativo NP EN ISO 16283-1 elaborado pelo “Instituto Português da Qualidade”. Seguindo a normativa é possível fiscalizar se os edifícios e espaços estão construídos, em conformidade com as leis exigidas, sob o ponto de vista da acústica.

Segundo a norma, o isolamento de fachada é medido com o recurso a uma fonte sonora colocada no exterior do espaço em estudo (emissão), onde é medida a pressão sonora. Seguida da medição dos níveis de pressão sonora no interior do espaço (recepção), que depois de corrigidos são subtraídos aos valores da emissão.

A presente dissertação estuda casos particulares de bares e discotecas. O som produzido no seu interior chega a atingir altos níveis de pressão sonora. Ora, é neste sentido que se considera importante realizar, para além do ensaio descrito anteriormente, uma outra modalidade: com a fonte sonora no interior do espaço. Estes outros ensaios serão referidos com mais detalhe no subcapítulo 3.4. Pretende-se, desta forma, simular os casos reais de transmissão sonora, desde o interior do espaço, para o exterior.

Nos casos, ditos comuns, de isolamento acústico em habitações, pretendem-se proteger os espaços interiores do ruído exterior, como o provocado por pessoas nas ruas e pelo tráfego automóvel.

No caso particular em estudo, pretende-se que o som seja reduzido antes que se propague para o exterior, ou seja, considerando que no interior das discotecas e bares são emitidos altos níveis de pressão sonora (por volta dos 100 dBA), será importante proteger o exterior dos espaços evitando que o som se propague para o interior das habitações vizinhas.

Deste modo, pretende-se realizar ensaios semelhantes ao normalizado, mas com a coluna no interior do espaço, de forma a simular a situação real do quotidiano destes espaços lúdicos. Teoricamente, os valores do isolamento deverão ser iguais, contudo as condições em que são realizadas as medições podem ser alteradas levando a algumas diferenças.

Esta parte da norma ISO 16283-1 especifica o procedimento a seguir para a determinação do isolamento sonoro a sons aéreos entre dois compartimentos através da medição de pressão sonora. Este parâmetro é medido dependente da frequência e pode ser traduzido por um índice numérico unitário, que é obtido de acordo com a norma ISO 717-1.

### 3.1.1. PRESSÃO SONORA

A pressão sonora é a grandeza física utilizada para medir um som em termos de amplitude, em pascal (Pa) e a intensidade sonora ( $\text{W/m}^2$ ) em termos energéticos.

À correspondente importância da sensação auditiva causada por um evento sonoro dá-se, em geral, de um ponto de vista subjetivo e perceptivo a denominação volume de um som (do inglês: *loudness*). O cidadão comum refere-se a intensidade sonora quando pretende identificar o nível de sensação recorrente da maior ou menor pressão sonora a que está submetido. A essa sensação de volume sonoro é em acústica caracterizado por “*loudness*”, como já referido, anteriormente.

Considerando que o limiar de dor num ouvido humano ronda os 200 Pa e que o limiar de audição se situa nos 20 micropascal ( $\mu\text{Pa}$ ), um intervalo de perceção auditiva terá valores entre os 20  $\mu\text{Pa}$  e os 200 Pa, a nível de energia. Este largo intervalo faz com que esta escala não seja prática no que concerne à medição sonora. Além do mais, o ouvido não responde aos estímulos de forma linear, mas sim logarítmica. Assim, em acústica usa-se a função logarítmica de base 10 e o decibel (dB), como unidade de medida, tendo como referência os 20  $\mu\text{Pa}$  do limite de audição.

A medida em decibel representa a relação entre a pressão acústica existente e o limite de audição (capacidade acústica mínima capaz de ser percebida por um ser humano) no valor de 20  $\mu\text{Pa}$ , aplicando-lhe uma escala logarítmica, para melhor se representarem as sensações auditivas humanas.

O ouvido humano é bastante mais sensível às frequências médias e menos às frequências baixas e altas, nesse sentido foi necessário adaptar o nível de pressão sonora, em decibel, aplicando algumas correções de forma a se obterem novos valores ponderados. A ponderação mais utilizada, por melhor refletir a sensibilidade de um ouvido humano, é a curva A, que se expressa em terços de oitava e onde os seus valores aparecem expressos em dBA. É por esta razão que muitas vezes aparecem os níveis de pressão expressos em dB(A). (Caballol, 2018)

### 3.1.2. TEMPO DE REVERBERAÇÃO

A determinação do isolamento sonoro envolve também a medição do tempo de reverberação que, segundo a norma, é o tempo, em segundos, necessário para que o nível de pressão sonora num compartimento decaia 60 dB após o altifalante ser desligado, como já descrito no subcapítulo 3.1.2. É medido com o recurso a um sonómetro utilizando-se como emissor sonoro um som impulsivo, ou uma coluna programada em multifrequência.

### 3.1.3. ISOLAMENTO BRUTO

Numa primeira fase de cálculo, como se explicará no subcapítulo seguinte, determina-se o isolamento bruto que é definido pela diferença de pressão sonora média-energética entre os compartimentos emissor e recetor:

$$D = L_1 - L_2 \quad (1)$$

Sendo:

$L_1$ : nível de pressão sonora média-energética no compartimento emissor

$L_2$ : nível de pressão sonora média-energética no compartimento recetor

### 3.1.4. ISOLAMENTO SONORO PADRONIZADO

O isolamento padronizado é definido, segundo a norma, como a diferença de nível que é padronizada a um valor de referência do tempo de reverberação no compartimento recetor.

$$D_{nT} = D + 10 \log \left( \frac{T}{T_0} \right) \quad (2)$$

Sendo:

$T$ : tempo de reverberação no compartimenot recetor

$T_0$ : tempo de reverberação de referência ( $T_0=0,5s$ )

### 3.2. PARÂMETROS MEDIDOS

Para a realização dos ensaios em que se centra esta dissertação são medidos os valores do nível de pressão sonora no compartimento emissor ( $L_1$ ), produzido pela fonte sonora, e o nível de pressão sonora medido no compartimento recetor ( $L_2$ ).

Este ensaio será realizado, numa primeira fase com a fonte sonora no exterior e numa segunda fase no interior, para assim se poderem comparar os dois valores que, teoricamente, deverão ser iguais. Assim considera-se o seguinte procedimento:

- Fonte colocada no exterior do espaço em estudo
  - Medição da pressão sonora na emissão
  - Medição da pressão sonora na receção
- Fonte colocada no interior do espaço em estudo
  - Medição da pressão sonora na emissão
  - Medição da pressão sonora na receção

Da mesma forma, para a avaliação do isolamento sonoro a sons de condução aérea e, posteriormente, para a breve avaliação acústica do espaço, é importante medir o tempo de reverberação.

### 3.3. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Para a realização dos ensaios *in situ* foi posto à disposição o equipamento fornecido pelo projeto NI&DEA, sediado na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, o qual tem experiência neste tipo de ensaios.

Foi usado o seguinte equipamento:

- Altifalante JBL EON15 G2 e JBL EON (usada como substituta da primeira, devido a avaria)
- Sonómetro Solo 01dB
- Microfone 01dB PRE215 nº 13034
- Computador portátil com o software dBSLM32, para a importação dos dados recolhidos.

A a metodologia utilizada para a realização dos ensaios é descrita posteriormente neste capítulo. As características dos equipamentos são apresentadas em anexo.



Figura 3.9 – Altifalante JBL EON 15 e JBL EON



Figura 3.10 – Sonómetro Solo 01dB



Figura 3.11 – Microfone O1dB PRE215 nº 13034

O altifalante, ligado a um reproduutor de som (dispositivo MP3), através de um cabo XLR - Mini Jack, emite um ruído branco com a intensidade de, aproximadamente, 100dB.

O sonómetro é colocado, normalmente, sobre um tripé de forma a proporcionar maior exatidão, aquando o momento da medição do ruído, exceto em pontos onde existam obstáculos no chão.

O computador portátil é específico devido à compatibilidade do software, dBSLM32, com os sistemas operativos atualmente disponíveis no mercado. Assim, o dispositivo disponibilizado está equipado com o sistema operativo Windows XP que é compatível com o software desenvolvido pela 01dB-METRAVIB Solo.

Porque os ensaios realizados produzem níveis de ruído elevados, utilizam-se proteções auditivas que poderão ser de inserção no ouvido (tampões, *plug*) ou proteção de toda a orelha, fazendo-se o isolamento do ouvido por fora.

### **3.4. DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS DE CAMPO**

Os ensaios de campo realizam-se em 2 fases distintas. Na primeira medem-se os níveis de pressão sonora e na segunda o tempo de reverberação. Em ambas as fases do ensaio se recorre ao sonómetro.

A primeira fase é dividida em 5 situações:

1. Ensaio de isolamento de fachada normalizado
2. Ensaio de isolamento de entrada com emissão no interior e porta fechada
3. Ensaio de isolamento de entrada com emissão no interior e porta aberta
4. Ensaio de isolamento de entrada com emissão no interior e porta encostada
5. Medição dos ruídos de fundo.

A segunda é composta pela medição do tempo de reverberação do espaço.

#### **3.4.1. ENSAIO DE ISOLAMENTO DE FACHADA (EMIÇÃO NO EXTERIOR)**

O primeiro ensaio de campo, em conformidade com a norma EN ISO 16283-1 2014, realiza-se da seguinte forma:

Mantendo-se a porta do espaço fechada, coloca-se a fonte no exterior do espaço a uma distância de 1,0 metros da fachada, com a reprodução de ruído branco a 100 dB, aproximadamente. Fazendo-se imediatamente, as respetivas 10 medições, de aproximadamente 10 segundos cada uma, em duas posições distintas. Deve ter-se em especial atenção a realização alternada das medições entre estes dois pontos, mas mantendo sempre as mesmas posições.

De seguida, ainda com a fonte no exterior do espaço, realizam-se 5 medições de intensidade sonora, numa só posição, também de 10 segundos cada uma; medições essas realizadas no interior do espaço a, aproximadamente, 2,0 metros de distância da fachada. Tal como se ilustra na figura 3.12.

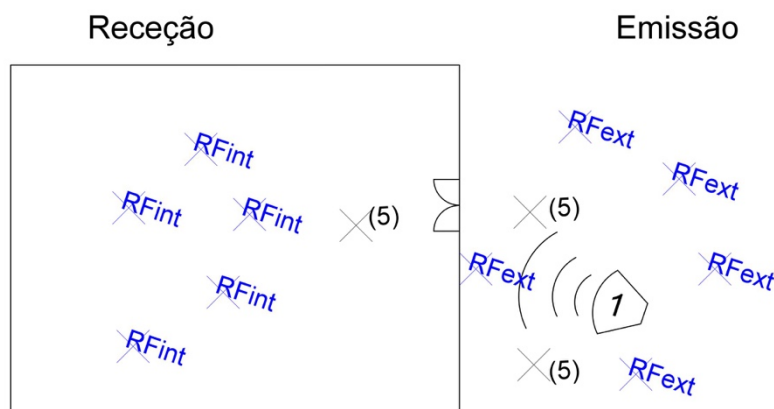


Figura 3.12 – Ensaio da medição da pressão sonora

#### 3.4.2. ENSAIO DE ISOLAMENTO DE ENTRADA COM EMISSÃO NO INTERIOR E PORTA FECHADA

Mantendo a porta do compartimento fechada, à semelhança do caso descrito em 3.4.1, coloca-se a fonte sonora no interior, repetindo-se o procedimento:

Realizam-se, primeiramente, 10 medições no interior do espaço (10 segundos cada uma), com o microfone a, sensivelmente, um metro da fonte sonora e mantendo as duas posições alternadamente. Seguindo-se as 5 medições no exterior, novamente, de 10 segundos cada uma, a uma distância de 2,0 metros da fachada, num ponto só.

#### 3.4.3. ENSAIO DE ISOLAMENTO DE ENTRADA COM EMISSÃO NO INTERIOR E PORTA ABERTA

O procedimento para a realização deste ensaio segue tanto a metodologia descrita em 3.4.2 como as posições, tempos e número de medições indicados na norma EN ISO 16283-1 2014, com a variante de ser alterada a posição da porta, que aqui é aberta na totalidade.

Assim, com a porta aberta emitem-se 100 dB no interior do bar/discoteca e realizam-se as 10 medições no interior seguidas das 5 medições no exterior.

#### 3.4.4. ENSAIO DE ISOLAMENTO DE ENTRADA COM EMISSÃO NO INTERIOR E PORTA ENCOSTADA

Uma vez mais, o terceiro ensaio desta fase com a emissão no interior do bar/discoteca realiza-se da mesma forma que os anteriores, ou seja, colocando-se a porta numa posição intermédia (encostada), com cerca de 1cm de abertura.

Com esta alteração realizam-se, novamente, as 10 medições no interior do espaço e 5 no exterior do mesmo.



### 3.4.5. TEMPO DE REVERBERAÇÃO

É importante efetuar - para a caracterização do espaço e posterior determinação do índice de isolamento sonoro - a medição do tempo de reverberação.

Depois de definida a posição central da sala, onde se produz o som impulsivo (balão), coloca-se o microfone (juntamente com o sonómetro) num ponto da sala. Então efetua-se a medição do T60 para dois diferentes ensaios. De seguida, altera-se a posição do microfone e realiza-se o procedimento por mais duas vezes em duas diferentes posições na sala, perfazendo um total de 6 medições para 3 distintas posições do microfone.

As posições escolhidas para colocar o microfone não deverão ser simétricas na sala e deverão abranger a maior área possível.

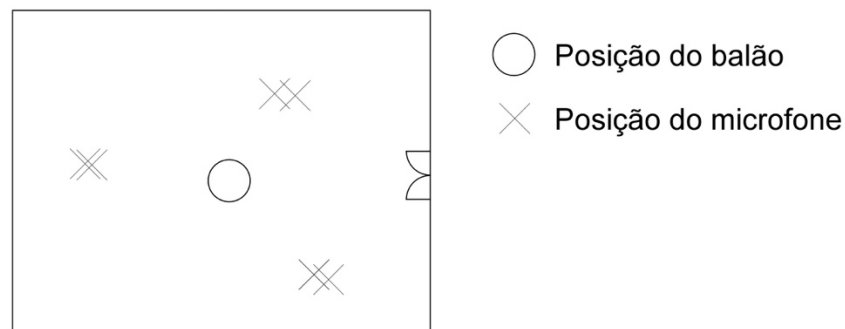


Figura 3.13 – Ensaio para a medição do tempo de reverberação

Todo este procedimento segue a Norma Portuguesa EN ISO 16283-1 2014.

### 3.4.6. MEDIÇÃO DOS RUÍDOS DE FUNDO

Os ruídos de fundo medidos são considerados, posteriormente, para potenciais correções/ajustes de cálculo. Existem situações em que o ruído de fundo interfere com as medições realizadas, confundindo-se com o ruído emitido.

O ruído de fundo deve ser medido sempre no local de receção: ou seja, para a emissão no exterior o espaço de receção será o interior do bar/discoteca. Aquando da emissão no interior, o espaço de receção será o exterior do bar/discoteca.

Para a medição do ruído de fundo, no interior como no exterior, são escolhidos 5 pontos, aleatoriamente, onde se faz a medição do nível de pressão sonora

Esta variante com a emissão no interior, apesar de não ser obrigada pela norma, como dito anteriormente no subcapítulo 3.1, é realizada com o objetivo de comparar os dois valores de isolamento sonoro – “de fora para dentro e de dentro para fora” – que teoricamente deverão ser iguais.

Como o caso de estudo se centra, especificamente, em discotecas e bares é relevante fazer este tipo de avaliação, uma vez que ao contrário das situações comuns em que se pretende proteger os espaços interiores dos ruídos exteriores, nestes casos pretende-se proteger o exterior (habitações e residências) do ruído interior.

É importante colocar a fonte sonora, em ambos os casos, a uma distância de, sensivelmente, 1,5 metros das paredes ou de qualquer outro elemento ou obstáculo.

Os ensaios com a emissão no interior realizam-se com base na norma NP ISO 16283-1 2014, sendo feita uma pequena variante da mesma como já explicado anteriormente.

Ponderou-se ainda, estudar uma quarta posição da porta (meia aberta), situação que se excluiu de imediato, após o primeiro ensaio no *Fé Wine & Bar*, por os valores do índice de isolamento sonoro serem muito idênticos aos da situação registada com o elemento aberto na totalidade.

Estas variantes, anteriormente descritas, são esquematicamente representadas na figura 3.14, quer para os casos em que existe uma porta simples quer para os que existe antecâmara.

De referir que, no caso de existência de antecâmara, a porta interior permanece fechada, enquanto se faz variar a posição da porta exterior.

Variantes à norma NP EN ISO 16283-1

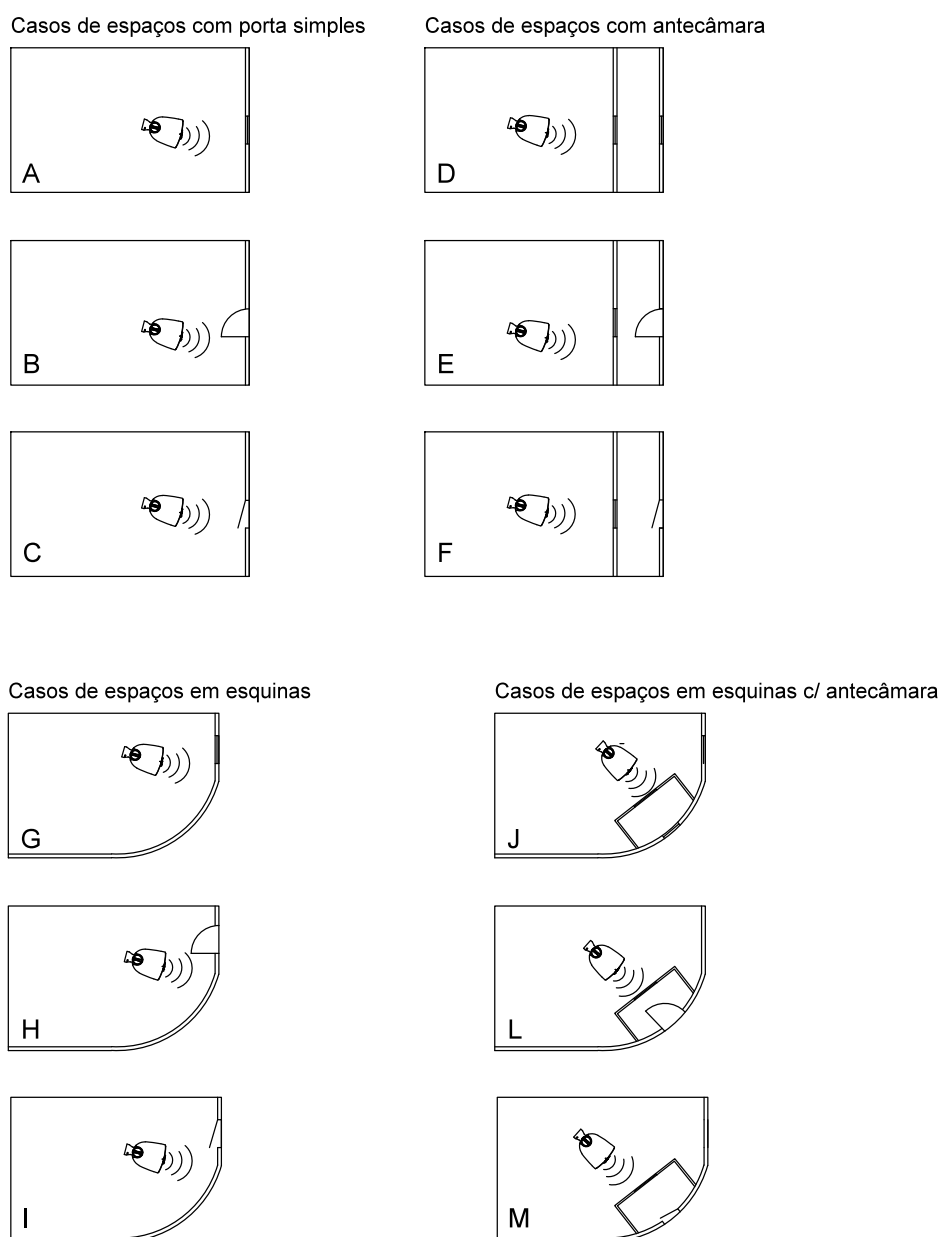


Figura 3.14 – Variantes à norma EN ISO 16283-1 2014

Estudou-se ainda a possibilidade de realizar os mesmos ensaios com a porta meia aberta/meia fechada, contudo os resultados pouco diferiam do ensaio com a porta aberta na totalidade. Assim optou-se por estudar o elemento com 1 cm de abertura.

A norma EN ISO 16283-1 2014 exige que o sinal emitido pela fonte, somado ao ruído de fundo existente na rua, produzido pelos automóveis e pessoas, seja de, pelo menos, 10 dB superior a este último.

Por outras palavras, quando se realizam as medições, quer no exterior como no interior do espaço, existirá sempre ruído de fundo, proveniente dos carros e das pessoas, no caso de ser exterior, e de máquinas e ruídos normais no bar, no caso da medição interior. Todos estes ruídos poderão interferir nas medições caso se verifique o seguinte:

$$SC_{exterior} + RF_{exterior} > RF_{exterior} + 10dB \quad (3)$$

$$SC_{interior} + RF_{interior} > RF_{interior} + 10dB \quad (4)$$

Sendo:

$SC_{exterior}$ : som reproduzido (ruído branco) pela coluna de, aproximadamente, 100 dB

$RF_{exterior}$ : ruído de fundo exterior proveniente do ruído dos automóveis e pessoas.

$SC_{interior}$ : som produzido (ruído branco) pela coluna de, aproximadamente, 100 dB.

$RF_{interior}$ : ruído de fundo interior proveniente de possíveis máquinas existentes no bar.

Caso o sinal emitido, somado ao ruído de fundo, seja inferior ao ruído de fundo somado em 10 dB, deverão ser feitas correções de acordo com:

$$L = 10 \lg (10^{\frac{L_{sb}}{10}} - 10^{\frac{L_b}{10}}) \quad (5)$$

L é o nível do sinal corrigido, em decibel

$L_{sb}$  é o nível do sinal e do ruído de fundo de fundo combinados, em decibel

$L_b$  é o nível do ruído de fundo, em decibel

O elevado ruído de fundo existente nas zonas de estudo levou à realização de ensaios nas horas menos movimentadas, que poderia ser de madrugada por volta das 7h da manhã ou pela 00h em dias da semana. Por motivos logísticos aos bares, optou-se pela realização dos ensaios após o encerramento dos bares em dias da semana.

### 3.5. TRATAMENTO DOS DADOS

Após a realização dos ensaios de campo, segue-se a análise e tratamento de dados.

A transferência dos valores medidos é efetuada ligando o sonómetro a um computador com o software dBSLM32, o qual importa todos os dados em formato “.txt” (bloco de notas). De seguida, esses valores são copiados manualmente para a tabela Excel programada previamente para obter o valor do isolamento sonoro a sons aéreos para as 4 diferentes situações:

1. Coluna no exterior com a porta fechada, de acordo com a Norma NP EN ISO 16283-1 2014
2. Coluna no interior com a porta fechada
3. Coluna no interior com a porta aberta
4. Coluna no interior com a porta entreaberta (1 cm de abertura)

O sonómetro faz as medições na gama de frequências dos 12,5 Hz-20000 Hz. Contudo, para a análise segundo definido pela norma apenas devem ser consideradas as frequências entre os 100 Hz-3150 Hz.

### 3.6. NORMAS

O estudo das normas é importante para conhecer o processo de realização dos ensaios que são objeto de desenvolvimento na dissertação que se segue. A norma (*ISO 16283-1:2014*, 2014) descreve com detalhe a metodologia para realizar a medição dos níveis de pressão sonora e do tempo de reverberação - Importante para caracterizar os espaços lúdicos noturnos (bares e discotecas) da cidade do Porto.

A medição dos níveis de pressão sonora será essencial para a caracterização do isolamento de fachada. É obtida através da diferença entre a medição da intensidade sonora dentro e fora do estabelecimento. Segundo a normativa, este ensaio realiza-se com a fonte no local emissor, que nos ensaios de isolamento de fachada é o exterior.

Contudo, como o estudo em causa passa por caracterizar os espaços lúdicos, onde o nível de pressão sonora da música, pelo seu alto nível, pode interferir no conforto dos vizinhos, também se realizará o ensaio com a fonte no interior do espaço. Teoricamente, o nível de isolamento para os dois ensaios (fonte dentro e fonte fora), quando comparados, deverão ser iguais ou similares.

Antes de se realizarem os ensaios de campo foi necessário ganhar alguma prática de manuseamento dos equipamentos bem como seguir todos os procedimentos, de acordo com as normas, as quais foram, anteriormente, estudadas.

Para a realização dos ensaios segue-se a Norma Portuguesa EN ISO 16283-1 2014 – Medição *in situ* do isolamento sonoro em edifícios e de elementos de construção, com especial atenção para os capítulos 7 e 10, onde são explicados todos os procedimentos (resumidos no subcapítulo 3.6.) a seguir para a realização dos ensaios:

Capítulo 7: Procedimento geral para medições do nível de pressão sonora

Capítulo 10: Tempo de reverberação no compartimento recetor

É importante entender, igualmente, as leis a que os bares e discotecas estão obrigados a cumprir.

O artigo 6.º do (*Decreto-Lei 96/2008, 2008-06-09*, [s.d.]) descreve com exatidão os limites do índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea,  $D_{2m,ntw}$ , entre o exterior dos edifícios, enquanto local emissor do espaço, e o espaço de captação.

