

SUMÁRIO

COMPORTAMENTO ACÚSTICO DE SALAS PARA O ENSINO MUSICAL NO ALGARVE

A perspetiva dos vários intervenientes

O comportamento acústico de salas para música é um tema que tem vindo a destacar-se ao nível da engenharia nas últimas décadas. Todavia, no que diz respeito a questões musicais mais específicas, o mesmo não tem vindo a acontecer. Desta forma, optou-se por realizar um estudo sobre a perspetiva dos professores de música relativamente à qualidade acústica das salas onde lecionam. Estudo esse que pretendeu aferir as características favoráveis a este tipo de salas para que na opinião dos professores privilegiassem o ensino musical.

Mediante a pouca bibliografia existente, a investigação direcionou-se para uma pesquisa exploratória e descritiva. A recolha de dados foi feita através da observação e de inquéritos-questionários aos professores. Enquanto, o tratamento de dados foi estatístico e descritivo.

Contudo, as diferentes sensações sonoras e os poucos conhecimentos acústicos dos professores não permitiram alcançar o objetivo principal de forma clara e precisa. No entanto, conseguiu-se verificar quais as salas existentes que melhor e pior se adaptam ao ensino musical e quais as suas tendências.

Palavras-chave: acústica física; psicoacústica; acústica musical; acústica de edifícios; acústica de salas.

ABSTRACT

ACOUSTIC BEHAVIOR OF ROOMS FOR MUSICAL EDUCATION IN ALGARVE

The perspective of the various stakeholders

The acoustic behavior of rooms for music is a topic that has come to prominence in engineering over the past decades. However, with regard to more specific musical issues it has not been happening . Thus it was decided to conduct a study on the prospect of music teachers regarding the acoustic quality of the rooms where they teach. This study sought to assess the favorable characteristics for this type of rooms which in the opinion of teachers favoring musical teaching.

By little existing literature, research directed to an exploratory and descriptive research. Data collection was done through observation and surveys, questionnaires to teachers. While treatment data was statistical and descriptive.

However, different sound sensations and the few acoustic knowledge of teachers not allowed to reach the main goal of clearly and precisely. However, we could note that the existing rooms that best and worst fits to music teaching and what their trends.

Keywords: physical acoustics, psychoacoustics, musical acoustics, building acoustics, room acoustics.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor José Júlio Correia da Silva pelo acompanhamento, dedicação e orientação científica cedida na presente dissertação.

Ao Engenheiro André Brito da empresa FBCE Consultores de Engenharia e ao Responsável Técnico de Laboratório da empresa Inambiente – Engenharia, Hugo Leitão, pela informação específica.

Aos Engenheiros especialistas em Acústica Diogo Mateus, Octávio Inácio, Licínio de Carvalho e P. Martins da Silva pela cooperação e partilha de conhecimentos técnicos e bibliográficos.

Aos professores de música, especialmente ao professor Francisco Santiago pela colaboração e partilha de saberes não só de acústica como de música.

À direção da Academia de Música de Lagos pela atenção, bem receber e hospitalidade.

ÍNDICE

	Pág.
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Definição do problema	2
1.2 Enquadramento	2
1.3 Justificativa.....	5
1.4 Objetivos.....	6
1.5 Metodologia.....	6
2 NOÇÕES GERAIS	7
2.1 Acústica física.....	7
2.1.1 Som	7
2.1.2 Velocidade de propagação	8
2.1.3 Comprimento de onda, frequência, amplitude e fase.....	8
2.1.4 Intensidade, potência e pressão sonora	8
2.2 Psicoacústica.....	9
2.2.1 O sistema auditivo como analisador sonoro	10
2.2.2 Sensibilidade do sistema auditivo	11
2.2.3 Faixa de frequências dos instrumentos	13
3 ESTADO DA ARTE	14
3.1 Isolamento	16
3.1.1 Isolamento a sons aéreos.....	17
3.1.2 Isolamento sonoro entre a fachada e os espaços interiores.....	17
3.1.3 Isolamento a sons aéreos entre compartimentos	18
3.1.4 Isolamento a sons aéreos entre compartimentos e espaços de circulação	19
3.1.5 Isolamento a sons de percussão	20
3.1.6 Níveis de Ruído de Equipamentos e Instalações	21
3.2 Condicionamento acústico.....	24
3.2.1 Finalidade do espaço.....	24
3.2.2 Geometria das salas.....	25
3.2.3 Som direto e refletido.....	26
3.2.4 <i>Early sound</i>	27