Estando os bares e discotecas incluídos no conjunto de estabelecimentos de uso comercial ou de prestação de serviços, estão sujeitos ao cumprimento do seguinte requisito acústico:

$$D_{2m,nT,w} \geq 25 \text{ dB} \quad (6)$$

A consulta do Regulamento Geral do Ruído, mais concretamente o artigo 3º do capítulo 1, é importante para a compreensão de algumas definições. Com especial interesse para:

- Avaliação acústica: verificação da conformidade de situações específicas de ruído com limites fixados.
- Indicador de ruído: parâmetro físico-matemático para a descrição do ruído ambiente que tenha uma relação com o efeito prejudicial na saúde ou no bem-estar humano.
  - Indicador de ruído diurno-entardecer-noturno ( $L_{den}$ ): indicador de ruído associado ao incomodo global, expresso em dB(A).
  - Indicador de ruído diurno ( $L_d$ ): nível sonoro médio de longa duração determinado durante uma série de períodos diurnos representativos de um ano.
  - Indicador de ruído do entardecer ( $L_e$ ): nível sonoro médio de longa duração determinado durante uma série de períodos ao entardecer representativos de um ano.
  - Indicador de ruído noturno ( $L_n$ ): nível sonoro médio de longa duração determinado durante uma série de períodos noturnos representativos de um ano.
- Mapa de ruído: o descritor do ruído ambiente exterior, expresso pelos indicadores  $L_{den}$  e  $L_n$ , traçado em documento onde se representam as isófonas e as áreas por elas delimitadas às quais corresponde uma determinada classe de valores expressos em dB(A).
- Período de referência: o intervalo de tempo a que se refere um indicador de ruído, no presente caso de estudo dá-se especial atenção para o período noturno – das 23 às 7 horas
- Recetor sensível: edifício habitacional, escolar, hospitalar ou similar ou de lazer, com utilização humana.
- Zona sensível: área definida em plano municipal de ordenamento do território para uso habitacional, escolar, hospitalar ou similar ou de lazer existentes ou previstos. Podendo incluir outros pequenos negócios para uso da população como cafés, restaurantes, papelarias e outros estabelecimentos de comércio tradicional sem funcionamento noturno.
- Zona mista: área definida em plano municipal de ordenamento do território cuja a ocupação seja afeta a outros usos, existentes ou previstos, para além dos mencionados na zona sensível.

Texto adaptado do (*Decreto-Lei n.º 9/2007 - Diário da República n.º 12/2007, Série I de 2007-01-17, 2007*)

### 3.7. CALIBRAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

É importante referir que todos os equipamentos utilizados na realização dos ensaios foram submetidos a testes de calibração.

O sonómetro deverá ser verificado pelo Instituto Português da Qualidade e o aparelho emissor, neste caso, a coluna dever-se-á garantir que os o nível de pressão sonora são semelhantes, considerando a larga gama de frequências, isto é, quando emitido o ruído branco (sinal aleatório com igual intensidade em diferentes frequências), o nível de pressão sonora deverá ser igual em todas as frequências, descrevendo o ruído com perfeição.

### **3.8. RESULTADOS ESPERADOS**

A investigação desenvolvida não tem como objetivo fiscalizar se o regulamento está ou não a ser cumprido em cada estabelecimento. Não é, de forma alguma, o intuito desta investigação prejudicar os negócios que mais animam a cidade do Porto.

O tema central desta tese será, partindo do princípio que todos cumprem as normas definidas pela Câmara Municipal, fazer um estudo aprofundado sobre a influência da porta na acústica dos espaços.

Quer-se com isto dizer que se espera que, quando a porta esteja aberta, o isolamento acústico do espaço seja bastante inferior a quando a mesma se encontra fechada. Estudando-se então a possibilidade de a mesma poder permanecer encostada de modo a potenciar uma maior atração dos clientes e, ao mesmo tempo, evitar que o som se propague para o exterior.

# 4

## CASO DE ESTUDO

### 4.1. A BAIXA DO PORTO

Em meados dos anos 2000, o mapa de diversão noturna, então com diversas localizações, começou a concentrar-se em certas zonas como o Largo de Massarelos, em Lordelo do Ouro e Passeio Alegre, na Foz.

Com a valorização da oferta na marginal do Douro, desertificaram-se, relativamente, a Ribeira e a Baixa do Porto, onde permaneceram, apenas, alguns lugares carismáticos. Alguns fatores – nomeadamente a falta de segurança, a incapacidade de rejuvenescimento de alguns locais e a precária oferta de “novidades” – contribuíram negativamente para o encerramento dos estabelecimentos de diversão da zona mais antiga da cidade “Invicta”. Descreve a jornalista Maria José Oliveira do *Público*. (Oliveira, 2000)

O início da construção subterrânea do metro do Porto em julho de 2000, foi um fator determinante para a desertificação do centro da cidade. Os poucos negócios que, ainda, se mantinham até à data, foram fechando atividade e deslocaram-se para outras áreas metropolitanas.

Os negócios de diversão noturna, com a deslocação das pessoas para fora do centro, foram também, estabelecendo-se nas zonas da Foz e Boavista, bem como no concelho de Matosinhos e a periferia do Porto.

Em setembro de 2005, a quando a inauguração da linha de metro amarela, que chega ao centro, já todos os bares e discotecas se tinham instalado na periferia da cidade, deixando a baixa do Porto com pouco movimento e mesmo perigosa a certas horas da noite. (Metro do Porto, [s.d.])

Em meados de 2007, era na zona industrial do Porto que se encontravam as discotecas de nome, como o *Chic*, *Tomate*, *Sala 114*, *Via Rápida* (que ainda hoje se mantém), entre outras. Dando continuidade à desertificação do centro do Porto, então já iniciada.

De forma a combater a desertificação existente, provocada pela falta de segurança e incapacidade de rejuvenescimento, como referido anteriormente, somada ao estado de degradação dos edifícios, foi criada, em novembro de 2004, a empresa *Porto Vivo*, *SRU - Sociedade de Reabilitação Urbana da Baixa Portuguesa S.A.*, com objetivo de promover a reabilitação, elaborar a estratégia de intervenção e atuar como mediador entre proprietários e investidores. (*Porto Vivo - Sociedade de Reabilitação Urbana*, [s.d.])

Apesar de ter sido constituída anteriormente aos acontecimentos referidos, a empresa *Porto Vivo* envolveu todo um tipo de adaptação, planeamento e realização das obras, razão pela qual o regresso da diversão noturna ao centro do Porto não foi imediato.

A reabilitação urbana desencadeou o aparecimento de vários estabelecimentos de diversão noturna como cafés, bares e discotecas, nomeadamente nas ruas Cândido dos Reis e Galerias de Paris, que agora dá nome à conhecida zona das “Galerias”.

Nos últimos anos, assistiu-se a um aumento bastante significativo do movimento do centro do Porto que agora é apelidado de *Movida do Porto*.

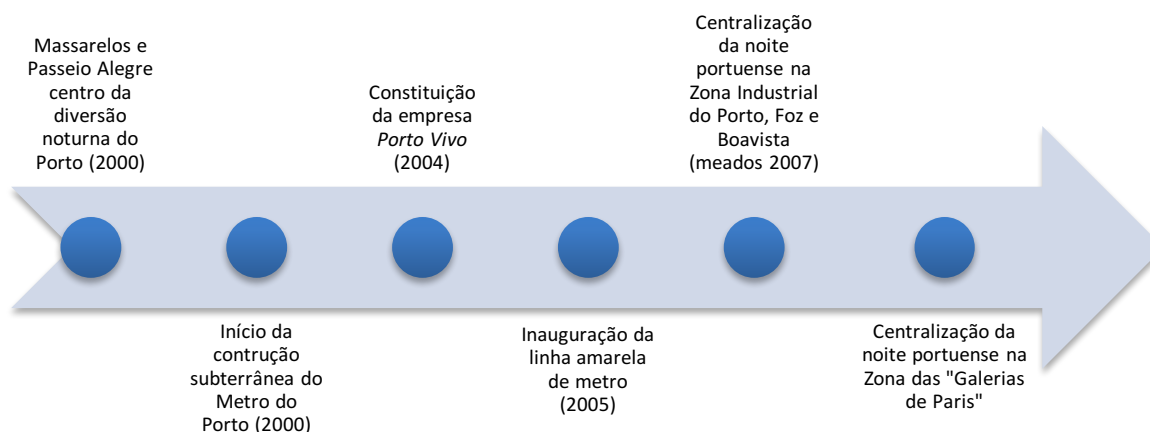


Figura 4.15 – Linha cronológica de acontecimentos determinantes a contextualização do caso de estudo

## 4.2. PROBLEMÁTICA EXISTENTE

A dissertação que se segue respeita a problemática do ruído interior, e exterior, diretamente relacionado com a atividade de bares e discotecas na cidade do Porto.

A elevada intensidade sonora que se verifica no interior dos espaços pode ser prejudicial quer aos utentes, quer aos vizinhos das discotecas e bares.

Assim, o seguinte estudo de investigação consistirá na avaliação acústica dos espaços lúdicos e no estudo do seu nível de isolamento de fachadas.

Os ensaios realizados na dissertação relacionam-se diretamente com o isolamento sonoro de sons aéreos, através do sistema de fachada, e com a influência que, em particular, o elemento porta poderá ter na acústica dos espaços.

As portas dos estabelecimentos têm relevância na promoção comercial do bar, já que, estando abertas, irão potenciar uma maior afluência de clientes. Contudo, o facto de se manter este elemento aberto, sem qualquer isolamento acústico, irá criar um ponto de propagação do som para o exterior.



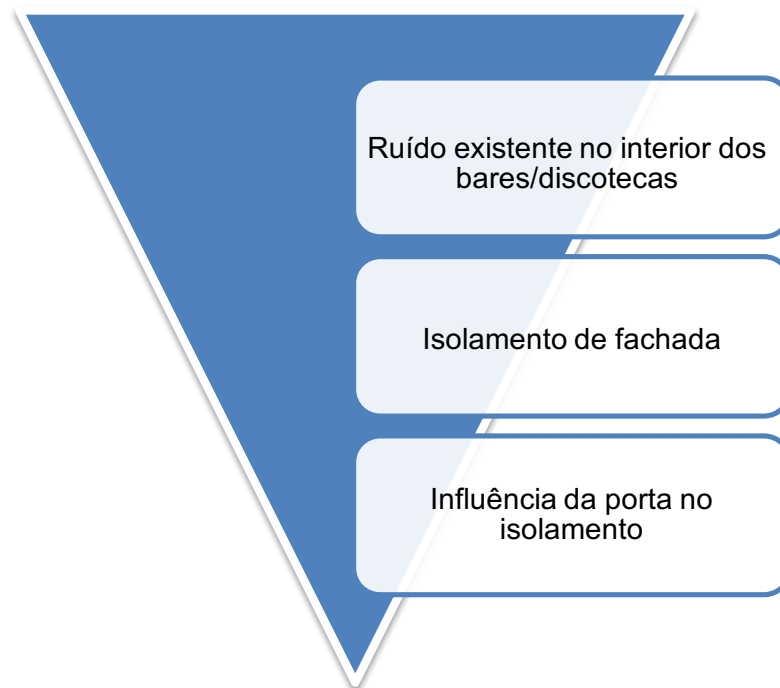


Figura 4.16 – Caminho seguido para particularizar o tema em estudo

#### 4.3. DESCRIÇÃO DO CASO DE ESTUDO

O trabalho de investigação desenvolvido tem como foco principal a influência que o elemento porta poderá ter no isolamento acústico dos espaços lúdicos noturnos da cidade do Porto.

Numa primeira fase do estudo, realizou-se um levantamento, por seriação, dos bares e discotecas que funcionam com a porta aberta e dos que laboram com a porta fechada. De seguida, realizam-se os ensaios experimentais, fazendo variar a posição funcional do elemento (porta aberta, porta fechada). Os resultados finais permitem-nos comparar a influência da porta no isolamento acústico dos espaços.

De uma lista de 10 bares e discotecas da cidade do Porto estabelece-se a distinção dos que trabalham com a porta aberta e dos que trabalham com a porta fechada, de forma a comparar a influência direta que a porta terá na acústica dos espaços.

Sabe-se que, recentemente, a Câmara Municipal do Porto obrigou todos os bares que pretendiam laborar com a porta aberta, a construírem uma antecâmara, de forma a evitar a propagação do som para o exterior. Contudo, ainda assim, numa nova exigência, as autoridades pretendem que a porta exterior permaneça fechada, mesmo tendo o bar/discoteca uma antecâmara; situação que provoca um grande desagrado por parte dos empresários noturnos, os quais defendem que a porta fechada desvaloriza o bar/discoteca, não atraindo os clientes de igual forma.

O número de bares/discotecas analisados não é de todo representativo da zona de estudo (Porto), que conta com mais de 100 espaços lúdicos. Porém, dado o curto espaço de tempo disponível para a realização do documento e a reduzida disponibilidade de colaboração dos proprietários para com este projeto, fez com que o estudo em 10 bares e discotecas não só servisse para tirar conclusões como também de modelo para investigação e estudos futuros.

Com vista à resolução do problema, será proposto no capítulo 6 (conclusões) um *road map* que permita separar os bares que possam laborar com a porta de acesso à rua aberta, daqueles que a terão que manter fechada. Para este último caso o que poderão fazer as gerências dos bares para resolver o problema de forma a manterem as portas abertas ou encostadas, no horário de funcionamento.

No seguimento dos bares que não poderão laborar com a porta aberta, existem já algumas respostas no mercado que permitem corrigir os problemas de deficiência de isolamento sonoro, em casos que assim o exijam.

Realizam-se as medições *in situ* do isolamento sonoro em edifícios, de acordo com a Norma Portuguesa EN ISO 16283-1 2014. Bem como o tratamento dos dados de acordo com a Norma Portuguesa EN ISO 717-1 2013, como já, anteriormente, descritos no capítulo 3.

Todos os bares são submetidos ao mesmo tipo de ensaios independentemente de terem porta simples ou dupla.

A figura 4.17. esquematiza as duas situações de ensaio a realizar.

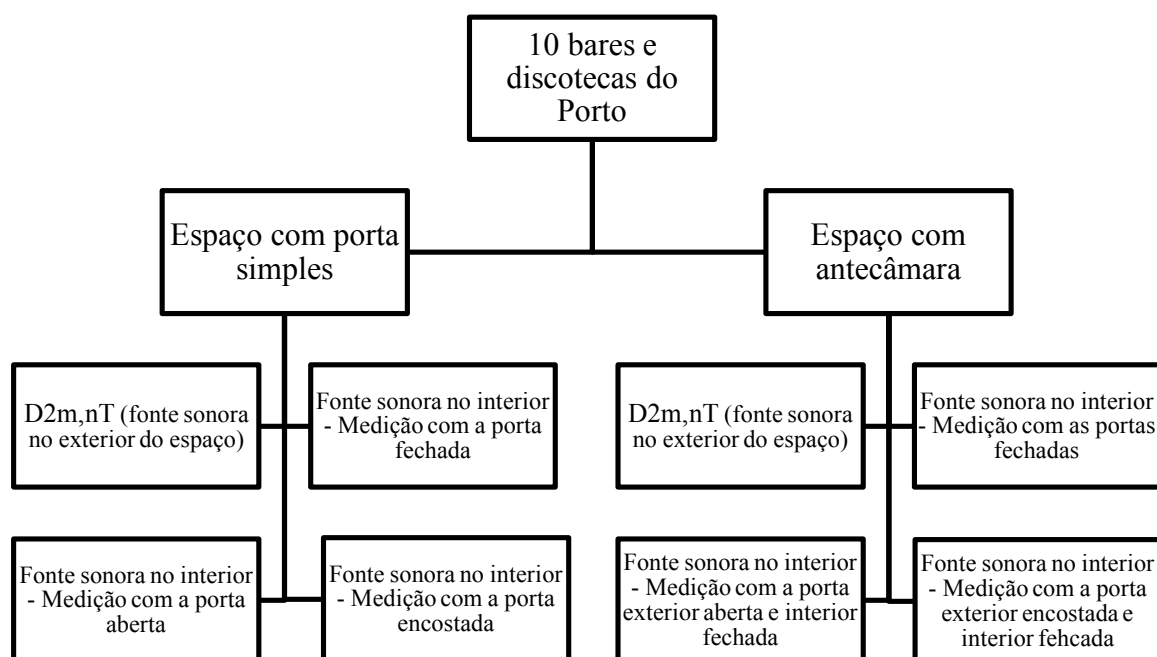


Figura 4.17 – Esquema da metodologia aplicada

#### 4.4. LOCALIZAÇÃO DOS ESPAÇOS LÚDICOS ESTUDADOS

Na presente dissertação foram avaliados diferentes espaços de diversão noturna na zona da cidade do Porto, localizados mais especificamente na Baixa (centro do Porto) e marginal:

- |                            |                                                          |
|----------------------------|----------------------------------------------------------|
| 1. Fé Wine & Club          | Praça D. Filipa de Lencastre 1, 4050-259 Porto           |
| 2. Sand House Porto        | Edifício Transparente, Via do Queijo 395, 4100-429 Porto |
| 3. Nogueira's Porto        | Rua de Ceuta 23, 4050-191 Porto                          |
| 4. Era uma vez em Paris    | Rua da Galeria de Paris 106-108, 4050-284 Porto          |
| 5. Boulevard               | Avenida dos Aliados 58, 4000-064 Porto                   |
| 6. The Gin House           | Rua de Cândido dos Reis 70, 4050-151 Porto               |
| 7. Bierhaus                | Rua de Cândido dos Reis 85, Porto                        |
| 8. The Royal Cocktail Club | Rua da Fábrica 105, Porto                                |
| 9. RendezVous Bar          | Rua de Cândido dos Reis 27, Porto                        |
| 10. MaoMaria               | Rua de Cândido dos Reis 84, Porto                        |

Todos eles estão localizados em zonas distintas da cidade e são tratados acusticamente de formas diferentes, como se caracteriza nas fichas técnicas anexadas (questão abordada no subcapítulo 4.5.).

De referir que todos os ensaios foram realizados em diferentes alturas do dia, conforme a melhor disponibilidade dos proprietários e gerentes dos espaços. Sendo que alguns se realizaram antes da abertura das instalações e outros após o encerramento.

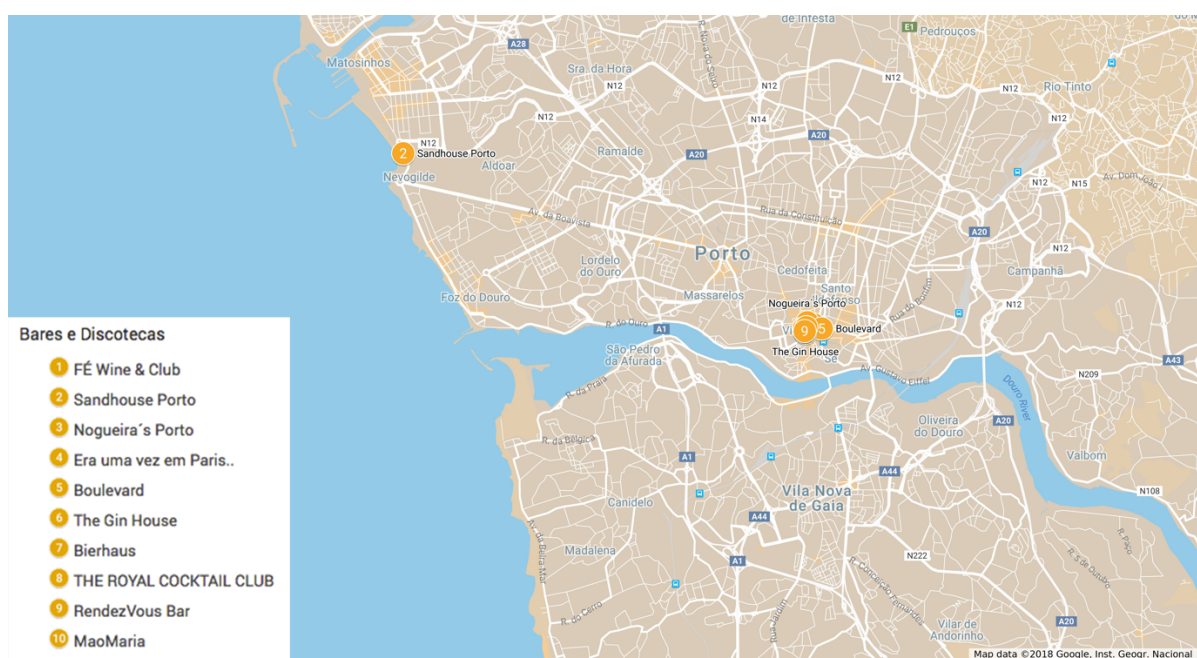


Figura 4.18 – Localização dos bares/discotecas na cidade do Porto (Geral) (Google Maps, 2008)

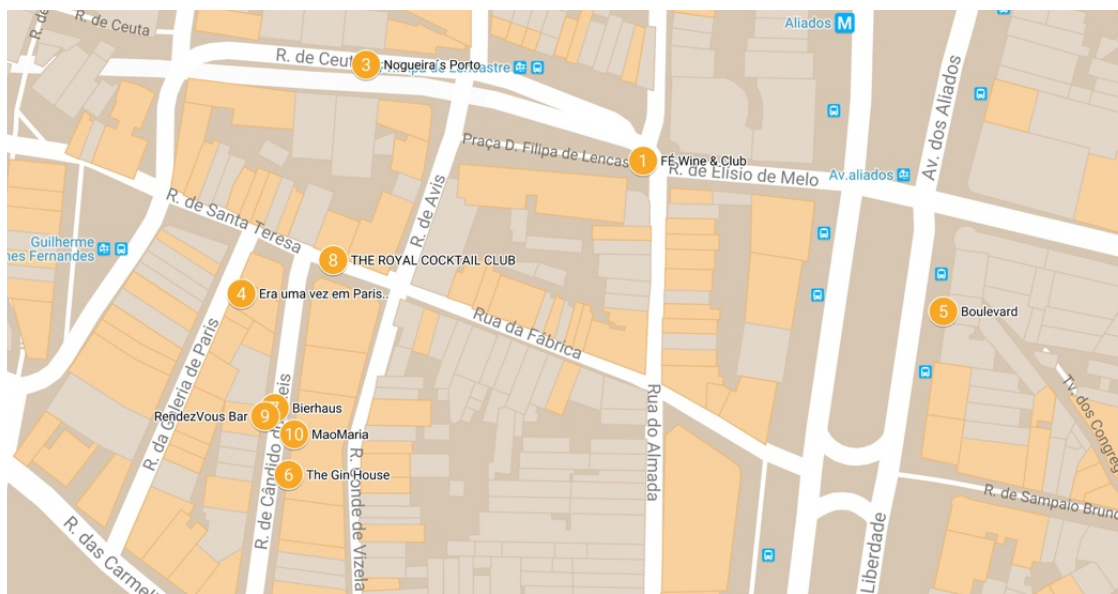


Figura 4.19 – Localização dos bares/discotecas na Baixa do Porto (Google Maps, 2008)

#### 4.4.1. HORÁRIO DE FUNCIONAMENTO

A maior parte das discotecas e bares em estudo, têm um horário de encerramento regular, isto é, durante todos os dias da semana fecham a uma determinada hora, fechando mais tarde ao fim-de-semana. Contudo, o Fé Wine & Club funciona de forma ligeiramente diferente: à medida que a semana vai avançando, o espaço fecha mais tarde, isto é, trabalhando de terça a domingo, o bar/discoteca fecha às 00h à terça e domingo; às 02h às quartas-feiras e às 04h às quintas, sextas e sábados.

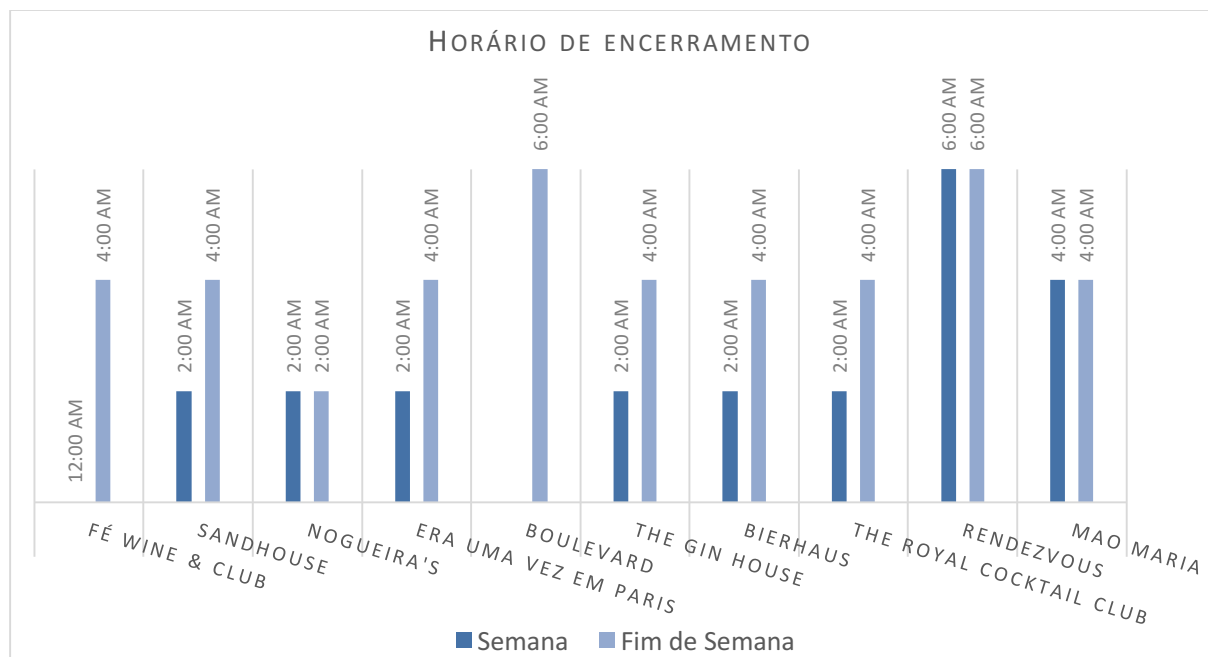


Figura 4.20 – Horário de encerramento dos bares/discotecas em estudo

#### 4.4.2. TIPOLOGIA DE ENTRADA

Os bares/discotecas estudados apresentam diversas tipologias de entrada, conforme a sua localização e arquitetura: poderão ter porta simples ou antecâmara (quadro 4.1 e figura 4.21).

Todos os espaços de diversão noturna localizados na zona da “movida” do Porto, isto é, Baixa, devem ter uma antecâmara para poderem laborar com as portas exteriores abertas. Contudo, existem sempre exceções como é o caso do Fé Wine & Club, que por ter as paredes totalmente revestidas com livros (bons absorventes sonoros) e vidros de fachada acústicos dispensa deste tipo de entradas.

O SandHouse, por estar localizado na zona do Porto junto ao mar, com habitações a mais de 25 metros de distância, poderá também ter uma porta simples. A sua entrada principal é feita com uma antecâmara; no entanto, pelo facto de uma porta simples (de emergência) estar aberta durante o horário de funcionamento, os ensaios foram realizados nesse mesmo local, por ser o caso mais desfavorável acusticamente.

| Nome                    | Estilo de entrada          |
|-------------------------|----------------------------|
| Fé Wine & Club          | Porta simples (em esquina) |
| Sandhouse               | Porta simples              |
| Nogueira's              | Porta dupla                |
| Era uma vez em Paris    | Porta dupla                |
| Boulevard               | Porta dupla                |
| The Gin House           | Porta dupla                |
| Bierhaus                | Porta dupla                |
| The Royal Cocktail Club | Porta dupla (em esquina)   |
| RendezVous              | Porta dupla                |
| Mao Maria               | Porta dupla                |

Quadro 4.1 – Estilo da entrada por bar/discoteca

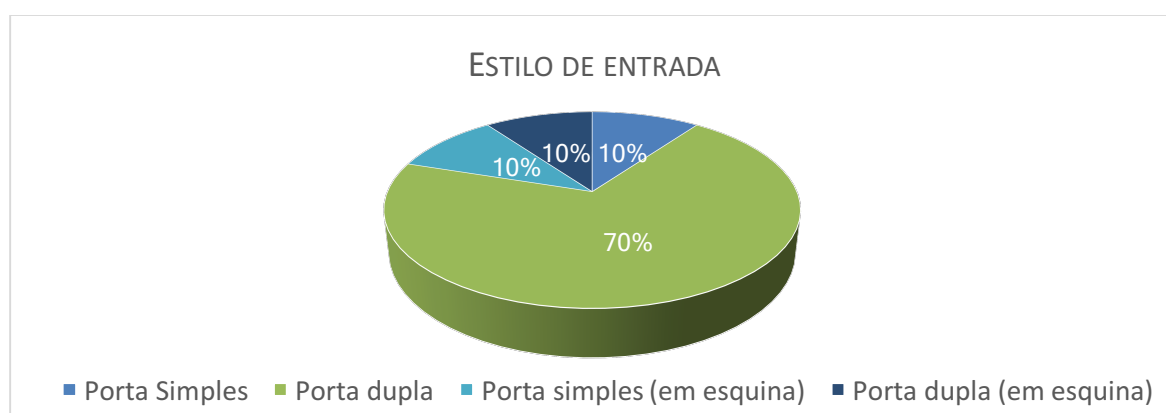


Figura 4.21 – Distribuição percentual do tipo de entrada existentes

#### 4.4.3. POSICIONAMENTO DA PORTA NO HORÁRIO DE FUNCIONAMENTO

Os bares/discotecas da cidade Porto têm diferentes formas de trabalhar para atrair os clientes.

Sabe-se que o facto de ter a porta aberta potencia uma maior afluência de clientes e que antagonicamente, ter a porta fechada é pouco atraente para as pessoas por se sentirem aprisionadas.

O facto de existirem antecâmaras, sob o ponto de vista legal, permite manter a porta exterior aberta e a interior fechada. Situação que, recentemente, sofreu algumas alterações por diretiva da Câmara do Porto a qual, agora, exige que todas as portas permaneçam fechadas, independentemente de exigir ou não antecâmara.

É neste sentido que a possibilidade de manter a porta entreaberta surge como uma eventual solução do problema, pois poderá ter um melhor isolamento sonoro quando comparado com a porta aberta e, ao mesmo tempo, evitar que os clientes não se sintam “presos” num espaço.

O quadro 4.2 e a figura 4.22 identificam o tipo de funcionamento com que cada estabelecimento trabalha.

| Nome                    | Funcionamento da Porta             |
|-------------------------|------------------------------------|
| Fé Wine & Club          | Porta Fechada                      |
| Sandhouse               | Porta Aberta                       |
| Nogueira's              | Interior fechada e exterior aberta |
| Era uma vez em Paris    | Interior fechada e exterior aberta |
| Boulevard               | Interior aberta e exterior aberta  |
| The Gin House           | Interior fechada e exterior aberta |
| Bierhaus                | Interior fechada e exterior aberta |
| The Royal Cocktail Club | Interior fechada e exterior aberta |
| RendezVous              | Interior fechada e exterior aberta |
| MaoMaria                | Interior fechada e exterior aberta |

Quadro 4.2 – Tipo de funcionamento das portas dos bares/discotecas

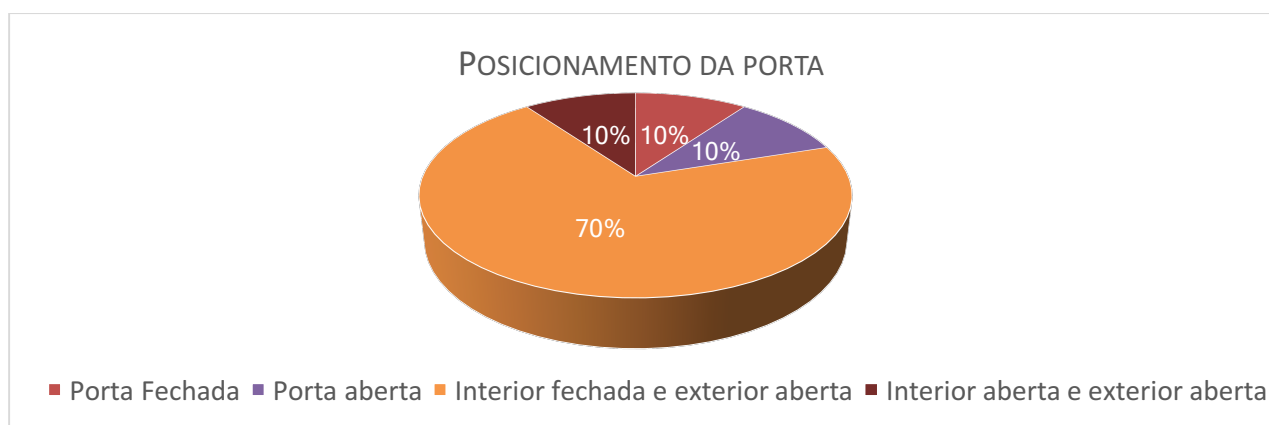


Figura 4.22 – Distribuição percentual do funcionamento da porta por bar/discoteca

#### **4.5. FICHA TÉCNICA – ELEMENTO IDENTIFICATIVO DE CADA ESPAÇO**

No presente capítulo faz-se uma breve explicação das fichas técnicas de cada bar/discoteca, presentes em anexo.

A ficha técnica é um documento desenvolvido para identificar cada bar/discoteca que contém informação de carácter geral, como horários de abertura e encerramento; geográfico (localização) e técnico, como elementos acústicos presentes que contribuam para o isolamento e absorção do som e acústica do espaço.

Em primeiro lugar, pode encontrar-se o nome do bar, a morada e a data de abertura; seguido de informações relativas aos horários de funcionamento.

De cariz arquitetónico, pode encontrar-se a área de cada espaço, o comprimento da fachada e o número de pisos. É importante saber se o negócio em estudo funciona em regime de esplanada e se, anteriormente, já tinham sido realizados ensaios acústicos. Para se abrir atividade, todos os bares/discotecas localizados na movida do Porto (Baixa), são submetidos, obrigatoriamente, aos ensaios de incomodidade sonora realizados pela câmara do Porto.

De carácter mais técnico podem encontrar-se informações relativas ao sistema de som utilizado no bar, bem como a sua potência emitida e o valor do seu limitador, caso exista. Este tipo de informação foi um pouco mais difícil de obter, dada a especificidade da informação. Uma vez mais, os bares/discotecas situados na zona da Baixa são obrigados a ter um limitador que ao ser desligado envia uma notificação diretamente para a Câmara do Porto e que impede que a intensidade sonora ultrapasse o valor estipulado pelos fiscais.

São apresentadas plantas, fotos interiores e exteriores do espaço, bem como a de pormenores acústicos relevantes.

De seguida, realiza-se a descrição do elemento porta e do seu tipo de funcionamento, ou seja, se o bar ou discoteca em causa labora com a porta aberta, fechada, entreaberta ou encostada. Bem como, o tipo de porta que tem (porta simples ou dupla, com cortina, entre outros).

No final de cada ficha, podem encontrar-se os valores obtidos para cada um dos ensaios realizados, bem como os gráficos com as curvas de isolamento sonoro a sons aéreos e os níveis de pressão sonora para cada uma das situações estudadas (medição no exterior vs. Ruído exterior e medição no interior vs. Ruído interior); em ambos os casos as medições deverão ter valores superiores em 10 dB quando comparados com os respetivos ruídos de fundo, como descrito no capítulo 3 – metodologia experimental.

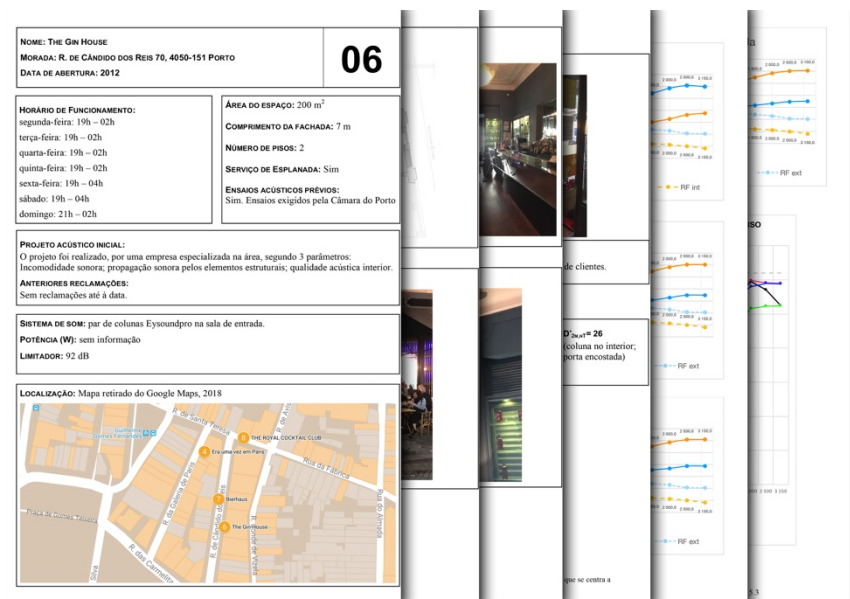


Figura 4.23 – Modelo representativo das fichas técnicas

De salientar, que todas as informações de carácter informativo e não ensaiado foram fornecidas diretamente pelos responsáveis dos espaços.

Dois exemplares destas fichas (A6 e A7) referentes aos bares/discotecas “The Gin House” e “Bierhaus” são colocados em anexo. Os restantes são anexados em formato PDF no CD:

- Ficha Técnica 1. Fé Wine & Club
- Ficha Técnica 2. Sandhouse Porto
- Ficha Técnica 3. Nogueiras’s Porto
- Ficha Técnica 4. Era uma vez em Paris
- Ficha Técnica 5. Boulevard
- Ficha Técnica 6. The Gin House
- Ficha Técnica 7. Bierhaus
- Ficha Técnica 8. The Royal Cocktail Club
- Ficha Técnica 9. RendezVous
- Ficha Técnica 10. MaoMaria



# 5

## RESULTADOS

### 5.1. INTRODUÇÃO

No presente capítulo são apresentados os resultados das medições realizadas em cada um dos casos enunciados no capítulo anterior. Faz-se também a análise das fichas técnicas, colocadas em anexos.

Cada um dos locais estudados apresenta diferentes envolventes; a diferenciação da envolvente levará, naturalmente, a um diferente tratamento e cuidado, sob o ponto de vista acústico. Assim, por exemplo os estabelecimentos situados por baixo de edifícios habitacionais deverão ter um tratamento diferente daqueles que estão situados em edifícios de escritórios.

A arquitetura e a decoração optadas pela gerência são características que podem condicionar a acústica de um espaço. A escolha de materiais absorventes para a parte da frente do balcão do bar, por exemplo, contribuirá positivamente para uma maior absorção do som produzido no interior. Antagonicamente, a escolha de materiais densos, caso de pedras, irá favorecer uma maior reflexão do som e conseqüentemente a uma maior intensidade de som interior.

Com isto, pretende-se dizer que, de caso para caso existem, diferentes fatores que favorecem e desfavorecem o comportamento acústico de um bar/discoteca.

O isolamento do interior é outro ponto com importante relevância. Este pode diferir de caso para caso. A existência de porta simples ou, de outra forma, uma antecâmara, bem como a sua localização na rua (esquina ou no meio de edifícios em banda) influenciará a intensidade de isolamento a aplicar para que o bar/discoteca funcione de acordo com os limites legais.

A localização (em esquina ou em banda de edifícios), bem como o estilo de porta existente (simples ou antecâmara) são representadas esquematicamente na figura 3.14 do capítulo 3.

### 5.1.1. REGULAMENTO GERAL DO RUÍDO

Para a posterior análise do isolamento das entradas de cada um dos bares/discotecas será relevante considerar que “as zonas mistas não devem ficar expostas a ruído ambiente exterior superior a 65 dB(A), expresso pelo indicador  $L_{den}$ , e superior a 55 dB(A), expresso pelo indicador  $L_n$ ” - (RGR - DL n.º 278/2007, 2017).

Assim, por estarem os bares e discotecas em zonas definidas como mistas, por estarem afetos a outros usos para além do habitacional, escolas, hospitais ou similares, espaços de lazer e unidades de pequeno comércio, (RGR - DL n.º 278/2007, 2017) os valores limite de exposição sonora estão limitados por 65 dB(A) no parâmetro  $L_{den}$  e 55 dB(A) no parâmetro  $L_n$ .

## 5.2. SÍNTESE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Como explicado anteriormente - capítulo 3 - em cada bar/discoteca foram realizados ensaios com a fonte sonora no exterior do espaço, onde se manteve a porta fechada, de acordo com o regulamento ( $D_{2m,nT}$ ); e com a fonte no interior do local em estudo, fazendo variar a posição da porta (porta fechada, aberta e encostada)

Para cada situação obteve-se um valor índice de isolamento sonoro relativo ao nível de absorção sonora do estabelecimento respetivo. No primeiro caso (emissão no exterior), pode dizer-se que isolamento sonoro reporta ao próprio isolamento da fachada. Contudo, nos restantes ensaios, outros elementos no interior do bar/discoteca irão contribuir para o isolamento sonoro do espaço.

| #  | Nome do bar/discoteca   | Local            | Tipo de entrada               | $D_{2m,nT}$ | Emissão no interior do espaço |              |                 |
|----|-------------------------|------------------|-------------------------------|-------------|-------------------------------|--------------|-----------------|
|    |                         |                  |                               |             | Porta Fechada                 | Porta aberta | Porta encostada |
| 1  | Fé Wine & Club          | Baixa, Porto     | Porta simples (em esquina)    | 31          | 20                            | 10           | 12              |
| 2  | Sandhouse               | Nevogilde, Porto | Porta simples                 | 27          | 28                            | 15           | 26              |
| 3  | Nogueira's              | Baixa, Porto     | Porta dupla                   | 29          | 20                            | 16           | 27              |
| 4  | Era uma vez em Paris    | Baixa, Porto     | Porta dupla                   | 32          | 33                            | 20           | 28              |
| 5  | Boulevard               | Baixa, Porto     | Porta dupla (caso particular) | 23          | 24                            | 10           | 20              |
| 6  | The Gin House           | Baixa, Porto     | Porta dupla                   | 27          | 27                            | 24           | 26              |
| 7  | Bierhaus                | Baixa, Porto     | Porta dupla                   | 33          | 33                            | 26           | 32              |
| 8  | The Royal Cocktail Club | Baixa, Porto     | Porta dupla (em esquina)      | 31          | 28                            | 22           | 29              |
| 9  | RendezVous              | Baixa, Porto     | Porta dupla                   | 31          | 36                            | 29           | 34              |
| 10 | MaoMaria                | Baixa, Porto     | Porta dupla                   | 30          | 31                            | 20           | 28              |

Quadro 5.3 – Características acústicas dos espaços estudados

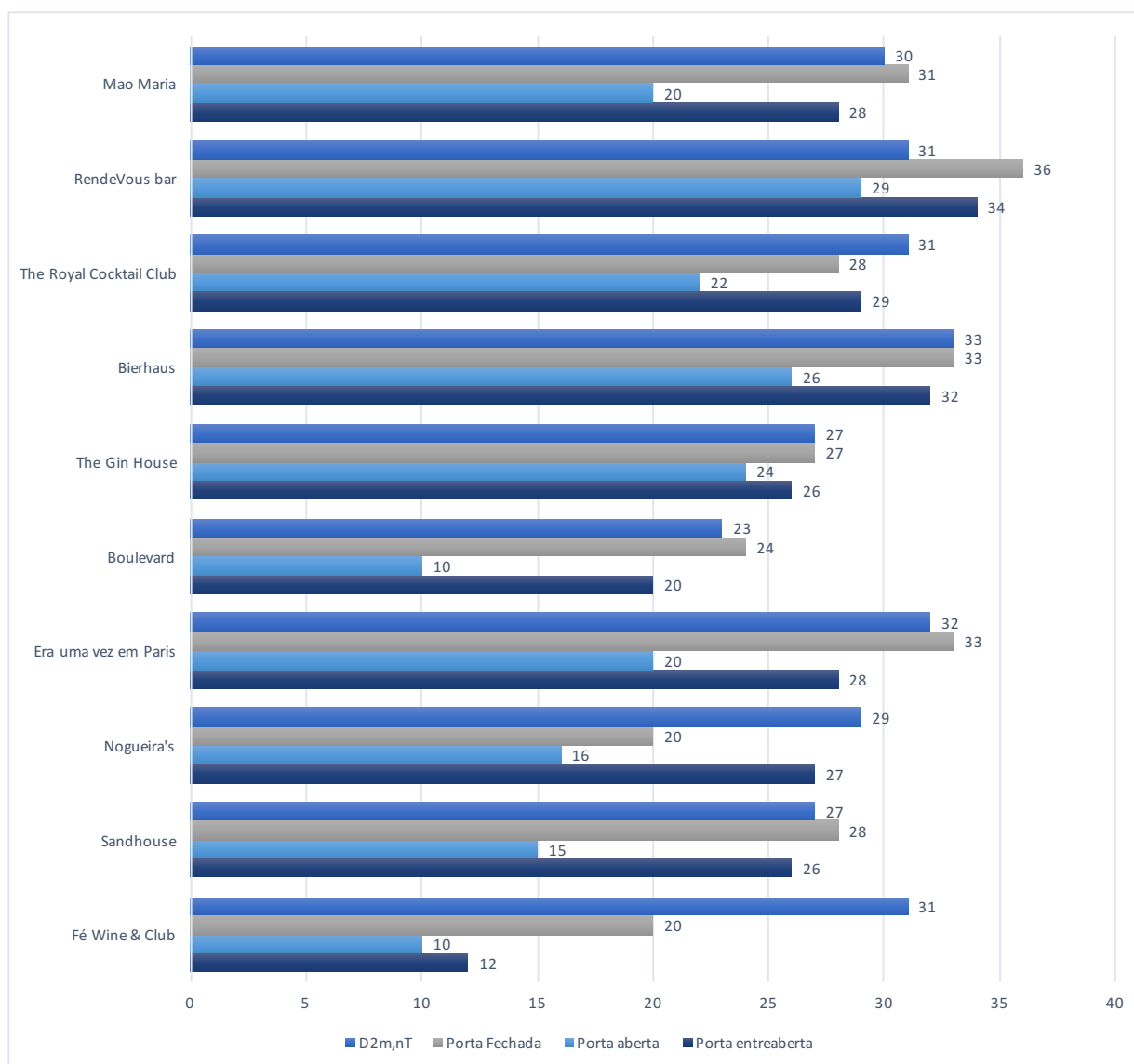


Figura 5.24 – Índices de isolamento médio dos espaços estudados

| #  | Nome do bar/discoteca   | Tempo de Teverberação médio (TR), em seg. |
|----|-------------------------|-------------------------------------------|
| 1  | Fé Wine & Club          | 0,67                                      |
| 2  | Sandhouse               | 0,99                                      |
| 3  | Nogueira's              | 0,49                                      |
| 4  | Era uma vez em Paris    | 0,97                                      |
| 5  | Boulevard               | 0,93                                      |
| 6  | The Gin House           | 1,05                                      |
| 7  | Bierhaus                | 0,76                                      |
| 8  | The Royal Cocktail Club | 0,88                                      |
| 9  | RendeVous bar           | 0,74                                      |
| 10 | Mao Maria               | 0,84                                      |

Quadro 5.4 – Tempo de reverberação de cada espaço

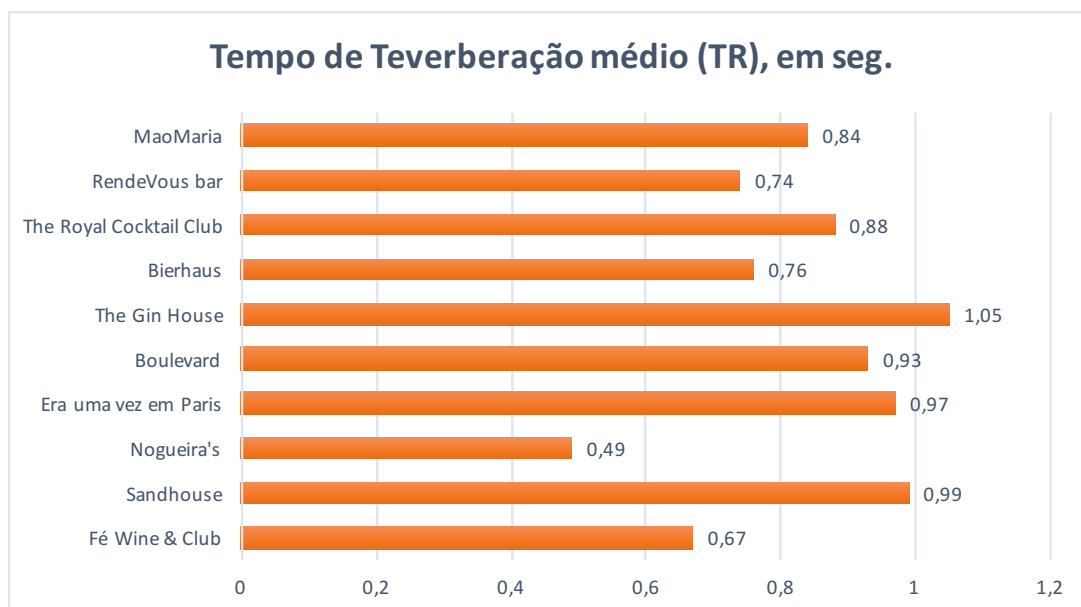


Figura 5.25 – Tempo de reverberação de cada bar/discoteca

A análise do tempo de reverberação medido no interior dos espaços, para além de constituir um parâmetro determinante no cálculo do índice de isolamento, é importante para perceber o nível de absorção sonora existente em cada bar/discoteca.

Teoricamente, quando mais absorvente for o espaço, pelos materiais e equipamentos que o constituem, melhor isolado estará.

Sendo o tempo de reverberação o tempo que determinado som demora a extinguir-se num espaço, tal significa que o espaço terá características pouco absorventes.

O tempo de reverberação está diretamente relacionado com a absorção sonora, na medida em que, quanto maior forem os tempos de reverberação, menos absorvente será o espaço.

Em suma, tempos de reverberação baixos caracterizam espaços absorventes e, em princípio, bem isolados.

### 5.3. ANÁLISE PARTICULAR DE CADA ESPAÇO ESTUDADO

Nos seguintes subcapítulos realiza-se uma descrição e explicação das fichas técnicas (presentes em anexo, dois exemplares, e em CD), de cada bar/discoteca estudado.

De salientar os (\*) colocados em alguns gráficos de isolamento sonoro padronizado, ao longo deste capítulo, como forma de identificar os valores que foram corrigidos.

Esta correção realizou-se pela influência que o ruído de fundo tem aquando as medições na receção. A norma exige que o nível de ruído de fundo seja, de preferência, 10 dB abaixo do nível sonoro do sinal combinado com o primeiro, em cada banda de frequências. Ora, quando se mede o nível do sinal combinado com o ruído de fundo em tempos diferentes do ruído de fundo com a fonte desligada, o nível do sinal produzido pela fonte não será o mesmo. Atente-se no seguinte exemplo, onde se aumenta o valor do ruído de fundo para diferentes momentos:

|                                              |    |      |      |      |    |
|----------------------------------------------|----|------|------|------|----|
| Nível de pressão sonora medida na receção    | 50 | 50   | 50   | 50   | 50 |
| Nível do ruído de fundo                      | 30 | 40   | 45   | 49   | 50 |
| Nível de pressão sonora proveniente da fonte | 50 | 49,5 | 48,3 | 43,1 | 0  |

Quadro 5.5 – Cálculo exemplo do nível de pressão sonora medido na receção

$$10 \cdot \log (10^{\frac{L_1}{10}} - 10^{\frac{L_2}{10}}) \quad (6)$$

Subtraindo-se o valor do nível de pressão sonora, medido na receção (sinal combinado com o ruído de fundo),  $L_1$  pelo o ruído de fundo com a fonte desligada,  $L_2$  – como está ilustrado no quadro 5.5. e equação 6 – o nível de pressão sonora emitido unicamente pela fonte sonora altera o seu valor (valor que importa conhecer). É por isso que a medição destes dois sinais, em alturas distintas, poderá influenciar o índice de isolamento.

De recordar do capítulo 3 que, para os casos de estudo em que existam antecâmaras, a porta interior permanece fechada, enquanto se faz variar a posição da porta exterior. Considerando-se, então, em estudo a porta exterior.

Por fim, notar que as curvas de referência presentes em cada um dos gráficos de isolamento sonoro padronizado, dizem respeito ao ajuste do ensaio de  $D_{2m,nT}$  normalizado.

### 5.3.1. FÉ WINE & BAR – FICHA TÉCNICA 01

Localizado na esquina da rua do Almada com a Praça D. Filipa de Lencastre, o “Fé Wine & Bar” apresenta uma decoração bastante positiva no que concirna à acústica do espaço. Os livros que embelezam as quatro paredes do bar contribuem eficazmente para que o som não se propague para a vizinhança, ainda que esta seja constituída por escritórios e locais de trabalho diurno, em geral. Esta situação, aliás, compagina com os negócios noturnos, já que, regra geral, não há laboração nos escritórios, durante a noite. Este nível de isolamento interior permite que o limitador colocado pela Câmara do Porto permita um dos mais altos níveis de intensidade sonora da zona (115 dB).



Figura 5.26 – Fachada principal do bar: Fé Wine & Bar

O facto de ter sido o primeiro bar a disponibilizar-se para a realização de estudos, permitiu que aí fossem realizados alguns ensaios que vieram a melhorar a sua própria eficácia.

Inicialmente, para além das posições da porta, já explicitadas e explicadas nos capítulos 3 e 4 (porta fechada, porta aberta e porta encostada) pretendia-se também realizar um ensaio com a porta meia aberta. Foi a partir desta fase da experimentação - por os valores obtidos com a porta meia aberta se aproximarem daqueles que resultavam quando a porta estava completamente aberta - que se excluiu esta hipótese de trabalho.

#### 5.3.1.1. Arquitetura do espaço

Conforme abordado no capítulo 2, a disposição de vãos envidraçados deverá ser feita com particular cuidado para não potenciar problemas acústicos. Neste caso em particular, todos os vidros de fachada têm características acústicas, ou seja, os vãos foram especialmente projetados para a função.

A ausência de antecâmara obriga a que o bar trabalhe com a porta fechada (encostada).

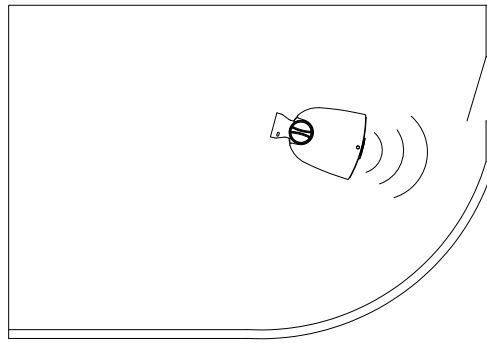


Figura 5.27 – Esquema ilustrativo do funcionamento do espaço no que diz respeito à posição da porta.

#### 5.3.1.2. Resultados

Teoricamente, como já apresentado no capítulo 3, o índice de isolamento sonoro a sons aéreos, aquando da emissão no exterior do espaço, deveria ser muito idêntico ao índice respetivo, considerada a emissão no interior do espaço. Porém, esta situação não se verifica no caso estudado. A pequena diferença verificada (31 – fonte sonora no exterior; 20 – fonte sonora no interior) poderá dever-se às condições em que foram realizados os ensaios: a medição dos dois sinais (sinal combinado com o ruído de fundo e ruído de fundo) em momentos distintos é o fator determinante para a medição rigorosa do índice de isolamento sonoro. É neste sentido que a medição do ruído de fundo com a fonte desligada poderá interferir nos cálculos por ser maior ou menor que o ruído de fundo existente na altura em que se realizaram as medições com emissão sonora (situação que se explica no início do presente capítulo 5.3).

Os resultados do índice de isolamento com a porta aberta, comparados com a situação de porta meio aberta, são muito próximos, como já esperado, 10 e 12, respetivamente; daí após este ensaio se ter optado por testar a porta encostada em vez de meio aberta, para assim se poderem obter diferenças mais significativas.

Considerando o índice de isolamento sonoro da entrada com a porta aberta de 10, o bar/discoteca ainda poderá laborar com a porta aberta com a emissão interior de 65 dB(A), sem estar a infringir os valores exigidos pelo Regulamento Geral do Ruído (RGR). No caso de trabalhar com a porta fechada poderão ser emitidos valores de 75 dB(A).

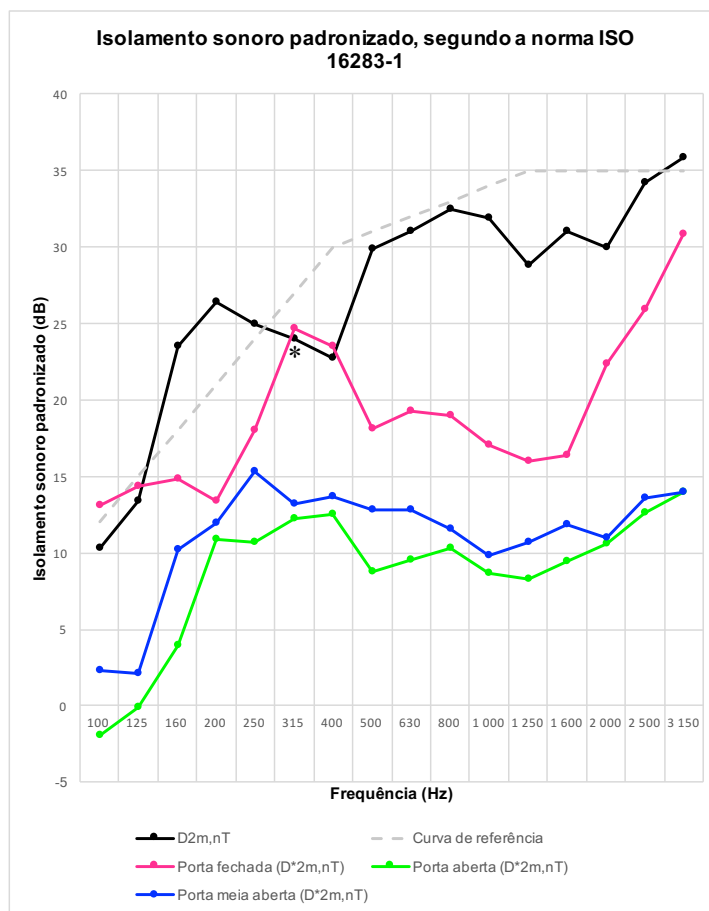


Figura 5.28 – Isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos – Fé Wine & bar

### 5.3.1.3. Funcionamento do bar/discoteca

Na primeira parte da noite, após a abertura do estabelecimento, na pista de cima vive-se um clima de bar, com as colunas a um nível de intensidade sonora relativamente baixo, facilitando o diálogo entre as pessoas. Mais tarde, são arrumadas as mesas dando lugar à pista de dança; mais tarde ainda, para além deste espaço é aberta uma segunda pista de dança no piso inferior.

Consultar a ficha técnica A1 colocada no CD.



### 5.3.2. SANDHOUSE – FICHA TÉCNICA 02

Numa envolvente completamente distinta do caso anterior, mas ainda localizado na cidade do Porto, junto à praia de Matosinhos, o “SandHouse”, por não ter residências nas suas imediações num raio de 250m, aproximadamente, não apresenta cuidados arquitetónicos no âmbito da acústica. Aliás, o interesse no estudo deste bar/discoteca ficou a dever-se essencialmente à diferente relação com a cidade. Encontrando-se afastado do aglomerado urbano, o estabelecimento pode assim ter desempenhos, a nível do ruído produzido, menos controlados ou cuidados.

Apesar de possuir uma antecâmara com quase 2 m de largura, labora com uma outra porta aberta (porta de emergência), facilitado a entrada e saída de clientes, situação que prejudica o isolamento que a fachada poderia produzir. Contudo, como já referido, anteriormente, o facto de o bar estar isolado, a abertura de portas não causa qualquer tipo de problemas de ruído na vizinhança.



Figura 5.29 – Fachada principal do bar/discoteca: Sandhouse

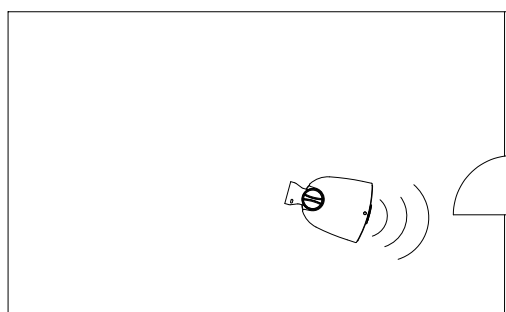


Figura 5.30 – Esquema ilustrativo do funcionamento do espaço no que diz respeito à posição da porta.

### 5.3.2.1. Resultados

Como esperado os índices de isolamento sonoro aquando da emissão no exterior e interior, ambos com a porta de entrada fechada, são muito próximos e de valores iguais a 27 e 28, respetivamente.

Isto significa que, para seguir o RGR, o bar/discoteca poderá emitir valores, aproximados de 83 dB(A).

Caso se pretenda laborar com a porta aberta, apenas se poderão emitir valores de 70 dB(A), considerando que a porta, quando aberta, tem um índice de isolamento sonoro de 15.

Para o caso de se pretender trabalhar com a porta encostada, como sugerido, poderão ser atingidos no interior níveis de pressão sonora de 80 dB(A), com o índice de isolamento de 26.

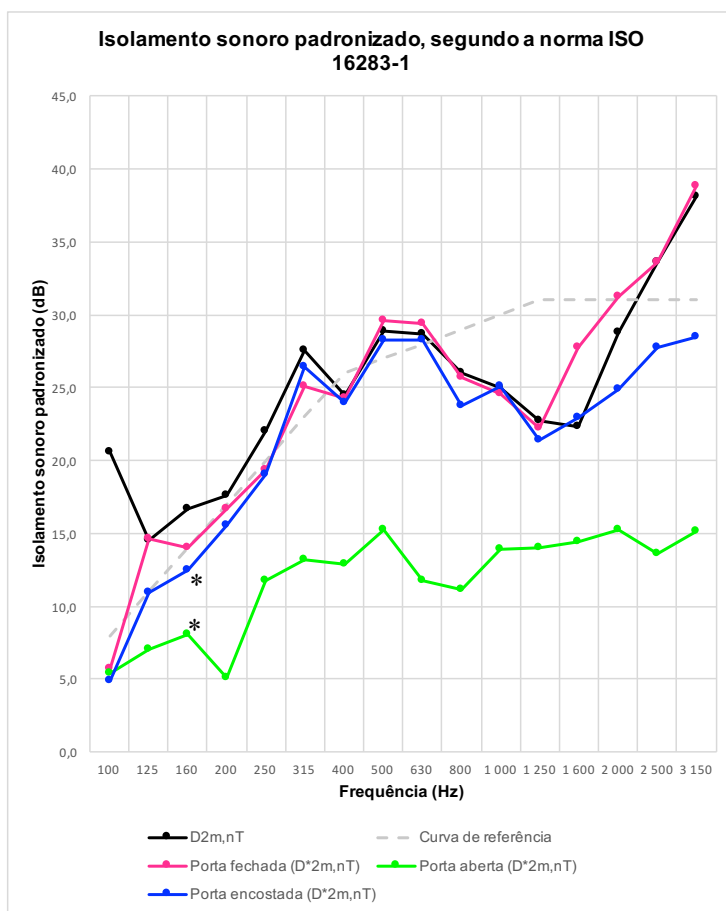


Figura 5.31 – Isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos – Sandhouse

### 5.3.2.2. Funcionamento do bar/discoteca

Apesar de ser conhecido como bar de esplanada, destinado à fruição de um fim de tarde agradável, ocasionalmente são organizadas festas. Nestas alturas, tanto o espaço interior como o exterior são transformados em verdadeiras pistas de dança. Nestas circunstâncias, são emitidos elevados níveis de pressão sonora (situação frequente neste tipo de eventos).

Consultar a ficha técnica A2 colocada no CD.

### 5.3.3. NOGUEIRA'S PORTO – FICHA TÉCNICA 03

O “Nogueira's Porto”, apesar de ter características bastante diferentes dos dois casos anteriores, por em parte ser também restaurante, mereceu o meu interesse e estudo por ter sido construído já em conformidade com todas as disposições regulamentares estabelecidas pelo município.

#### 5.3.3.1. Arquitetura do espaço

Como dito anteriormente, o facto de ser um espaço reabilitado recentemente deu azo a um cuidado especial, no que diz respeito à acústica.

O facto de se situar num edifício com outras atividades e habitações, exigiu que o espaço fosse acusticamente bem isolado.



Figura 5.32 – Fachada principal do bar/restaurante: Nogueira's

A entrada do espaço é feita com o recurso a uma antecâmara em vidro, onde se podem encontrar ainda cortinas do lado de dentro, situação que contribui positivamente para que o som emitido no interior não seja transmitido para o exterior.

Toda a fachada é em vidro acústico, dividida por elementos metálicos.

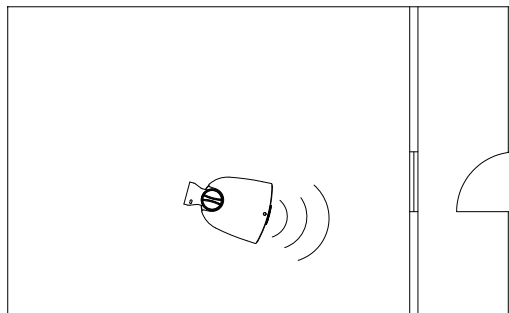


Figura 5.33 – Esquema ilustrativo do funcionamento do espaço no que diz respeito à posição da porta.

### 5.3.3.2. Resultados

Como já falado no capítulo 3, os valores do índice de isolamento, considerada a fonte colocada no exterior (29) ou interior (20), estando a porta fechada em ambas as situações, deveriam ser iguais. Contudo, dá-se o caso da elevada intensidade do ruído de fundo interferir com as medições, causando diferenças não esperadas.

Naturalmente, o índice de isolamento da entrada com a porta aberta é sempre inferior aos verificados nos outros casos (porta fechada ou encostada).

Para o caso de se pretender laborar com a porta aberta, é recomendada a emissão de níveis de pressão sonora na ordem dos 71 dB(A), para o índice de isolamento de 16.

No caso de se poder ter a porta encostada, então os níveis emitidos poderiam rondar os 82 dB(A), para o índice de isolamento de 27.

A opção “porta fechada” poderia garantir a emissão de sinal no valor de 75 dB(A), o que é um valor bastante baixo. Esta diferença, relativamente ao ensaio realizado com a porta encostada, pode ser explicada pelo isolamento a altas frequências, as quais, no caso de a porta estar encostada (linha a azul), é bastante superior ao verificado na situação “porta fechada” (linha rosa). Isto significa que, provavelmente, durante o ensaio com a porta fechada aconteceu um défice de emissão sonora na gama das altas frequências.

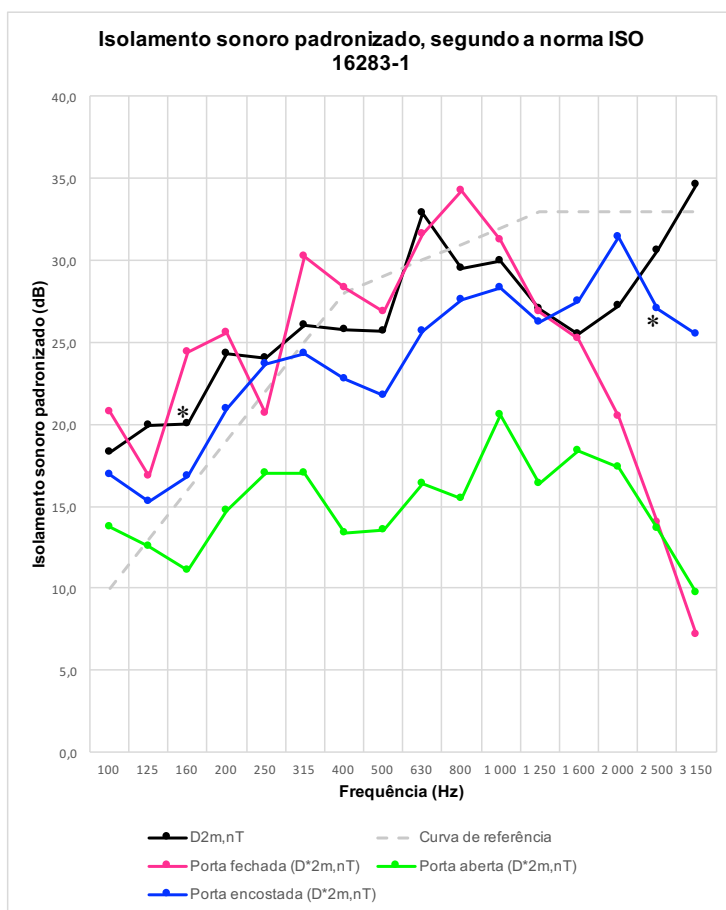


Figura 5.34 – Isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos – Nogueira's



#### 5.3.3.3. Funcionamento do bar/restaurante

Como já falado no subcapítulo 5.3.3.1, o bar funciona com um clima tranquilo, com música a níveis sonoros pouco elevados, facilitando o diálogo entre os clientes.

Consultar a ficha técnica A3 colocada no CD.

#### 5.3.4. ERA UMA VEZ EM PARIS – FICHA TÉCNICA 04

O bar “Era uma vez em Paris”, localizado na Rua das Galerias de Paris, possui um tratamento acústico bastante cuidado. É notório o revestimento de todos os pilares, com materiais relativamente absorventes, de modo que o som não se propague por meio dos elementos estruturais, assim como a fixação das colunas nas paredes, em vez de colocadas no teto, para que sejam evitadas as vibrações nos pavimentos do piso acima, prejudicando a vizinhança.

Conforme referido pelo proprietário, o teto inclui uma camada de material isolante, de forma, a mais uma vez, proteger a vizinhança do som produzido no espaço.

O balcão é forrado com material mole, e assim absorvente, o que poderá contribuir positivamente para a absorção sonora do som no espaço.



Figura 5.35 – Fachada principal do bar: Era uma vez em Paris

Antes de se entrar no bar propriamente dito, passa-se por uma antecâmara com cerca de 2,50m de profundidade, a qual é aproveitada com a colocação de algumas mesas e cadeiras, destinadas aos utentes que não pretendam estar expostos a intensidades sonoras elevadas.

O bar “Era uma vez em Paris” labora de uma forma idêntica ao “Nogueira’s”, aliás como é mais usual – ver figura 5.33.

#### 5.3.4.1. Resultados

Apesar de, pela figura 5.36, se poderem observar algumas diferenças entre a curva de índice de isolamento para os ensaios segundo a norma (linha a preto) e a da sua variante (linha a rosa), os valores médios são muito idênticos: 32 e 33, respetivamente.

Uma vez mais é notória a diferença de isolamento nas situações de porta entreaberta e porta totalmente aberta.

No caso de se pretender laborar com a porta fechada (exterior), o sinal sonoro emitido no interior poderá ser de 88 dB(A), com um índice de isolamento de 33.

Para se manter a porta aberta (exterior), linha verde, poderão ser praticados níveis de pressão sonora de 75 dB(A) – considerando um índice de 20. Por fim, no caso de se laborar com a porta encostada (linha azul), os níveis de pressão sonora poderão atingir os 83 dB(A), considerando o índice determinado de 28.

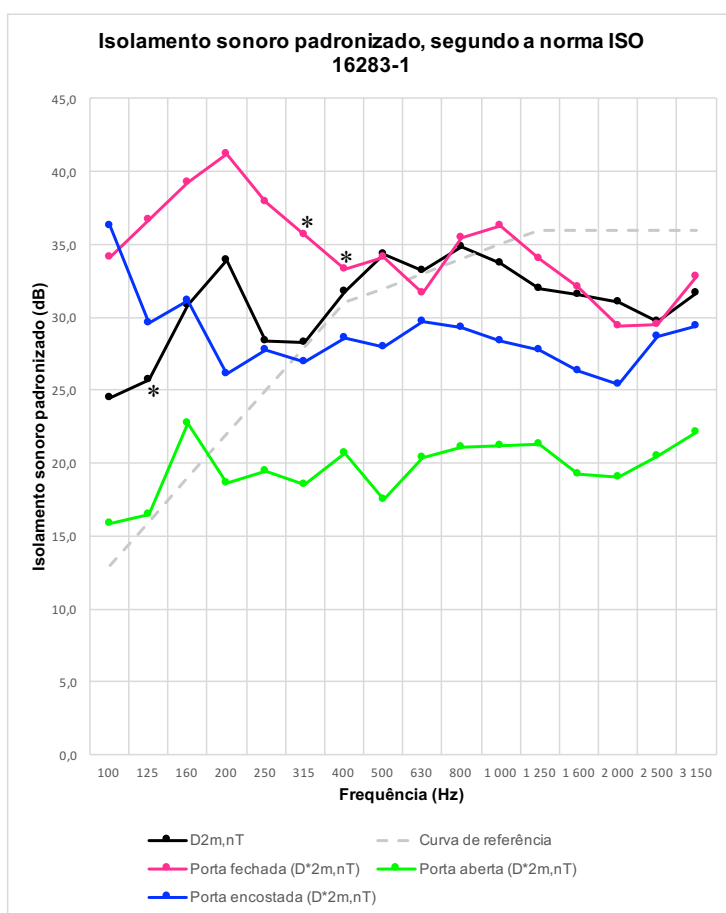


Figura 5.36 – Isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos – Era uma vez em Paris

#### 5.3.4.2. Funcionamento do bar

O estabelecimento funciona sobretudo como bar, ou seja, os utentes utilizam o espaço como zona de estar e conversação. Raramente sendo utilizado para dança, valores altos de intensidade sonora não são muitas vezes atingidos.

Consultar a ficha técnica A4 colocada no CD.

### 5.3.5. BOULEVARD – FICHA TÉCNICA 05

Foi especialmente interessante estudar o “Boulevard” já que o estudo carecia de um exemplo de estabelecimento que fosse uma discoteca no verdadeiro sentido da palavra: um espaço onde fossem emitidas elevadas intensidades sonoras e que laborasse até de madrugada: neste caso o estabelecimento funciona até às 06h.

A localização, em plena Avenida dos Aliados, e a sua proximidade a hotéis, levou a que o espaço fosse reabilitado no sentido de ser melhorado sob o ponto de vista acústico. Nesta reabilitação, depois de realizados vários ensaios acústicos, chegou-se à conclusão que a parede que dividia a discoteca de um hotel (parede que se encontra posicionada na parte posterior do bar) deveria ser totalmente isolada acusticamente. Assim se procedeu, de forma a melhorar a *performance* acústica do estabelecimento.

#### 5.3.5.1. Arquitetura do espaço

Por altura da reabilitação referida, foram também colocados, por cima do bar, painéis de reflexão sonora, de forma a que o som fosse direcionado para a pista. Deste modo, para além de se diminuir a intensidade sonora que entrava em contacto com a parede em questão, também os funcionários do bar podiam ouvir os clientes mais facilmente.

Ao contrário dos casos anteriormente estudados, em que a antecâmara separava o bar propriamente dito do exterior, no caso do “Boulevard” esta separação faz-se pela existência de uma escadaria. Ou seja, a porta exterior separa a rua da caixa de escadas que leva ao piso superior; aí está situada a segunda porta, a qual separa a referida caixa de escadas da pista de dança.

Apesar de esta segunda porta não se situar na proximidade da fachada, os ensaios realizaram-se no espaço onde está situada a caixa de escadas, com e sem emissão sonora, para desta forma se estudar a influência que a porta interior terá na acústica do espaço.



Figura 5.37 – Fachada principal da discoteca – Boulevard

### 5.3.5.1. Resultados

Naturalmente, pelo facto de existir a caixa de escadas situada entre a porta exterior e a porta que dá acesso à pista, o segundo elemento – porta interior - não terá qualquer tratamento acústico, já que a energia sonora se perderá em toda distância entre as duas portas.

Por esta razão, os índices de isolamento sonoro são bastante baixos, quando comparados com os restantes casos estudados.

Os índices de isolamento para o ensaio  $D_{2m, nT}$  (linha preta) e para a emissão no interior com a porta fechada (linha rosa), voltam a ter valores muito idênticos: 23 e 24, respetivamente.

Na figura 5.38 pode ver-se um ligeiro paralelismo, frequência a frequência, entre os ensaios com a emissão no interior do espaço. Facto interessante por, de facto, ser notória a influência da posição da porta em estudo ser o único parâmetro alterado em cada ensaio.

Para este caso em particular, a simulação dos possíveis níveis de pressão sonoros produzidos no interior, passíveis de respeitarem o RGR, não será realizada. Tal acontece pelo facto de existir a caixa de escadas, a qual funciona como antecâmara, onde o som perderá, a maior parte da sua energia.

O ruído de fundo interior é, neste caso, maior que aquele do exterior, dado que durante o ensaio estava a decorrer uma sessão fotográfica. Contudo, o acontecimento não interferiu com as medições, pois o ruído de fundo era 10 dB abaixo do nível sonoro do sinal combinado com o ruído de fundo e, quando assim não acontecia, eram feitas as devidas correções exigidas.

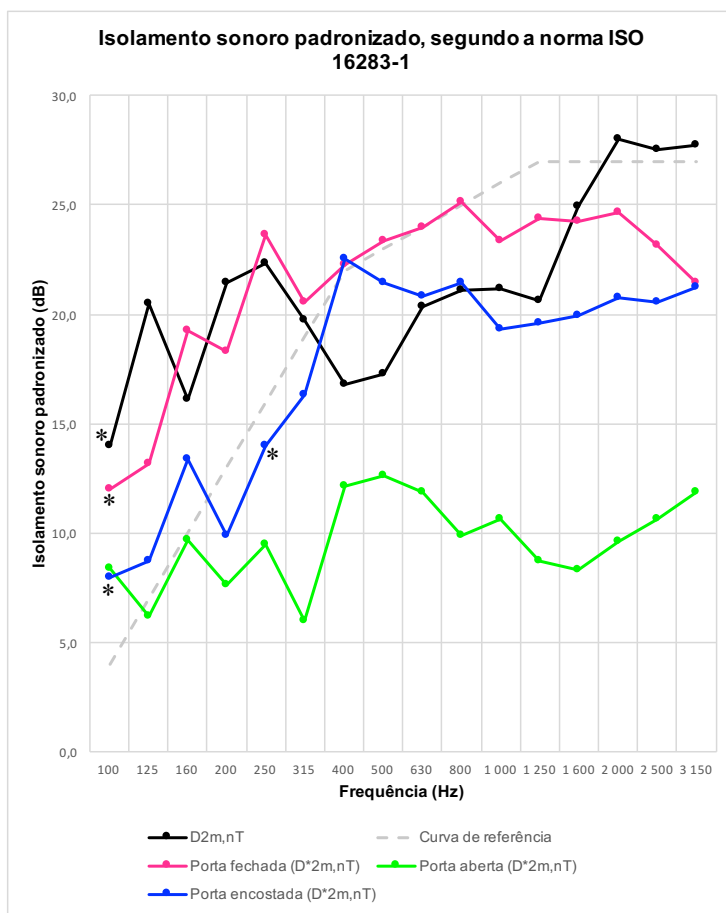


Figura 5.38 – Isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos – Boulevard



### 5.3.5.3. Funcionamento da discoteca

Como é natural neste tipo de espaços, destinados a pista de dança, o nível de pressão sonora emitido é elevado.

Consultar ficha a técnica A5 colocada no CD.

### 5.3.6. THE GIN HOUSE – FICHA TÉCNICA 06

Na emblemática Rua Cândido do Reis, local onde se concentram os bares e discotecas da cidade, está localizado o “The Gin House”.



Figura 5.39 – Fachada principal do bar/discoteca – The Gin House

#### 5.3.6.1. Arquitetura

O projeto acústico do bar/discoteca foi realizado por uma empresa especializada na área, com base em três importantes parâmetros: incomodidade sonora, transmissão do som por vibração pelo sistema estrutural e estudo dos materiais e elementos construtivos: sua conjugação, posição e orientação no espaço.

De salientar a forma como estão colocadas as colunas - fixas às paredes e não ao teto - de modo a não serem transmitidas vibrações para os espaços de trabalho, nomeadamente escritórios, situados nos pisos superiores.

Conforme exigido pela câmara, a entrada dispõe de uma antecâmara de cerca de 2m de profundidade, limitada por duas portas de vidro desalinhadas. De referir que a exterior, para além de envidraçada, tem a caixilharia em madeira, sendo caixilharia da porta interior em alumínio.

Como mais usual neste tipo de atividades, o “The Gin House” labora de forma idêntica o “Nogueira’s” – ver figura 5.33.

### 5.3.6.2. Resultados

Como se pode ver pela análise da figura 5.40, as linhas preta e rosa voltam a estar muito próximas, como teoricamente já seria expectável. Neste caso os índices médios de isolamento sonoro são em ambas a medições iguais a 27.

Desta forma, para a emissão de níveis de pressão sonora na casa dos 82 dB(A) sugere-se que se mantenha a porta fechada. Para a manter aberta, os níveis de pressão sonora terão que baixar para valores de 79 dB(A), considerando o índice de isolamento sonoro de 20.

No entanto, como se sugere em casos anteriores, é possível emitir sinais no valor de 81 dB(A), sugerindo-se que a porta se mantenha encostada, considerando o índice de isolamento sonoro no valor de 28.

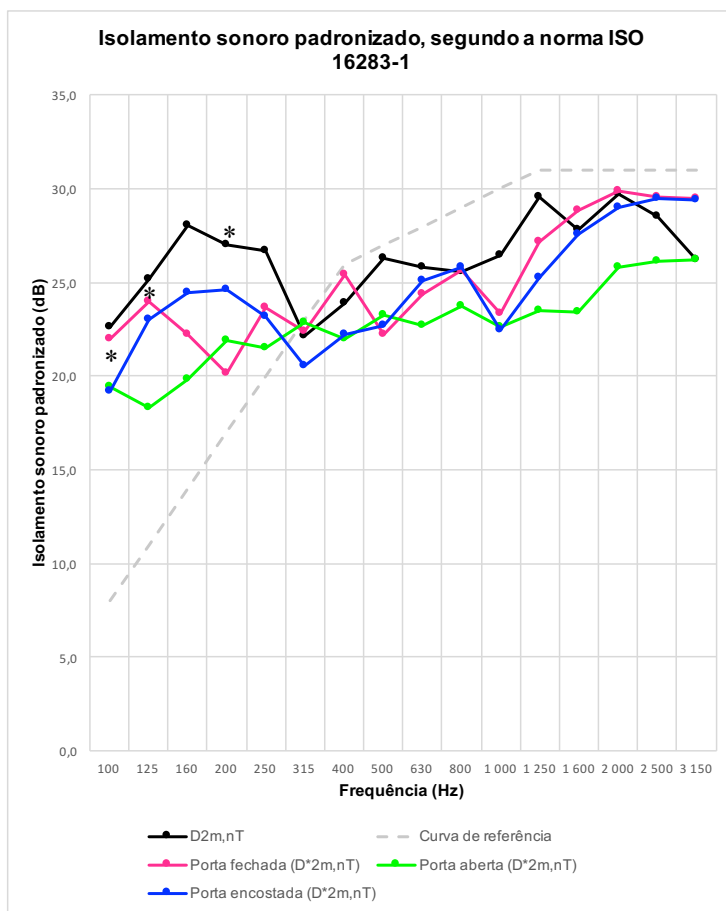


Figura 5.40 – Isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos – The Gin House

### 5.3.6.3. Funcionamento do bar/discoteca

Tendo dois pisos, opta-se muitas vezes por reservar o piso superior para um ambiente mais tranquilo, reservando o diálogo e convívio dos utentes, ficando a pista de dança no piso inferior. Ainda assim, nos dias de maior movimento – sextas e sábados – também o piso superior se converte em espaço de dança.

Consultar a ficha técnica A6 em anexo ou em CD.

### 5.3.7. BIERHAUS – FICHA TÉCNICA 07

Na semelhança dos casos anteriormente expostos, o “Bierhaus” situa-se na rua de Cândido do Reis, estando assim sujeito a disposições camarárias.

#### 5.3.7.1. Arquitetura do espaço

Para a construção dos bares que detém, o grupo empresarial proprietário dos estabelecimentos correspondentes às fichas técnicas 6,7 e 8, realiza projetos de acústica reportando a três parâmetros já apresentados, anteriormente, nesta dissertação: incomodidade sonora, propagação do som por via estrutural e estudo do espaço em si (conjugação de materiais e elementos construtivos: sua posição e orientação no espaço). É o que acontece neste estabelecimento.

Por se pretender que o bar trabalhe com a porta aberta, foi construída de raiz uma antecâmara em vidro com caixilharia metálica, que permite manter a porta exterior aberta e, em simultâneo, a interior fechada.

Uma vez mais, as colunas foram fixadas à parede para assim serem evitadas as transmissões de vibrações para os pisos habitacionais, situados acima.



Figura 5.41 – Fachada principal do bar/discoteca – Bierhaus

Uma vez mais, o “Bierhaus” labora da forma mais usual à semelhança do “Nogueira’s”, por exemplo – ver figura 5.33.

### 5.3.7.2. Resultados

Como teoricamente expectável, os índices médios de isolamento sonoro, com as portas fechadas, para os casos da emissão sonora exterior e interior, são iguais (índice 33), apesar de - como é visível na figura 5.42 - existirem algumas variantes na gama dos 500 Hz e 1250 Hz.

A situação invulgar prende-se com o facto de o índice de isolamento sonoro ser mais alto, no caso da porta exterior estar encostada que no caso de estar fechada, na gama dos 200 Hz. Esta situação pode ser explicável pela possível ocorrência de um ruído específico nesta frequência durante a realização do ensaio.

Para o índice de isolamento sonoro de 33 com a porta fechada poderão ser emitidos níveis sonoros de 88 dB(A). De igual modo, a porta poderá estar aberta com a emissão de som de valores de 81 dB(A), considerando um índice de isolamento de 26. Por fim, para valores de emissão sonora de 87 dB(A), sugere-se que se mantenha a porta (exterior) encostada, considerando um índice de isolamento sonoro de 32.

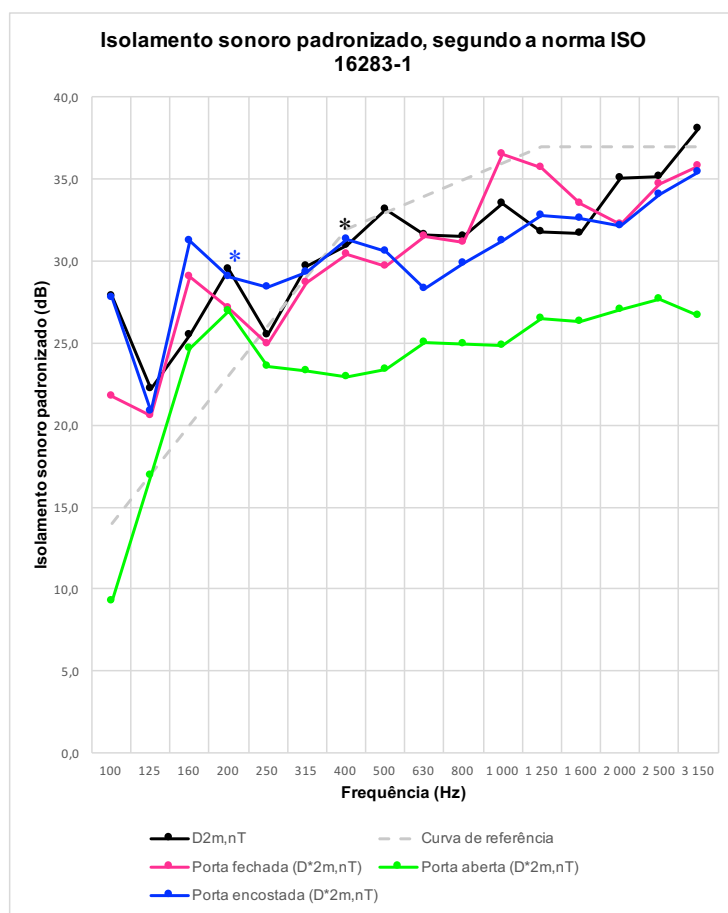


Figura 5.42 – Isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos - Bierhaus

### 5.3.7.3. Funcionamento do bar

O “Bierhaus” é frequentado, sobretudo, por consumidores de bebidas em períodos de lazer e descontração. Deste modo, a música que se ouve destina-se a criar ambiente, não atingindo elevados volumes de pressão sonora. É então um espaço de socialização, pouco destinado a dança.

Consultar a ficha técnica A7 em anexos ou em CD.



### 5.3.8. THE ROYAL COCKTAIL CLUB – FICHA TÉCNICA 08

O mais recente bar do grupo que inclui os bares anteriormente referidos localiza-se na esquina da Rua da Fábrica com a Rua de Cândido dos Reis.

#### 5.3.8.1. Arquitetura do espaço

À semelhança dos anteriores casos, o projeto de acústica foi realizado com base nos três parâmetros, já anteriormente enunciados: incomodidade sonora, propagação do som via estrutural e análise e conjugação dos materiais de forma a tratar o espaço acusticamente.

A geometria assimétrica do espaço permite que o som seja ouvido a uma maior distância, mas, ao mesmo tempo, se vá perdendo em energia.

Como exigido pela câmara, para manter a porta aberta durante as horas de trabalho o “The Royal Cocktail” tem uma antecâmara de 1,20 m de profundidade, toda em vidro, a qual permite que, com a porta interior fechada, o som não se propague para o exterior do espaço. O balcão é forrado com um material absorvente que ajuda a diminuir o tempo de reverberação, para que a música seja sentida com melhor qualidade a níveis de pressão sonora razoáveis. Desta forma, depois de emitida e sentida pelos utilizadores, a energia da música é absorvida pelo material, em vez de refletida e perdida no espaço.

É importante referir que a acústica das salas é como um jogo: é importante manter o equilíbrio entre a reflexão e a absorção da energia sonora, em compromisso contante.

Como é normal, e quase uma regra, as colunas são fixadas às paredes, para que não se transmitam vibrações aos pisos de escritórios, nos pisos superiores.



Figura 5.43 – Fachada principal do bar/discoteca – The Royal Cocktail Club

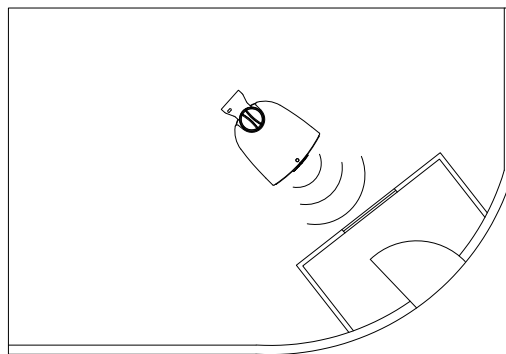


Figura 5.44 – Esquema ilustrativo do funcionamento do espaço no que diz respeito à posição da porta.

#### 5.3.8.2. Resultados

Para o presente caso pode ver-se, figura 5.45, uma maior diferença entre as linhas preta e rosa quando comparada com casos anteriores. Isto fica a dever-se às condições em que se realizou cada uns dos ensaios. O mais provável é que, aquando da medição no exterior, com a porta fechada e emissão no interior, se tenha medido o ruído existente na rua. Este, apesar das correções, não foi inferior em 10 dB ao sinal combinado com o ruído de fundo. Contudo, os valores médios de índice de isolamento sonoro são bastante próximos: 31 (linha preta) e 28 (linha rosa). Um outro fator determinante para estas diferenças, como já explicitado no início do capítulo 5.3, será a efetuação das medições em momentos distintos. Ou seja, por um lado a medição com a fonte ligada com ruído de fundo e por outro, uma outra medição com a fonte desligada e, eventualmente, um outro ruído de fundo.

Para a não exposição das zonas mistas a ruído ambiental superior a 55 dB(A), sugere-se que para valores de emissão sonora de 83 dB(A), se mantenha a porta exterior fechada (linha rosa), considerando-se o índice de isolamento de 28.

Caso se pretenda laborar com a porta (exterior) aberta, linha verde, sugere-se que o nível de pressão sonora ronde os 77 dB(A), considerando o índice de isolamento de 22.

O caso intermédio - de encostar a porta - (linha azul) permite ter um valor médio de isolamento sonoro na entrada de 28 e, por isso, um nível de emissão sonora interior no valor de 84 dB(A).

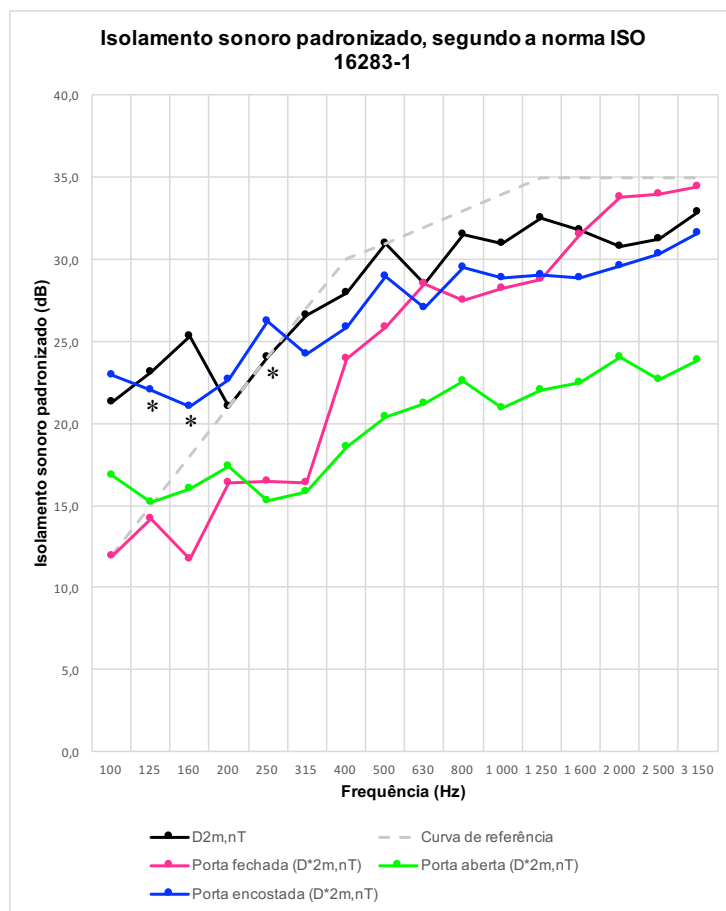


Figura 5.45 – Isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos – The Royal Cocktail Club

### 5.3.8.3. Funcionamento do bar/discoteca

O bar “The Royal Cocktail Club” destina-se sobretudo ao convívio dos seus utentes que aí procuram um clima tranquilo. Por não ser um espaço utilizado como pista de dança, os níveis de pressão sonora nunca são elevados.

Consultar a ficha técnica A8 colocada no CD.

### 5.3.9. RENDEZVOUS – FICHA TÉCNICA 09

Já com dez anos de existência, um dos mais antigos do coração da *movida* do Porto, o “RendezVous”, caracteriza-se pela sua estreita entrada localizada num edifício histórico da cidade.

#### 5.3.9.1. Arquitetura do espaço

Por existirem habitações no último andar do mesmo edifício, o bar/discoteca foi obrigado a ter alguns cuidados a nível acústico.

Três das quatro paredes que delimitam o espaço estão acusticamente isoladas, assim como o teto. A quarta parede, como descrito na ficha técnica, é de granito; a qual, pela sua densidade e espessura, não se deixa atravessar pelo sinal sonoro.

A profundidade da antecâmara, 1,90m, permite que o bar/discoteca possa laborar com a porta exterior aberta, desde que a interior permaneça fechada. Ainda assim, por vezes, opta-se por encerrar a porta exterior, de forma a diminuir o nível de pressão sonora que passa para o exterior do estabelecimento.

As duas portas são de madeira (bom absorvente acústico) com uma espessura mais que suficiente para absorver com eficácia o sinal sonoro, da forma pretendida.



Figura 5.46 – Isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos – RendezVous

O bar/discoteca “RendezVous” labora de uma forma idêntica ao “Nogueira’s”, aliás como é mais usual – ver figura 5.33.



### 5.3.9.2. Resultados

Neste caso, ao contrário de anteriores, o isolamento sonoro é mais elevado aquando a emissão no interior do espaço, quando comparado com a emissão no exterior, sendo ambos os estudos realizados, estando fechadas as duas portas que compõem a antecâmara. Uma vez mais, a pequena diferença verificada poderá dever-se às circunstâncias em que foram realizados os ensaios: no caso da emissão sonora no exterior do espaço, o sonómetro deveria ser colocado na área representada a pontilhado (1m da fachada) - ver figura 5.47 - onde se verificaria a maior influência da fachada. Ao colocar-se o instrumento de medição nas proximidades da fonte, mediram-se valores mais altos do que os esperados.

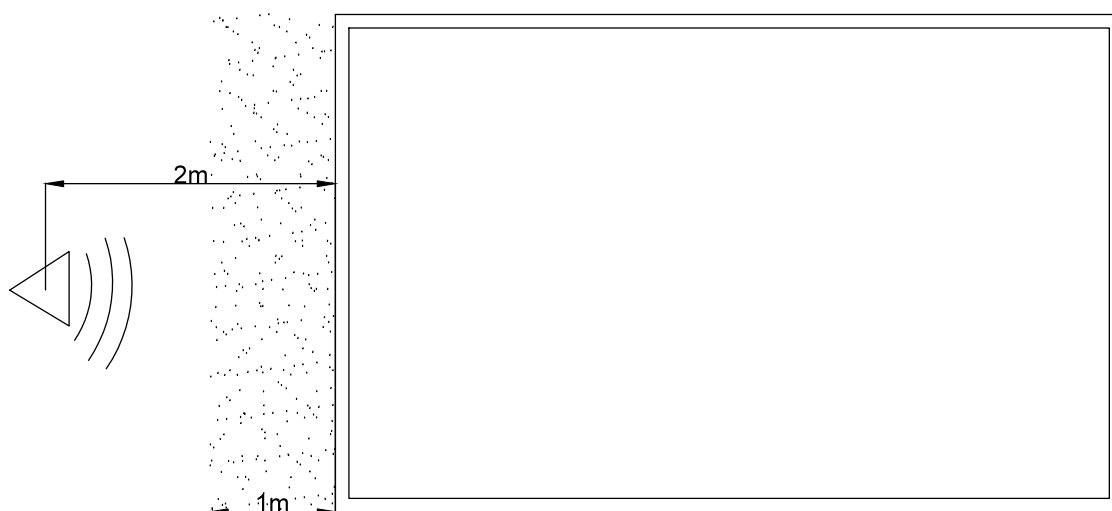


Figura 5.47 – ensaios com a fonte no exterior do espaço (desenho em planta)

De salientar o nível de isolamento elevado na medição com a porta exterior aberta em alguns casos muito próximas da medição com a porta encostada.

Para o caso de se pretender laborar com a porta exterior aberta, será sugerido que o nível de pressão sonora ronde os 84 dB(A) – índice de isolamento de 29. Níveis de 89 dB(A) poderão ser emitidos com a alternativa de se encostar a porta – índice de 34. Caso se pretenda laborar com a porta fechada, então poderão ser emitidos valores na ordem dos 90 dB(A) – índice de isolamento sonoro de 36.

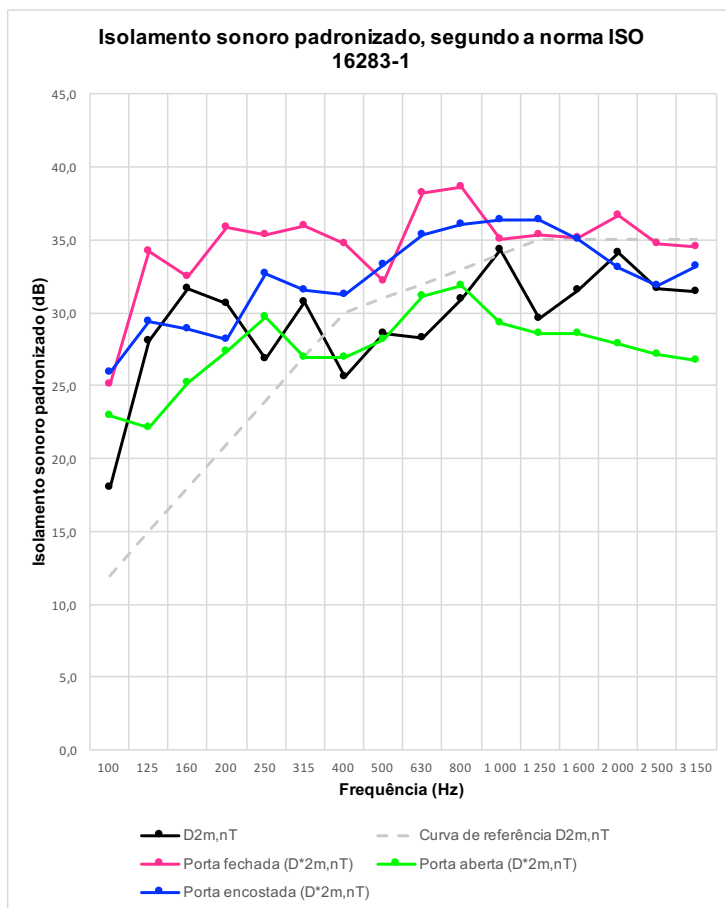


Figura 5.48 – Isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos - RendezVous

#### 5.3.9.3. Funcionamento do bar/discoteca

O “RendezVous” é um espaço que funciona sobretudo como pista de dança o que faz com que os níveis de pressão sonora sejam normalmente elevados.

Consultar a ficha técnica A9 colocada no CD.

#### 5.3.10. MAOMARIA – FICHA TÉCNICA 10

Localizado, uma vez mais, na Rua de Cândido dos Reis, rua mais movimentada da *movida* do Porto, o “MaoMaria” é um dos bares/discotecas mais antigos da baixa do Porto.

##### 5.3.10.1. Arquitetura

Por ser um espaço já com alguns anos, resultante de anterior reabilitação, podem ver-se alguns elementos em granito (já pouco comum nos dias de hoje) o qual, pela sua densidade, evita a passagem do som. Para além disso, todas as paredes do espaço são isoladas acusticamente. Os vidros colocados nas traseiras do espaço são duplos e por isso também com características acústicas.

Por o edifício ser património municipal, não foi possível fazer o isolamento acústico do teto.

A antecâmara, de 1,70m de profundidade, é também em vidro acústico com a caixilharia em madeira, bem como toda a fachada principal.



Figura 5.49 – Fachada principal do bar/discoteca – MaoMaria

À semelhança do caso anterior, o “MaoMaria” labora de forma mais frequente com este tipo de atividades. Aliás como acontece com o bar/restaurante “Nogueira’s” – conforme documentado na figura 5.33.

### 5.3.10.2. Resultados

A proximidade das linhas preta e rosa prova o teoricamente expectável; ou seja, que os índices de isolamento sonoro a sons aéreos são similares, com as duas portas fechadas, aquando da emissão no exterior e interior, neste caso 30 e 31, respetivamente.

De salientar que, o índice de isolamento sonoro será aproximadamente igual, independentemente da posição em que esteja a porta, na gama dos 160 Hz.

Naturalmente que nas restantes frequências, o isolamento acústico da entrada será bem menor quando a porta está aberta.

Para puderem ser emitidos níveis sonoros de 86 dB(A) sugere-se que o bar/discoteca labore com a porta fechada, considerando o índice de isolamento de 31.

Caso se pretenda trabalhar com a porta aberta, deve-se limitar o nível de pressão sonora de 75 dB(A), considerando o índice de isolamento de 20.

Por fim, o meio termo, porta encostada permite que se pratique no interior níveis de pressão sonora de 83 dB(A), para o índice de isolamento médio de 28.

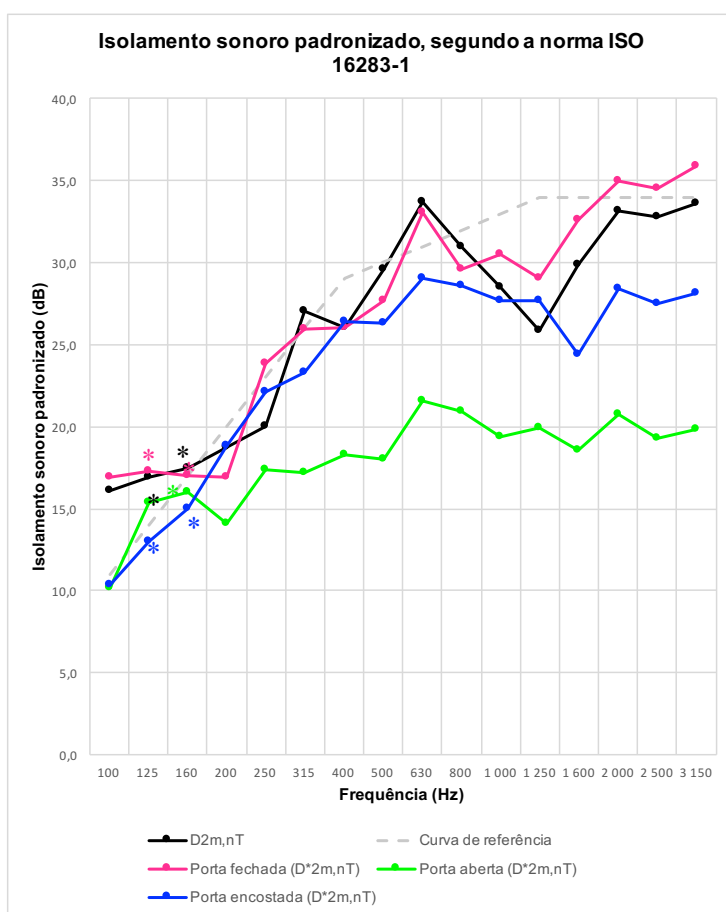


Figura 5.50 – Isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos – MaoMaria

### 5.3.10.3. Funcionamento do bar/discoteca

O “MaoMaria” é um espaço destinado a pista de dança, por excelência, tendo assim poucos lugares para sentar.

## 5.4. SUGESTÃO DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA EMITIDOS NO INTERIOR

Os valores dos níveis de pressão sonora sugeridos nos anteriores subcapítulos tiveram por base o limite de ruído ambiental exterior em zonas mistas, no período noturno de 55 dB(A), onde se somou o valor do isolamento da entrada. (RGR - DL n.º 278/2007, 2017)

Por outras palavras o fenómeno físico dá-se pela emissão de valores de pressão sonora (X), que é isolado pela fachada (Y), dando um valor recomendado de 55 dB(A),  $X-Y=55$  dB(A), preferencialmente.

Apresenta-se de seguida, um quadro resumo com os índices de isolamento sonoro da entrada, considerando a posição da porta (fechada, aberta ou encostada), e com os níveis de pressão sonora (sugeridos) emitidos no interior para que não se exceda o limite de ruído exterior de 55 dB(A).

| #  | NOME                    | FONTE NO INTERIOR |                             |              |                             |                 |                             |
|----|-------------------------|-------------------|-----------------------------|--------------|-----------------------------|-----------------|-----------------------------|
|    |                         | PORTA FECHADA     |                             | PORTA ABERTA |                             | PORTA ENCOSTADA |                             |
|    |                         | INDICE            | NIV. SONORO SUGERIDO, dB(A) | INDICE       | NIV. SONORO SUGERIDO, dB(A) | INDICE          | NIV. SONORO SUGERIDO, dB(A) |
| 1  | Fé Wine & Club          | 20                | 75                          | 10           | 65                          | 12              | (porta meia aberta)         |
| 2  | Sandhouse               | 28                | 83                          | 15           | 70                          | 26              | 80                          |
| 3  | Nogueira's              | 20                | 75                          | 16           | 71                          | 27              | 82                          |
| 4  | Era uma vez em Paris    | 33                | 88                          | 20           | 75                          | 28              | 83                          |
| 5  | Boulevard               | 24                |                             | 10           |                             | 20              |                             |
| 6  | The Gin House           | 27                | 82                          | 24           | 79                          | 26              | 81                          |
| 7  | Bierhaus                | 33                | 88                          | 26           | 81                          | 32              | 87                          |
| 8  | The Royal Cocktail Club | 28                | 83                          | 22           | 77                          | 29              | 84                          |
| 9  | RendeVous bar           | 36                | 90                          | 29           | 84                          | 34              | 89                          |
| 10 | MaoMaria                | 31                | 86                          | 20           | 75                          | 28              | 83                          |

Quadro 5.6 – Quadro resumo dos níveis de ruído no interior, dB(A)



# 6

## CONCLUSÕES

### 6.1. REFLEXÃO INICIAL

Na fase inicial do presente estudo, foi feita pesquisa sobre os conhecimentos relativos ao assunto abordado. Em boa verdade, verificou-se que são poucos os conhecimentos publicados na matéria, nomeadamente aqueles relativos ao isolamento de fachadas em espaços lúdicos fechados. Esta foi uma motivação acrescida para a dissertação.

No contexto da *movida* do Porto – que envolve tantas pessoas, entre utentes e funcionários – até à data não tinham sido realizados ensaios de investigação científica.

A presente investigação permitiu entender, com maior esclarecimento, a forma como a entrada dos estabelecimentos poderá influenciar diretamente a acústica dos espaços respetivos – interior dos estabelecimentos e exterior.

Sabia-se de antemão que, em princípio, o facto de se manter a porta fechada iria contribuir para que o isolamento do espaço tivesse melhor rendimento, impossibilitando que o som se transmitisse ao exterior. Contudo, não poderia imaginar-se que a diferença existente entre as alternativas de manter a porta aberta ou encostada fosse da ordem de grandeza demonstrada no capítulo anterior.

De facto, a atitude de se manter a porta encostada, em vez de a deixar completamente aberta, terá uma enorme influência no isolamento acústico da entrada.

Observou-se, como seria de esperar, que, na opção de manter a porta de entrada completamente fechada o sinal emitido que passa para o exterior tem um nível de pressão sonora muito inferior quando comparado com emissões com a porta aberta, ou mesmo encostada. Contudo, não será esta a situação que se entende preferencial, dado que o facto de se manter a porta fechada influencia muito negativamente a relação dos clientes com o estabelecimento, condicionando o acesso por desmotivação dos utentes, consequentemente prejudicando os negócios.

A possibilidade de se manter a porta encostada em opção a tê-la completamente aberta, não poderá ser respondida com exatidão, dada a diversidade de casos existentes. Como já exemplificado em capítulos anteriores, manter a porta fechada, nunca será alternativa no que diz respeito ao nível de atratividade dos bares/discotecas; que saem sempre prejudicados com o encerramento da mesma.

Contudo, como é visível nos resultados apresentados no capítulo 5, é notória a diferença de isolamento da entrada entre a porta aberta e entreaberta, onde a segunda apresenta um melhor desempenho.

Existem casos, onde será quase imperativo encerrar ou encostar a porta em horários de laboração, dado os níveis de pressão sonora existente no interior do espaço. Existe sempre a alternativa, como sugerido no *road map*, de se realizarem ensaios acústicos no sentido de melhorar a absorção sonora do espaço, através da colocação de diversos materiais com características absorventes, contribuindo, consequentemente, para a melhoria do isolamento sonoro.

## 6.2. CUMPRIMENTO DE OBJETIVOS

No que diz respeito à execução dos ensaios, era pretensão que estes pudessem ter sido realizados noutras condições: teria sido preferível realizar os testes em altura que houvesse menos ruído na rua, após o encerramento dos bares/discotecas, em dias de semana. Tal não se tornou possível por razões de ordem logística, por parte dos gerentes/proprietários; este assunto é explanado no subcapítulo 6.4.

De igual modo, para os testes teria sido preferível usar maior potência sonora, com níveis 10 dB acima dos ruídos de fundo – como se poderá ver nos gráficos de níveis sonoros v.s. ruídos de fundo, presentes em anexos – principalmente quando se mediam os níveis de pressão sonora no exterior. Dessa forma, os resultados obtidos seriam mais concludentes por se garantir com 100% de certeza que, aquando a emissão sonora no interior, com a porta fechada, seria medida no exterior a proveniência da fonte sonora, sem interferência de ruídos com origem na rua.

## 6.3. CONCLUSÕES DOS CAPÍTULOS

Do capítulo 2, estado de conhecimento, é possível concluir que existe pouca informação no que respeita estritamente ao assunto em questão – isolamento de entradas em discotecas/bares. Existem contudo inúmeros artigos ligados ao isolamento de fachadas em geral e aos problemas auditivos relacionados com más condições acústicas em restaurantes e discotecas.

Conforme o conteúdo desta dissertação, também noutros estudos deverão ser bem consolidadas as noções de isolamento bruto, isolamento sonoro padronizado e tempo de reverberação. Constituem conceitos essenciais a este assunto.

Da metodologia experimental, capítulo 3, é de realçar a importância de se realizarem os ensaios com uma fonte sonora com potência necessária para que o sinal emitido seja superior em 10 dB ao ruído de fundo existente. Em particular, para ruas movimentadas.

Caso possível, recomenda-se que sejam bem escolhidos os horários de realização das medições, no sentido de procurar altura do dia com menos movimento.

É importante minimizar ao máximo a influência do ruído de fundo nas medições; daí tanto o nível de pressão sonora emitida como o horário de realização dos ensaios serem fatores determinantes para esta investigação.

Do capítulo 4, nada, em particular, se pode concluir dado que se trata da apresentação do caso de estudo.

Tratando-se as conclusões do capítulo 5, do cerne desta dissertação as mesmas serão apresentadas, posteriormente neste capítulo.



#### 6.4. IDENTIFICAÇÃO DAS DIFICULDADES

Uma das maiores dificuldades encontradas neste estudo terá sido encontrar a melhor altura para realização dos ensaios. Procurou-se o período do dia em que o ruído de fundo, proveniente da rua, era menor, conforme referido no subcapítulo 6.2.

Ora, facilmente se concluiu que o horário ideal seria o noturno; mas este coincide com o período de laboração dos bares/discotecas, o que dificultaria as medições.

Ponderou-se realizar os ensaios após o encerramento dos espaços, situação que foi quase sempre recusada pelas gerências dos estabelecimentos por interferir com a logística dos bares/discotecas.

Sendo conveniente que as medições se realizassem com o menor número de pessoas possível presente no espaço, para que não interferissem com ruídos, após um primeiro ensaio teste chegou-se à conclusão que o período que se segue imediatamente à hora de almoço seria o mais adequado para as medições. Entendeu-se que este horário seria mais conveniente aos gerentes dos espaços. Por outro lado, seria menor o ruído proveniente da rua.

Outro problema resultou da falta de colaboração por parte de gerentes de alguns estabelecimentos que, para além de não demonstrarem interesse ou empenho para a realização dos ensaios, não davam respostas definitivas sobre as necessárias autorizações, daí advindo situações inconvenientes ao progresso do estudo.

Como já dito anteriormente, pela circunstância do tema do isolamento de fachadas em discotecas e bares ser pouco estudado, não foi exequível encontrar um documento base de trabalho que servisse como “*guide line*” da investigação. Para além de que alguns artigos de grande interesse para esta tese eram de acesso restrito ou limitado por razões orçamentais.

#### 6.5. PERSPETIVAS DE DESENVOLVIMENTO FUTURAS

Os ensaios realizados em 10 bares/discotecas do Porto representam uma amostra no que diz respeito ao universo de espaços lúdicos noturnos da cidade. Por isso, em desenvolvimentos futuros pretende-se que o estudo tenha uma amostragem mais alargada, com o estudo de mais estabelecimentos, de forma a poderem encontrar-se semelhanças entre os comportamentos acústicos, face às disposições construtivas utilizadas.

Numa outra perspetiva, propõe-se, no seguinte subcapítulo 6.6, o estudo e análise mais aprofundada de certos espaços, de forma a que a presente investigação possa ser usada na resolução desses casos particulares.

Será do interesse de desenvolvimento futuro desta investigação procurar realizar os ensaios em período noturno, de forma a que se evite noturnos, para que se evite a interferência do ruído da rua nas medições, obtendo-se desta forma resultados mais fiáveis.

Isto não significa que os ensaios realizados nesta dissertação não sejam válidos ou abonáveis, até porque foram feitas as devidas correções exigidas pela norma EN ISO 16283-1 2014 quando não eram cumpridos os valores das equações 3 e 4 do capítulo 3. Contudo, quanto maior for a diferença entre o nível de pressão sonora do ruído de fundo, com a fonte emitindo som, e o ruído de fundo com fonte desligada, mais credíveis serão os ensaios.

Poderá ser interessante realizar os ensaios com uma fonte sonora mais potente para que, mais uma vez, se minimize a interferência do ruído de fundo nas medições.

De forma a tornar os testes mais adaptados à realidade, e às situações do quotidiano, poderá ser interessante realizar as *verificações reais*; ou seja, recorrendo ao sistema de som dos próprios espaços, e desta forma serem ensaiadas as verdadeiras condições em que os espaços laboram.

## 6.6. PROPOSTA DE RESOLUÇÃO

Para uma possível tentativa de resolução do problema apresenta-se um *road map*, que servirá como linha guia de estudo e levantamento de ruído em todos os bares/discotecas existentes na cidade do Porto, o qual se descreve em seguida.

Numa primeira fase, deveria começar-se por separar os bares/discotecas que são alvo de reclamações daqueles que não suscitassem problemas de vizinhança.

Da lista daqueles que tivessem obtido queixas, deveriam realizar-se ensaios de isolamento de fachada, com especial atenção para a influência da entrada, de forma a provar a veracidade das acusações. Caso não se comprovasse a veracidade da reclamação o bar/discoteca seria registado como em conformidade. Caso contrário, seria prosseguida a investigação.

Na fase seguinte, seria estudada a forma de laboração do bar/discoteca:

Caso o estabelecimento trabalhasse com a porta aberta, a solução poderia passar por encosta-la, já que conforme o subcapítulo 4.3 a decisão de manter a porta completamente encerrada poderia não ser satisfatória.

Se o bar/discoteca já trabalhasse com a porta encostada, ou mesmo fechada, outras medidas teriam que ser tomadas:

- A realização de um projeto de acústica seria necessária, para analisar a eventual colocação de painéis ou materiais absorventes nas paredes;
- Construção de uma antecâmara;
- Colocação de colunas direccionas, de forma a emitir o som para uma zona específica, como a pista de dança.

Obviamente, também para o caso eventual de por opção, o estabelecimento trabalhar de porta aberta, poder-se-iam de igual forma, aplicar as medidas referidas no parágrafo anterior.

Considerando as reclamações o ponto de partida do proposto *road map*, nenhum dos 10 bares/discotecas estudados se enquadra, numa primeira fase, em situação desfavorável.

De acordo, com as informações recebidas pelos proprietários e gerentes dos espaços, os defeitos a nível de isolamento acústico foram resolvidos após o aparecimento das primeiras reclamações; acrescentam que até à data não têm recebido queixas. Contudo, segundo o proposto *road map*, o aparecimento de uma reclamação, ainda que sem sentido técnico, isto é, por implicação dos vizinhos, colocará o espaço sujeito à realização de ensaios acústicos.

Finalmente, é nossa opinião que a solução dos problemas reportando ao isolamento acústico de bares/discotecas passa por uma convergência de vontades e estabelecimento de compromissos razoáveis, entre o município do Porto e a “Associação de bares e discotecas da movida do Porto”. Assim poderá resultar uma boa qualidade de vida de utentes e funcionários no contexto da movida, sem prejuízo das vizinhanças.

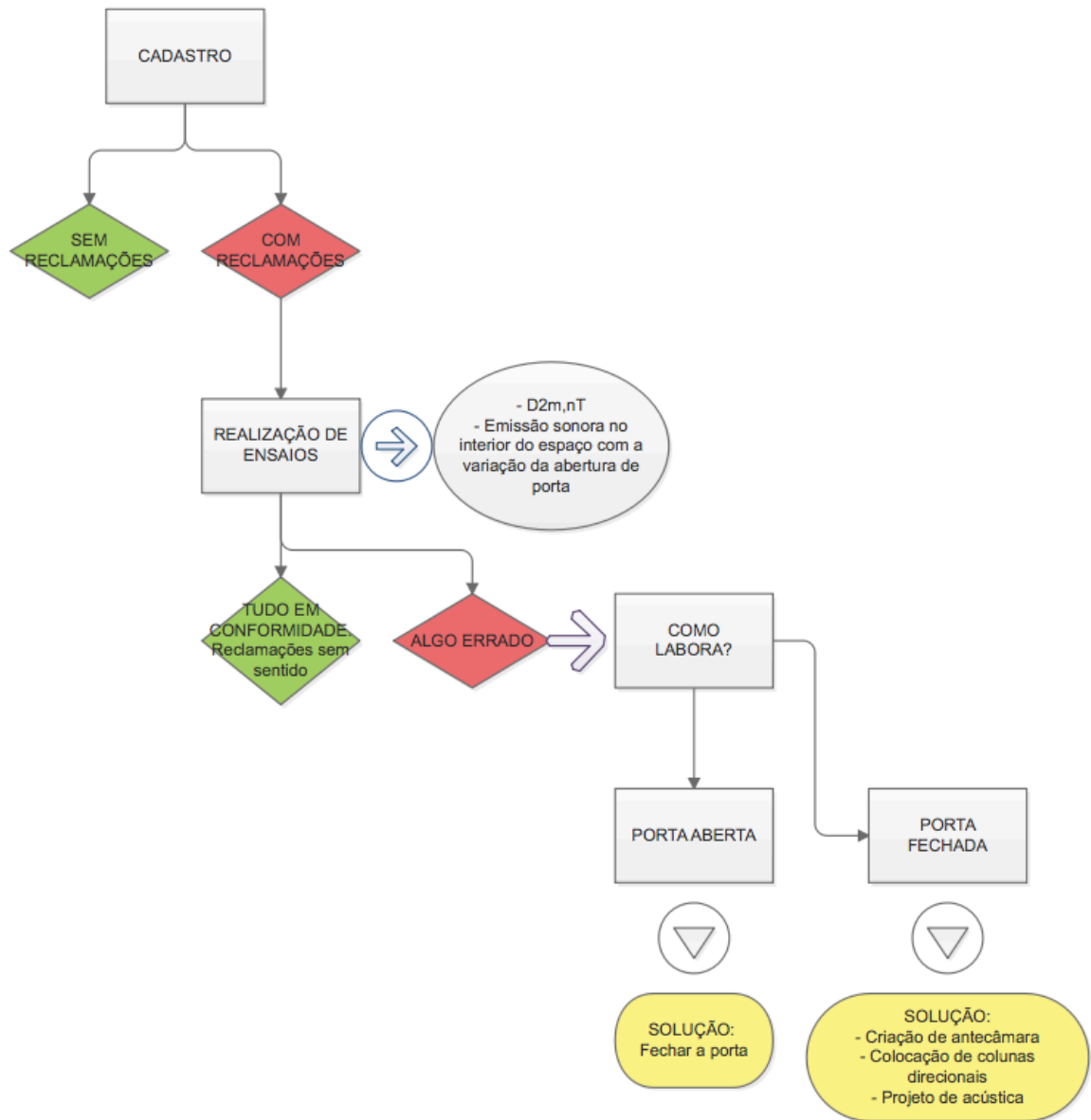


Figura 6.51 – Roadmap proposta para solucionar o problema existente



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acoustics — Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements — Part 1: Airborne sound insulation** - [Em linha], atual. 2014. [Consult. 13 mar. 2018]. Disponível em WWW:<URL:https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:16283:-1:ed-1:v1:en>.
- BILLINGS, B. - « FEELING THE MUSIC CAN BE DANGEROUS TO YOUR HEALTH»©. **Article posted on www. omnisonic. com.** <http://www. omnisonic. com/bbillings. htm>. 2000).
- BRAY, Adam; SZYMAŃSKI, Marcin; MILLS, Robert - Noise induced hearing loss in dance music disc jockeys and an examination of sound levels in nightclubs. **The Journal of Laryngology & Otology**. . ISSN 1748-5460. 118:2 (2004) 123–128.
- CABALLOL, David - Documentos de estudio de la asignatura de Acondicionamiento Acústico. 2018).
- CARVALHO, António Pedro Oliveira De - Texto de Apoio à Disciplina de Acústica Ambiental e de Edifícios. **Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto**. 2007).
- CRIM, Stephen J. (Stephen Johnson) - **Developing a theory of nightclub location choice** [Em linha]. [S.l.] : Massachusetts Institute of Technology, 2008 [Consult. 7 nov. 2017]. Disponível em WWW:<URL:http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/44354>. Thesis.
- Decreto-Lei 96/2008, 2008-06-09** - [Em linha] [Consult. 23 jun. 2018]. Disponível em WWW:<URL:https://dre.pt>.
- Decreto-Lei n.º 9/2007 - Diário da República n.º 12/2007, Série I de 2007-01-17** - [Em linha], atual. 2007. [Consult. 2 abr. 2018]. Disponível em WWW:<URL:https://dre.pt>.
- Edital 588/2017, 2017-08-17** - [Em linha], atual. 2017. [Consult. 6 ago. 2018]. Disponível em WWW:<URL:https://dre.pt>.
- FERREIRA, Diogo M. - Acoustic behavior of facades: Acoustic isolation versus air permeability. **The Journal of the Acoustical Society of America**. . ISSN 0001-4966. 141:5 (2017) 3666–3666. doi: 10.1121/1.4987947.
- GOOGLE MAPS - **TESE – Google Os Meus Mapas** [Em linha], atual. 2008. [Consult. 5 jun. 2018]. Disponível em WWW:<URL:https://www.google.com/maps/d/edit?mid=16ogBqZqjNsGpzSpq07aDeXlwpRde5x-O&ll=41.14717909240538,-8.61388979477465&z=20>.
- GUNDERSON, Erik; MOLINE, Jacqueline; CATALANO, Peter - Risks of developing noise-induced hearing loss in employees of urban music clubs. **American journal of industrial medicine**. . ISSN 1097-0274. 31:1 (1997) 75–79.
- GUTIÉRREZ, A. Sánchez; GONZALO, F. Del Ama - ACOUSTIC BEHAVIOR OF ACTIVE GLAZING FACADES WITH CIRCULATING WATER CHAMBER. 2012).
- IMPERALUM - Conceitos gerais de acústica ArchivesImperialum, 2018. [Consult. 13 jun. 2018]. Disponível em WWW:<URL:https://www.imperialum.com/solucoes\_relationship/conceitos-gerais-de-acustica/>.
- INFOPÉDIA - **Definição ou significado de problemática no Dicionário Infopédia da Língua Portuguesa** [Em linha], atual. 2018. [Consult. 27 fev. 2018]. Disponível em WWW:<URL:https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/problem%C3%A1tica>.

KINSLER, Lawrence E. *et al.* - Fundamentals of acoustics. **Fundamentals of Acoustics, 4th Edition, by Lawrence E. Kinsler, Austin R. Frey, Alan B. Coppens, James V. Sanders, pp. 560. ISBN 0-471-84789-5. Wiley-VCH, December 1999. 1999) 560.**

LATOURE, Jean-François - Using color mapping of sound intensity measurement to detect and identify sound isolation weak spots. **The Journal of the Acoustical Society of America**. . ISSN 0001-4966. 141:5 (2017) 3785–3785. doi: 10.1121/1.4988335.

LONG, Marshall - **Architectural acoustics**. [S.l.] : Elsevier, 2005. ISBN 0-08-052755-8.

MAK, Cheuk Ming - Special issue on building acoustics and noise control. **Building and Environment**. . ISSN 03601323. 94:2015) 751. doi: 10.1016/j.buildenv.2015.10.011.

MAK, Cheuk Ming; WANG, Zhen - Recent advances in building acoustics: An overview of prediction methods and their applications. Fifty Year Anniversary for Building and Environment. **Building and Environment**. . ISSN 0360-1323. 91:2015) 118–126. doi: 10.1016/j.buildenv.2015.03.017.

METRO DO PORTO - **História** [Em linha] [Consult. 23 mai. 2018]. Disponível em WWW:<URL:<https://www.metrodoporto.pt/pages/321>>.

MIRANDA, Juan Rodrigo Chávez - Ruido: Efectos sobre la salud y criterio de su evaluación al interior de recintos. **Revista ciencia y trabajo**. 8:20 (2006) 42–6.

NAVAI, Manna; VEITCH, Jennifer A. - **Acoustic Satisfaction Review Acoustic Satisfaction in Open-Plan Offices: Review and Recommendations**

OLIVEIRA, Maria José - **LOCAL PORTO. Febre de sábado à noite** [Em linha], atual. 1 mai. 2000. [Consult. 25 mai. 2018]. Disponível em WWW:<URL:<https://www.publico.pt/2000/05/01/jornal/febre-de-sabado-a-noite-143287>>.

**Porto Vivo - Sociedade de Reabilitação Urbana** - [Em linha] [Consult. 23 mai. 2018]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.portovivosru.pt/pt/porto-vivo-sru/apresentacao>>.

**RGR - DL n.º 278/2007** - [Em linha], atual. 1 ago. 2017. [Consult. 10 jun. 2018]. Disponível em WWW:<URL:[http://www.pgdlisboa.pt/leis/lei\\_mostra\\_articulado.php?nid=1210&tabela=leis&so\\_mio=lo=>](http://www.pgdlisboa.pt/leis/lei_mostra_articulado.php?nid=1210&tabela=leis&so_mio=lo=>).

SADHRA, S. *et al.* - Noise exposure and hearing loss among student employees working in university entertainment venues. **Annals of Occupational Hygiene**. . ISSN 1475-3162. 46:5 (2002) 455–463.

**Shakespeare's Rose theatre to stage a dramatic return from the depths | News | The Times** - [Em linha] [Consult. 18 mar. 2018]. Disponível em WWW:<URL:<https://www.thetimes.co.uk/article/shakespeares-rose-theatre-to-stage-a-dramatic-return-from-the-depths-cgfld329v>>.

**Teatro All'Antica - Comune di Sabbioneta (MN)** - [Em linha] [Consult. 18 mar. 2018]. Disponível em

WWW:<URL:[http://www.comune.sabbioneta.mn.it/servizi/tourturistico\\_slideshow/tour\\_fase03.aspx?ID=24](http://www.comune.sabbioneta.mn.it/servizi/tourturistico_slideshow/tour_fase03.aspx?ID=24)>.

TEIXEIRA DA SILVA, Lucas; OLIVEIRA GROENWALD, Claudia Lisete; HOMA, Iaqchan - **Um estudo sobre a execução de sons e criação de músicas no software GeoGebra** [Em linha], atual. mai. 2017. [Consult. 13 jun. 2018]. Disponível em WWW:<URL:[https://www.researchgate.net/figure/Figura-6-Programando-o-objeto-para-execucao-do-som\\_fig3\\_325428407](https://www.researchgate.net/figure/Figura-6-Programando-o-objeto-para-execucao-do-som_fig3_325428407)>.

**The Greek Theater** - [Em linha] [Consult. 18 mar. 2018]. Disponível em WWW:<URL:<http://greektheater.pbworks.com/w/page/15675371/The%20Greek%20Theater-%20Nut%20Aishu%20May>>.





## **Anexos**

### **EM PAPEL:**

**A6. FICHA TÉCNICA THE GIN HOUSE**

**A7. FICHA TÉCNICA BIERHAUS**

**A11. FICHA DE ESPECIFICAÇÕES – SONÓMETRO SOLO 01dB**

**A12. FICHA DE ESPECIFICAÇÕES – JBL EON 15 G2**

**A13. FICHA DE ESPECIFICAÇÕES – JBL EON**

### **EM CD:**

**A1. FICHA TÉCNICA FÉ WINE & CLUB**

**A2. FICHA TÉCNICA SANDHOUSE PORTO**

**A3. FICHA TÉCNICA NOGUEIRA'S PORTO**

**A4. FICHA TÉCNICA ERA UMA VEZ EM PARIS**

**A5. FICHA TÉCNICA BOULEVARD**

**A6. FICHA TÉCNICA THE GIN HOUSE**

**A7. FICHA TÉCNICA BIERHAUS**

**A8. FICHA TÉCNICA THE ROYAL COCKTAIL CLUB**

**A9. FICHA TÉCNICA RENDEZVOUS**

**A10. FICHA TÉCNICA MAOMARIA**

**A11. FICHA DE ESPECIFICAÇÕES – SONÓMETRO SOLO 01dB**

**A12. FICHA DE ESPECIFICAÇÕES – JBL EON 15 G2**

**A13. FICHA DE ESPECIFICAÇÕES – JBL EON**



# **Anexo A6**

## **FICHA TÉCNICA THE GIN HOUSE**



**NOME: THE GIN HOUSE**

**MORADA: R. DE CÂNDIDO DOS REIS 70, 4050-151 PORTO**

**DATA DE ABERTURA: 2012**

**06**

**HORÁRIO DE FUNCIONAMENTO:**

segunda-feira: 19h – 02h

terça-feira: 19h – 02h

quarta-feira: 19h – 02h

quinta-feira: 19h – 02h

sexta-feira: 19h – 04h

sábado: 19h – 04h

domingo: 21h – 02h

**ÁREA DO ESPAÇO: 200 m<sup>2</sup>**

**COMPRIMENTO DA FACHADA: 7 m**

**NÚMERO DE PISOS: 2**

**SERVIÇO DE ESPLANADA: Sim**

**ENSAIOS ACÚSTICOS PRÉVIOS:**

Sim. Ensaios exigidos pela Câmara do Porto

**PROJETO ACÚSTICO INICIAL:**

O projeto foi realizado, por uma empresa especializada na área, segundo 3 parâmetros: Incomodidade sonora; propagação sonora pelos elementos estruturais; qualidade acústica interior.

**ANTERIORES RECLAMAÇÕES:**

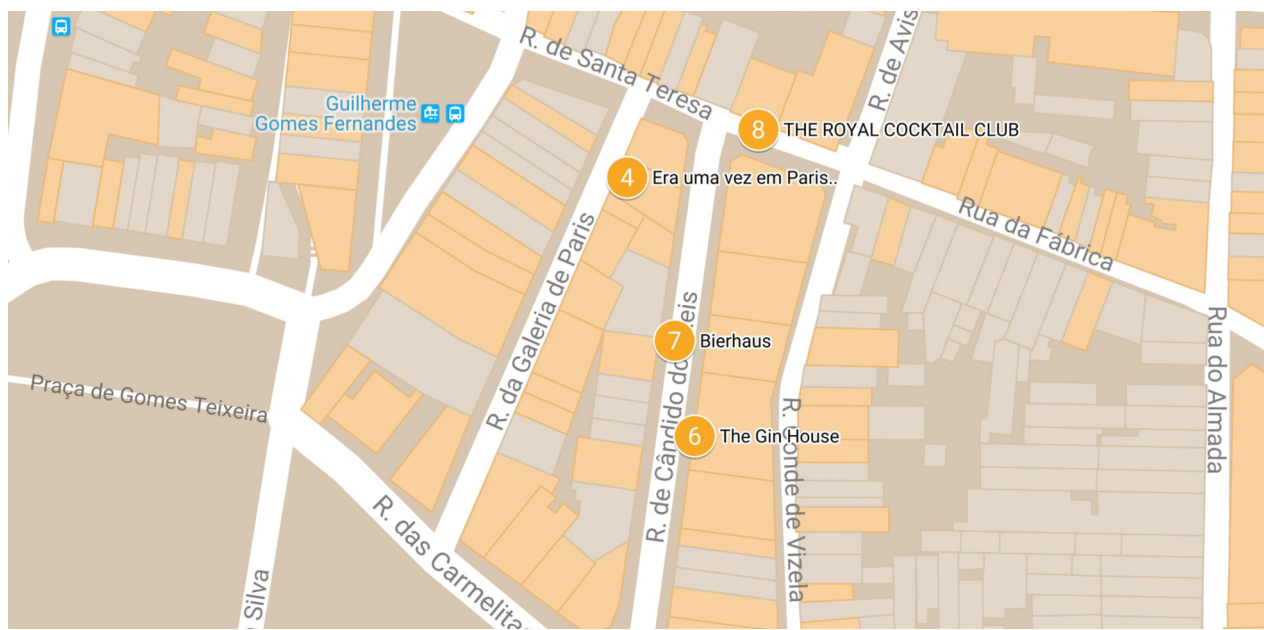
Sem reclamações até à data.

**SISTEMA DE SOM:** par de colunas Eysoundpro na sala de entrada.

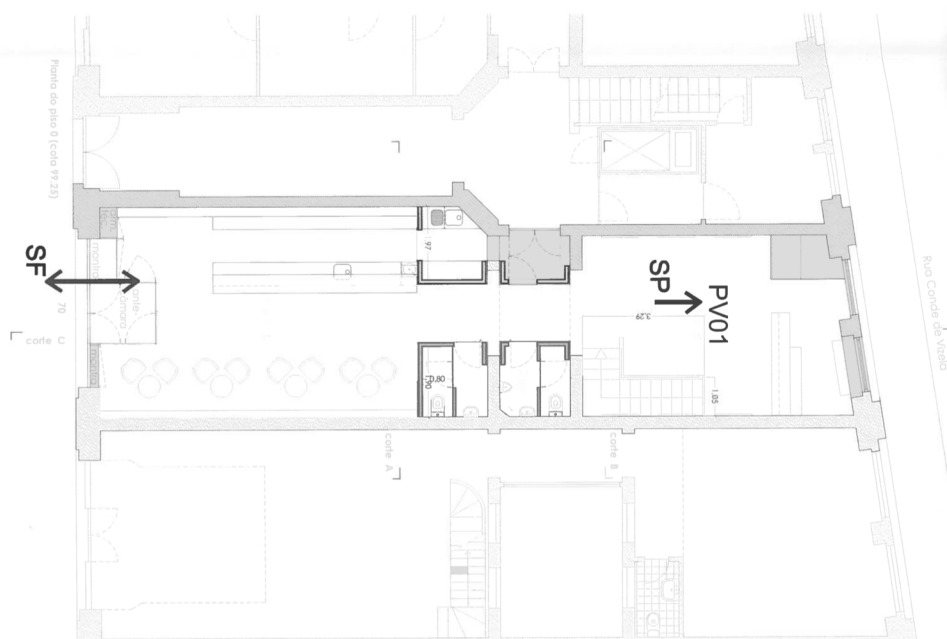
**POTÊNCIA (W):** sem informação

**LIMITADOR:** 92 dB

**LOCALIZAÇÃO:** Mapa retirado do Google Maps, 2018



## PLANTA DO ESPAÇO:



## FOTOGRAFIA EXTERIOR DO BAR/DISCOTECA:





**FOTOGRAFIA INTERIOR DO BAR/DISCOTECA:**



**FOTOGRAFIA DE PORMENORES RELEVANTES:**



#### CARACTERIZAÇÃO DA PORTA:



#### TIPO DE FUNCIONAMENTO DO ESPAÇO (PORTA ABERTA/FECHADA):

Porta exterior aberta e porta interior fechada, que abre para a entrada e saída de clientes.

Ensaio realizado no dia: 24 de maio de 2018

**$D_{2M,NT} = 27$**

(fonte fora, porta fechada, de acordo com a norma.)

**$D^*_{2M,NT} = 27$**

(coluna no interior; porta fechada)

**$D^*_{2M,NT} = 24$**

(coluna no interior; porta aberta)

**$D^*_{2M,NT} = 26$**

(coluna no interior; porta encostada)

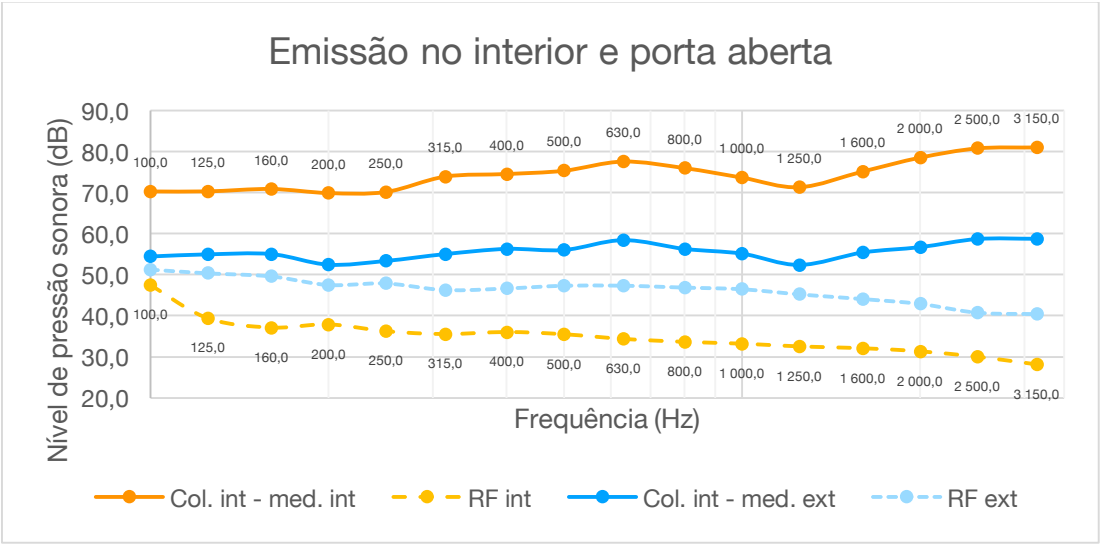
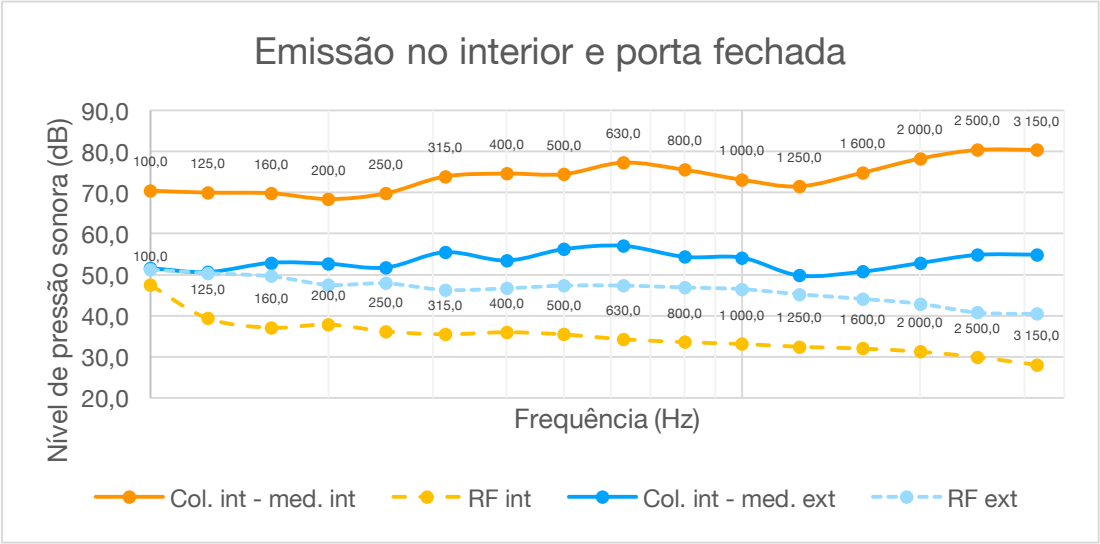
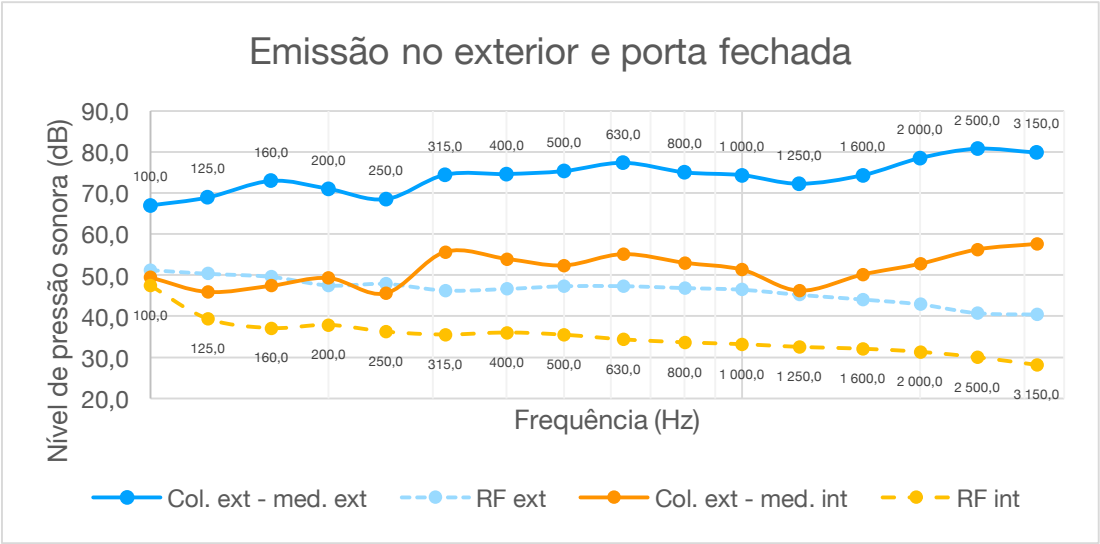
**RUÍDO DE FUNDO EXTERIOR MÉDIO: 47,2 dB**

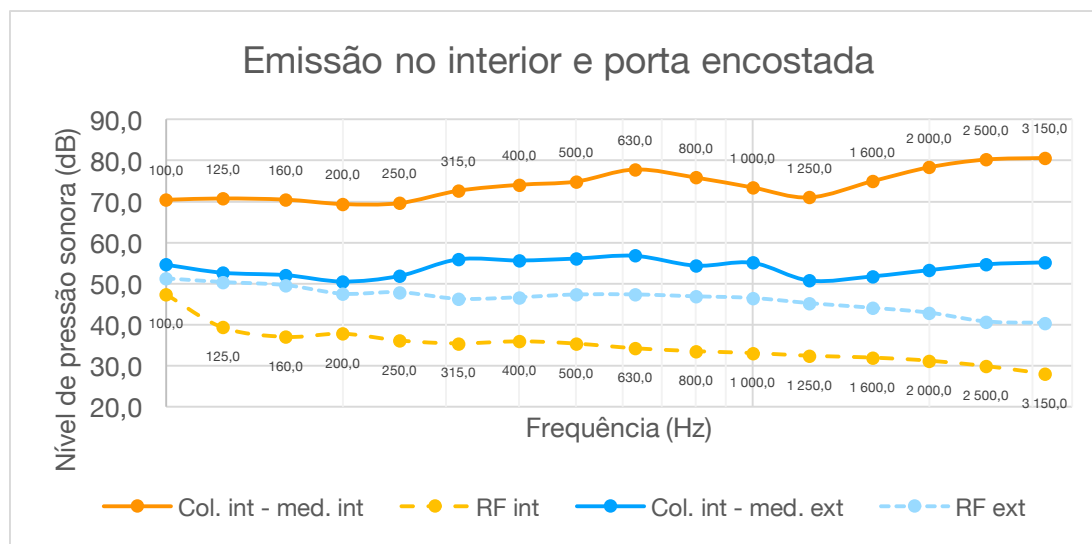
**RUÍDO DE FUNDO INTERIOR MÉDIO: 38,2 dB**

\* Ensaio não exigido pela norma NP EN ISO 16283-1. Variantes realizadas para o estudo em que se centra a dissertação.

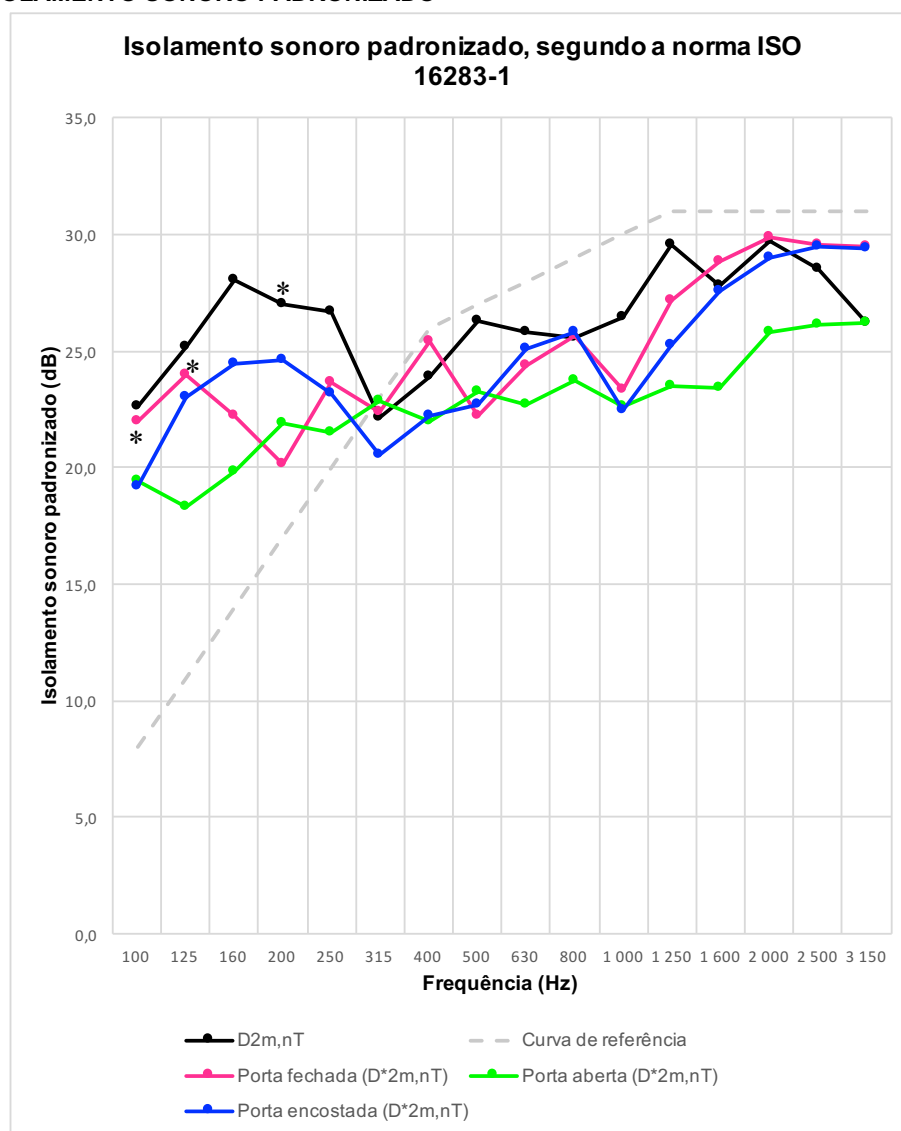


NÍVEL SONORO V.S. RUÍDO DE FUNDO





## CURVAS DE ISOLAMENTO SONORO PADRONIZADO



\* Valor corrigido manualmente devido a erros de medição. Ponto abordado no capítulo 5.3

# **Anexo A7**

## **FICHA TÉCNICA BIERHAUS**



**NOME: BIERHAUS**

**MORADA: R. DE CÂNDIDO DOS REIS 85, PORTO**

**DATA DE ABERTURA: SETEMBRO DE 2017**

**07**

**HORÁRIO DE FUNCIONAMENTO:**

segunda-feira: 19h – 02h

terça-feira: 19h – 02h

quarta-feira: 19h – 02h

quinta-feira: 19h – 02h

sexta-feira: 19h – 04h

sábado: 19h – 04h

domingo: 19 – 02h

**ÁREA DO ESPAÇO:** 70 m<sup>2</sup>

**COMPRIMENTO DA FACHADA:** 5 m

**NÚMERO DE PISOS:** 1

**SERVIÇO DE ESPLANADA:** Sim

**ENSAIOS ACÚSTICOS PRÉVIOS:**

Sim, ensaios de incomodidade sonora exigidos pela Câmara do Porto.

**PROJETO ACÚSTICO INICIAL:**

O projeto foi realizado, por uma empresa especializada na área, segundo 3 parâmetros: Incomodidade sonora; propagação sonora pelos elementos estruturais; qualidade acústica interior.

**ANTERIORES RECLAMAÇÕES:**

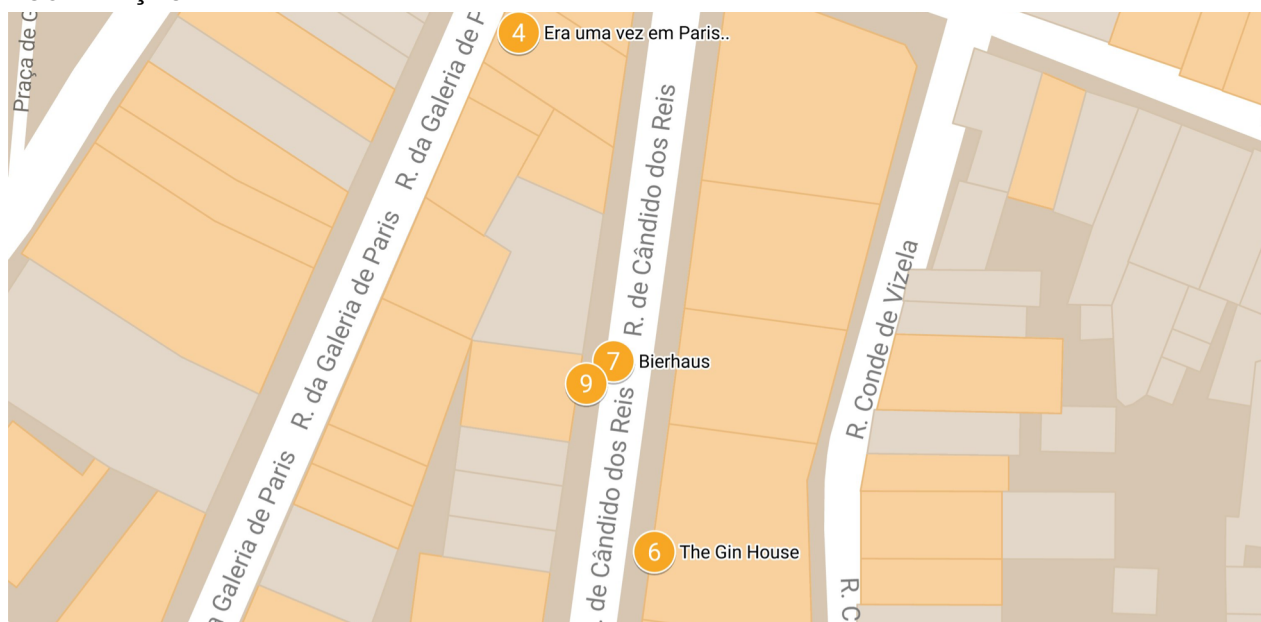
Sem reclamações até à data.

**SISTEMA DE SOM:** par de colunas Behringer

**POTÊNCIA (W):** sem informação

**LIMITADOR:** 97 dB

**LOCALIZAÇÃO:**



# PLANTA DO ESPAÇO:

FOTOGRAFIA EXTERIOR DO BAR/DISCOTECA:





**FOTOGRAFIA INTERIOR DO BAR/DISCOTECA:**



**FOTOGRAFIA DE PORMENORES RELEVANTES:**



#### CARACTERIZAÇÃO DA PORTA:



#### TIPO DE FUNCIONAMENTO DO ESPAÇO (PORTA ABERTA/FECHADA):

Porta exterior aberta e porta interior fechada, que abre para a entrada e saída de clientes.

Ensaio realizado no dia: 4 de junho de 2018

**$D_{2M,NT} = 33$**

(fonte fora, porta fechada, de acordo com a norma.)

**$D^*_{2M,NT} = 33$**

(coluna no interior; porta fechada)

**$D^*_{2M,NT} = 26$**

(coluna no interior; porta aberta)

**$D^*_{2M,NT} = 32$**

(coluna no interior; porta encostada)

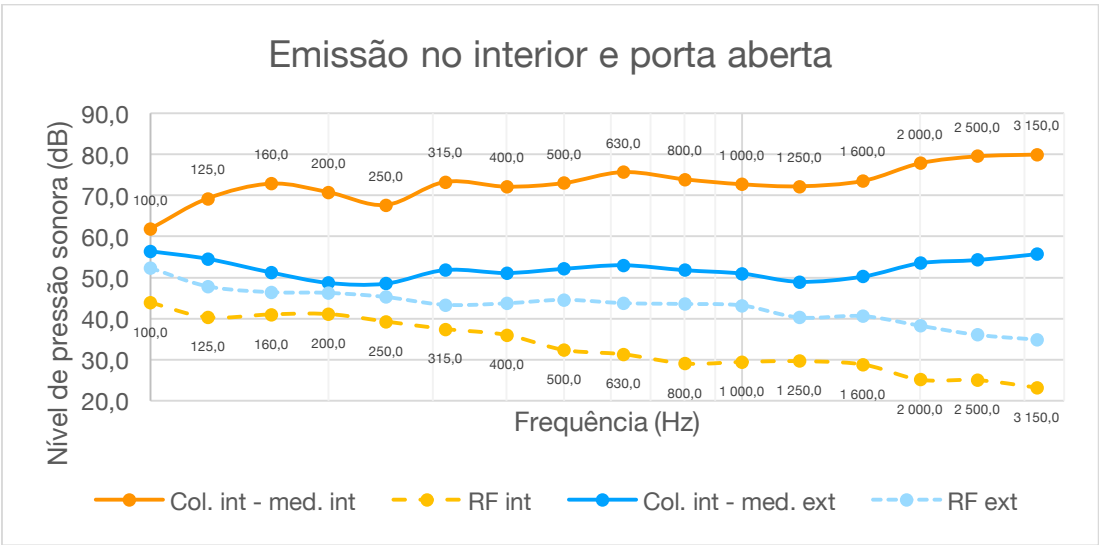
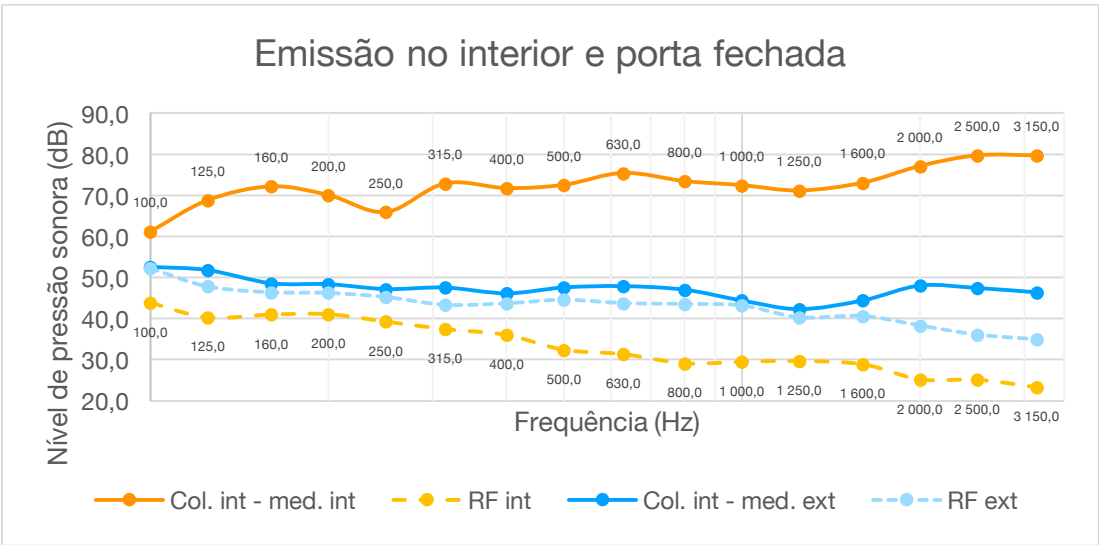
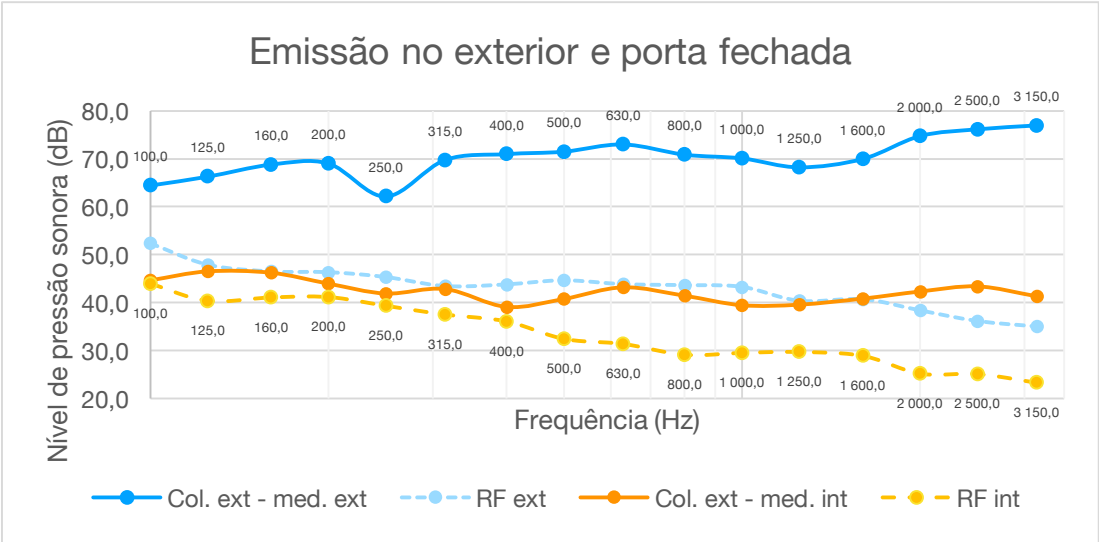
**RUÍDO DE FUNDO EXTERIOR MÉDIO: 45,2 dB**

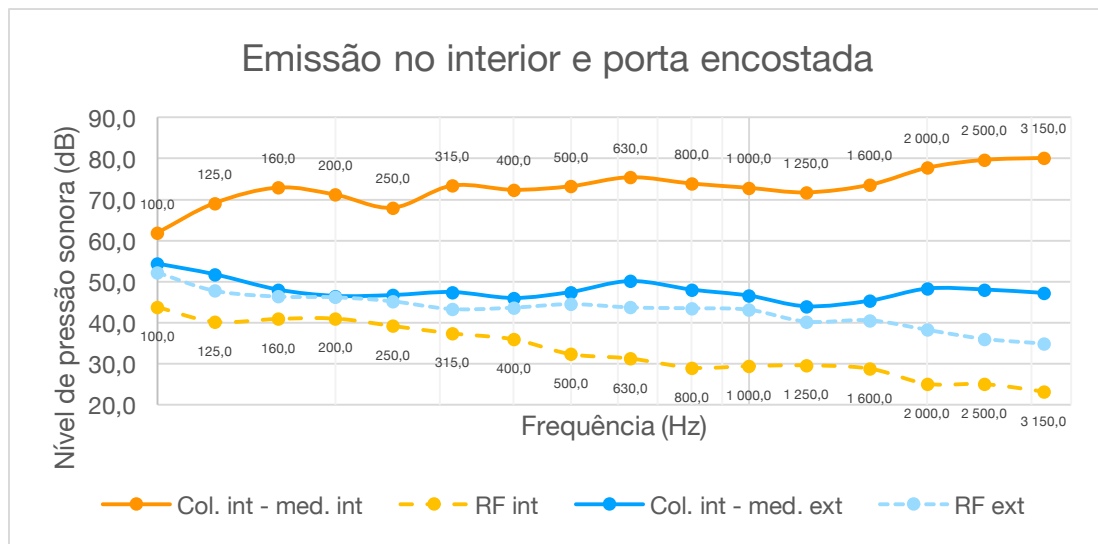
**RUÍDO DE FUNDO INTERIOR MÉDIO: 37,3 dB**

\* Ensaio não exigido pela norma NP EN ISO 16283-1. Variantes realizadas para o estudo em que se centra a dissertação.

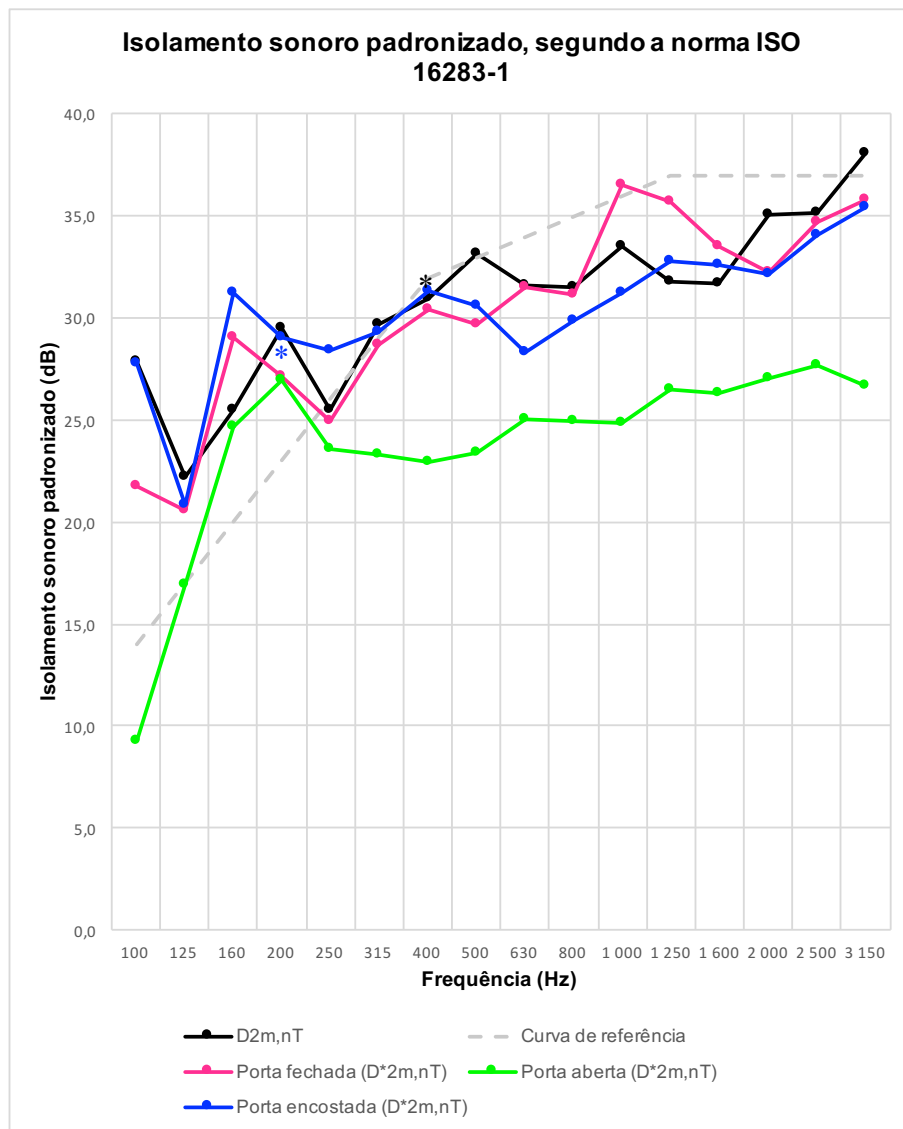


NÍVEL SONORO EMITIDO V.S. RUÍDO DE FUNDO





## CURVAS DE ISOLAMENTO SONORO PADRONIZADO



\* Valor corrigido manualmente devido a erros de medição. Ponto abordado no capítulo 5.3

# **Anexo A11**

## **FICHA DE ESPECIFICAÇÕES – SONÓMETRO SOLO 01dB**





**01dB** extends its range of sound level meters with the new generation of **Solo**, **Blue Solo**!!!

The result of an ongoing innovation process, **Blue Solo** provides the user with the latest technological advances in wireless communication. Using a Pocket PC as a remote control brings comfort, flexibility and mobility to field experiments.

These new functions are an asset to the user.

## **Blue Solo,** unrivalled performances...



### **Wireless Remote Control Module**

*Control Blue Solo and Experience mobility*

- ▶ Operate your **Blue Solo** by remote control from your Pocket PC
- ▶ Display and code events remotely
- ▶ Add voice/written comments



### **Memory Module**

*Record data on Blue Solo's extended memory and store with no limit*

- ▶ Make the most of the large memory capacity
- ▶ Access long-time measurements (data and audio)



### **Audio Module**

*Listen to Blue Solo's audio recordings*

- ▶ Listen to audio records and identify the nature of noise sources
- ▶ Analyze sound signals finely



### **Trigger Module**

*Code noise sources*

- ▶ Trig events on exceeded threshold
- ▶ Control logical outputs (TTL)



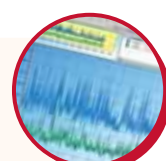
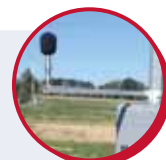
### **Enhance** your know-how

- ▶ in environmental acoustics
- ▶ in industrial acoustics
- ▶ in building acoustics
- ▶ in research and education



# Blue Solo Technical Specifications

| Features                                                                                                                 | Blue Solo                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Standards</b>                                                                                                         | IEC 61672-1 (2002) / NF EN 60651 (2000) / NF EN 60804 (2000) / ANSI 1.11 / ANSI 1.4<br>IEC 1260 (1995) / CEM EN 50081-1 and 2 / EN 50082-1 and 2                                                                                                                             |
| <b>Metrology</b>                                                                                                         | Single dynamic range: 20-137 dB(A) / class 1; 30-137 dB(A) / Class 2<br>Leq (from 20 ms to 10 s), Lp, Lpmin, Lpmax (S, F, I), Lpk (C, Z), A, B, C and Z weightings<br>Real-time (from 20 ms to 10 s) 1/1 and 1/3 octave multispectra (12.5 Hz – 20 kHz)                      |
| <b>Pocket PC Remote Control Module</b>  | Bluetooth wireless communication, class 1<br>Visual display and coding of data on the Pocket PC color screen (LAeq, LAFp, 1/3)<br>Written and voice comments<br>(synchronized with measurement file)                                                                         |
| <b>Audio Module</b>                     | Metrological audio storage (min. 1h45min (51.2 kHz) / max. 13h54min (6.4 kHz))<br>Sampling frequencies: 51.2 kHz / 25.6 kHz / 12.8 kHz / 6.4 kHz (24 bits)                                                                                                                   |
| <b>Memory Module</b>                    | 8 MB built-in Flash memory<br>1 GB extended memory on removable SDCard<br>LAeq (1s) > 100 dy / LAeq +1/3 (1 s): 8 dy 13 hr 36 min                                                                                                                                            |
| <b>Trigger Module</b>                   | Coding on preprogrammed threshold: code (.), code (..) or audio (...)<br>TTL output activation on trigger                                                                                                                                                                    |
| <b>USB transfer</b>                   | Acquisition front-end mode<br>File transfer mode                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>General performances</b>                                                                                              | Typical operating life: 24 hr (standard mode) / 16 hr (remote control mode)<br>Programmable start modes<br>Parallel measurement of all indicators<br>Time history of all indicators<br>Languages: French, English, Spanish, German, Italian, Dutch, Portuguese               |
| <b>Standard accessories</b>                                                                                              | Preamplifier PRE21S<br>Microphone: 1/2", 50 mV/Pa, class1 or 20 mV/Pa, class 2<br>Windscreen<br>Built-in battery and mains power supply<br>USB and RS232 cables<br>Carrying case<br>dBSLM32 transfer software                                                                |
| <b>Optional accessories</b>                                                                                              | Pocket PC Win CETM<br>Carrying pouch<br>External battery charger<br>Weatherproof case VES21<br>All-weather outdoor unit BAP21<br>Up to 100 m extension cable<br>Calibrator CAL21 class 1 or CAL02 class 2                                                                    |
| <b>Compatible software</b>                                                                                               | dBTrait: time and spectral history, event coding, audio recording, etc.<br>dBBati: processing of building measurements with standardised calculation<br>dBSolo: Pocket PC remote control software<br>USBTrig / USBBati / USBFa: real time PC-based data acquisition software |



The presented characteristics are subject to change without notice.

## 01dB-Metravib

200, Chemin des Ormeaux  
F-69578 Limonest Cedex  
Tel.: +33 (0)4 72 52 48 00  
Fax: +33 (0)4 72 52 47 47

environment@01db-metravib.com  
www.01db.com



01dB

# **Anexo A12**

## **FICHA DE ESPECIFICAÇÕES – JBL EON 15 G2**







# EON15 G2

Powered  
Speaker  
System



## Application:

Live sound reinforcement, speech, vocals, and music playback in entertainment, A/V, and institutional venues - especially when ease of use, audio quality and portability are important factors.

Amplification, mixing, and monitoring for electronic musical instruments.

## Key Features:

- ▶ The second generation of one of the most successful and influential professional speaker systems ever.
- ▶ 15" Differential Drive® low-frequency driver with dual neodymium magnet for light weight and reduced distortion.
- ▶ 1" (throat diameter) JBL compression driver with 1.75" titanium diaphragm and ferro-fluid cooling.
- ▶ 300 watts low-frequency and 100 watts high-frequency (bi-amplified) - actual power delivered to the drivers.
- ▶ Built in 3-input mixer. One balanced mic/line input, two 1/4" phone line-level inputs. Two-band equalization.
- ▶ Balanced loop-through/mix output. "Daisy-chain" additional EON speakers or send the mixed output to a mixing console.
- ▶ 60° x 90° (nominal) constant directivity horn.
- ▶ Thermomaster® Total Thermal Management System®. A single piece, cast-aluminum baffle integrates the woofer frame, horn, and amplifier heat sink. Air movement in the finned ports dissipates heat - no internal or external cooling fans are required.
- ▶ Rugged, light-weight, black co-polymer enclosure.
- ▶ Integral 35 mm pole mount receptacle.
- ▶ Multi-angle enclosure for front of house or stage monitor application.
- ▶ Tailored dynamic processing protects amplifiers and speakers from being over-driven without producing extreme changes in frequency response as level varies.
- ▶ Extended low-frequency performance Delivers powerful bass down to 39 Hz.

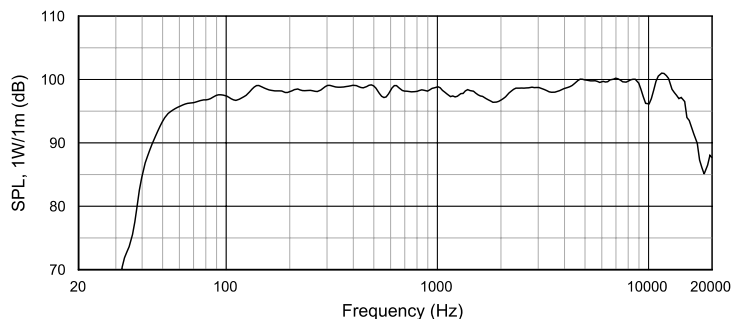


## Preliminary Specifications:

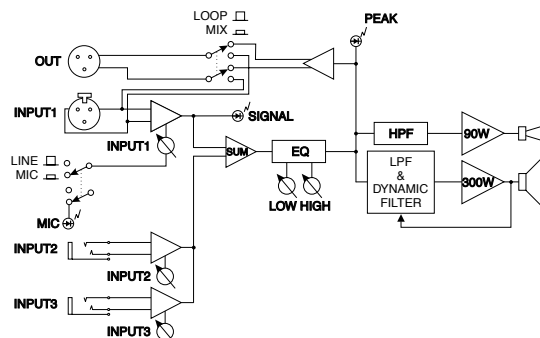
|                          |                                                                                                                                                 |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Freq. Range (-10 dB):    | 39 Hz - 18 kHz                                                                                                                                  |
| Freq. Response (±3 dB):  | 42 Hz - 17 kHz                                                                                                                                  |
| Horz. Coverage (-6 dB):  | 90° Nominal                                                                                                                                     |
| Vert. Coverage (-6 dB):  | 60° Nominal                                                                                                                                     |
| Rated Maximum SPL:       | 129 dB, @ 1 m (3.3 ft)                                                                                                                          |
| Dimensions (H x W x D):  | 686 mm x 430 mm x 444 mm (27 in x 17 in x 17.5 in.)                                                                                             |
| Net Weight:              | 21 kg (46 lbs.)                                                                                                                                 |
| LF Driver:               | Integral frame with one 15" (380 mm) driver, dual neodymium magnet, 2" differential drive voice-coil.                                           |
| HF Driver:               | JBL 2418H-1 1" (throat diameter) compression driver with 1.75" diameter titanium diaphragm. Ferro-fluid cooled.                                 |
| Amplifier Power LF:      | 300 watts @ low-frequency driver impedance.                                                                                                     |
| Amplifier Power HF:      | 100 watts @ high-frequency driver impedance.                                                                                                    |
| Input 1 Sensitivity:     | -44 dBu to -22 dBu for rated output (Mic/Line switch in MIC position)<br>-12 dBu to +20 dBu for rated output (Mic/Line switch in LINE position) |
| Input 2 & 3 Sensitivity: | -18 dBu to +20 dBu for rated output                                                                                                             |
| Output Level:            | +20 dBu (peak), Loop/Mix switch in MIX position                                                                                                 |
| Audio Connectors:        |                                                                                                                                                 |
| • Input 1:               | XLR/F, balanced                                                                                                                                 |
| • Input 2 & 3:           | 1/4" Phone, balanced (TRS)                                                                                                                      |
| Crossover Freq:          | 1.5 kHz                                                                                                                                         |
| Limiting:                | Low frequency amplifier controlled by dynamic filter                                                                                            |
| Loop/Mix Out:            | XLR/M, balanced                                                                                                                                 |
| EQ:                      | High Frequency Shelving, ±15 dB @ 5 kHz<br>Low Frequency Shelving, ±15 dB @ 120 Hz.                                                             |
| AC Input:                | 110 - 230 VAC, 50 - 60 Hz., 175 watts rating per UL, detachable IEC power cable                                                                 |

## ► EON15 G2

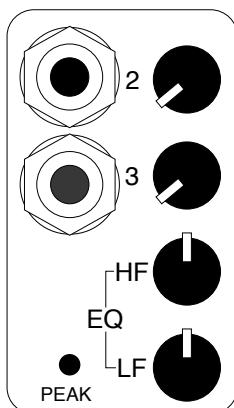
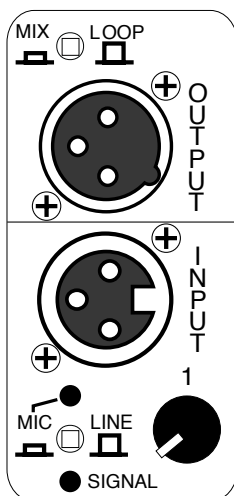
### On Axis Frequency Response



### Block Diagram



### Audio Panel



### Available Accessories

- |           |                                                       |
|-----------|-------------------------------------------------------|
| SS2-BK    | Tripod Stand                                          |
| ESK15     | Suspension Kit for EON 15" models                     |
| BRK15     | Bracket, adapts EON 15" models to OmniMount® brackets |
| EON15WB   | Zippered, plush-lined Cordura® bag with wheels        |
| EON15 BAG | Zippered, plush-lined Cordura® carrying bag.          |

*We are constantly improving our products so these preliminary specifications are subject to change without notice.*

©Copyright 2000 JBL Professional

Part Number: SSEON15-G2



JBL Professional  
8500 Balboa Boulevard,  
P.O. Box 2200  
Northridge, California 91329 U.S.A.  
[www.jblpro.com](http://www.jblpro.com)  
A Harman International Company

# **Anexo A13**

## **FICHA DE ESPECIFICAÇÕES – JBL EON**





# EON15P-1

## Powered Speaker System

### Application:

Live sound reinforcement, speech, vocals, and music playback in entertainment, A/V, and institutional venues – especially when ease of use, audio quality and portability are important factors.

Amplification and monitoring for electronic musical instruments.

### Key Features:

- ▶ 15" Differential Drive® low-frequency driver with neodymium magnet for light weight and reduced distortion.
- ▶ 1" (throat diameter) JBL compression driver with 1.75" titanium diaphragm and ferro-fluid cooling.
- ▶ Internally Bi-amplified – 130 watts low frequency and 50 watts hi-frequency (bi-amplified) – actual power delivered to the drivers.
- ▶ Balanced, Mic/Line switchable, XLR input.
- ▶ Loop-through XLR output. "Daisy-chain" additional EON speakers.
- ▶ 90° x 60° (nominal) constant directivity horn.
- ▶ Thermomaster® Total Thermal Management System®. A single piece, cast-aluminum baffle integrates the woofer frame, horn, and amplifier heat sink. Air movement in the finned ports dissipates heat – no internal or external cooling fans are required.
- ▶ Rugged, lightweight (47 lbs.), co-polymer enclosure.
- ▶ Integral 35 mm pole mount receptacle with securing thumbscrew.
- ▶ Multi-angle enclosure for front of house or stage monitor application.
- ▶ Integral attachment points for optional JBL and third-party mounting brackets.

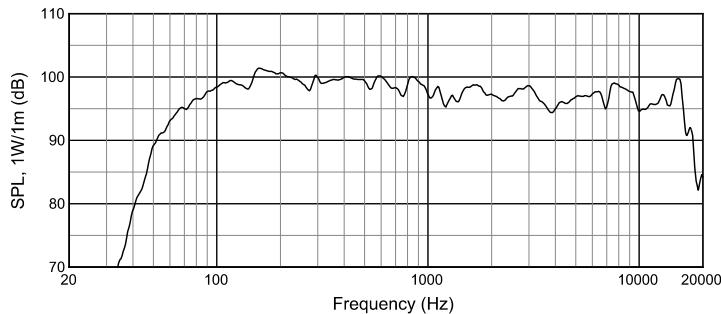


### Specifications

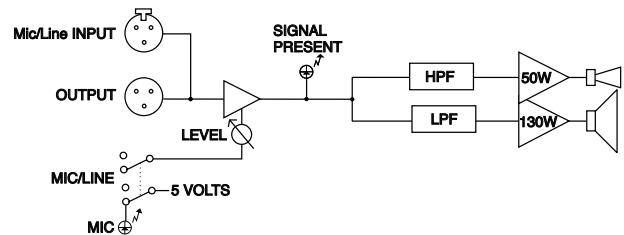
|                         |                                                                                                                                               |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Freq. Range (-10 dB):   | 47 Hz - 18 kHz                                                                                                                                |
| Freq. Response (±3 dB): | 65 Hz - 16 kHz                                                                                                                                |
| Horz. Coverage (-6 dB): | 90° Nominal                                                                                                                                   |
| Vert. Coverage (-6 dB): | 60° Nominal                                                                                                                                   |
| Rated Maximum SPL:      | 127 dB, @ 1 m (3.3 ft)                                                                                                                        |
| Dimensions (H x W x D): | 686 mm x 430 mm x 444 mm<br>(27 in x 17 in x 17.5 in)                                                                                         |
| Net Weight:             | 21 kg (47 lbs)                                                                                                                                |
| LF Driver:              | Integral frame with 15" (380 mm) driver, neodymium magnet, 2" Differential Drive voice coil.                                                  |
| HF Driver:              | JBL 2418H-1 1" (throat diameter) compression driver with 1.75" diameter titanium diaphragm. Ferro-fluid cooled.                               |
| Amplifier Power LF:     | 130 watts @ low-frequency driver impedance, <.1% THD.                                                                                         |
| Amplifier Power HF:     | 50 watts @ high-frequency driver impedance, <.1% THD.                                                                                         |
| Input Sensitivity:      | -55 dBu to -2 dBu for rated output (Mic/Line switch in MIC position)<br>+9 dBu to +26 dBu for rated output (Mic/Line switch in LINE position) |
| Enclosure Material:     | Aluminum baffle, gray co-polymer enclosure and protective bezel                                                                               |
| Audio Connectors:       |                                                                                                                                               |
| Input                   | XLR/F, balanced                                                                                                                               |
| LoopOut                 | XLR/M, balanced                                                                                                                               |
| Crossover Freq.:        | 1.5 kHz.                                                                                                                                      |
| AC Input:               | Switchable 115 - 230 VAC (±10%), 50 - 60 Hz., 175 watts rating per UL, detachable IEC (male) power connector.                                 |

## ▶ EON15P-1 Powered Speaker System

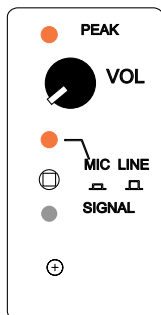
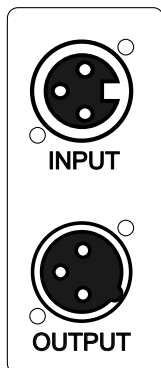
### On Axis Frequency Response



### Block Diagram



### Audio Panel



### Available Accessories

|           |                                                         |
|-----------|---------------------------------------------------------|
| SS2-BK    | Tripod Stand                                            |
| ESK15     | Suspension Kit for EON 15" models                       |
| BRK15     | Bracket, adapts EON 15" models to OmniMount® brackets   |
| EON15 BAG | Zippered, plush-lined Cordura® carrying bag             |
| EON15WB   | Zippered, plush-lined Cordura® carrying bag with wheels |

*JBL continually engages in research related to product improvement. New materials, production methods, and design refinements are introduced into existing products without notice as a routine expression of that philosophy. For this reason, any current JBL product may differ in some respect from its published description, but will always equal or exceed the original design specifications unless otherwise stated.*

©Copyright 2001 JBL Professional



JBL Professional  
8500 Balboa Boulevard, P.O. Box 2200  
Northridge, California 91329 U.S.A.  
A Harman International Company

SSEON15P-1  
CRP 15M  
7/01