3.2.5	Efeito de precedência ou Haas	28
3.2.6	Campos sonoros em salas	28
3.2.7	Tempo de reverberação	30
3.2.8	Absorção sonora.....	31
3.2.9	Difusão sonora	32
3.2.10	Parâmetros acústicos subjetivos.....	32
3.2.11	Parâmetros acústicos objetivos	35
3.3	Materiais e Sistemas construtivos.....	41
3.3.1	Materiais	41
3.3.2	Soluções construtivas.....	44
4	LEVANTAMENTO DA SITUAÇÃO.....	49
4.1	Pesquisa	49
4.2	Recolha de dados	50
4.2.1	Observação.....	50
4.2.1.1	Academia de Música de Lagos.....	50
4.2.1.2	Conservatório de Música de Lagoa.....	54
4.2.1.3	Escola Básica e Secundária da Bemposta	57
4.2.1.4	Conservatório de Música de Albufeira.....	59
4.2.1.5	Conservatório Regional do Algarve Maria Campina.....	64
4.2.1.6	Conservatório Regional do Algarve Maria Campina.....	67
4.2.1.7	Academia de Música de Tavira.....	71
4.2.2	Inquérito-Questionário	74
4.3	Tratamento de dados.....	75
4.4	Análise e discussão dos resultados	98
5	CONCLUSÃO	102
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	104
7	ANEXOS.....	107
	Anexo I – Escola Superior de Música de Lisboa	107
	Anexo II - Solução construtiva para fachadas.....	113
	Anexo III– Solução construtiva para paredes de separação	114

Anexo IV – Ficha técnica SGG Climaplus Silence.....	115
Anexo V – Solução construtiva para pavimentos	117
Anexo VI – Solução construtiva para tubos de queda	118
Anexo VII – Inquérito 1	119
Anexo VIII – Lista de Respondentes	126
Anexo IX – Lista de Respondentes	127

ÍNDICE DE TABELAS

Pág.

Tabela 3.1 Valores mínimos recomendados para o índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, $D_{2m,nT,w}$, entre o exterior dos edifícios (emissão) e os compartimentos interiores identificados como locais recetores (receção).....	18
Tabela 3.2 Valores mínimos recomendados para o índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, $D_{nT,w}$ [dB], entre os principais espaços interiores escolares.	19
Tabela 3.3 Valores máximos recomendados para o nível de avaliação do ruído ambiente de fundo nos diversos espaços escolares.....	20
Tabela 3.4 Valores máximos recomendados para o índice de isolamento sonoro de pavimentos a sons de percussão, padronizado, $L_{nT,w}$, para os índices escolares.	21
Tabela 3.5 Valores máximos admissíveis recomendados para o nível de avaliação, $L_{Ar,nT}$, no interior dos principais espaços escolares, resultante de equipamentos internos. Erro! Marcador não definido.	
Tabela 3.6 Dimensões preferíveis.	26
Tabela 3.7 Parâmetros acústicos e respetivas expressões matemáticas.	35
Tabela 3.8 Tempos de reverberação típicos.	36
Tabela 3.9 Valores máximos recomendados para T_r nos principais espaços escolares.	37
Tabela 3.10 Tempos de reverberação em função do tipo de salas.	38
Tabela 3.11 Classificação dos valores do STI.....	40
Tabela 4.1 Registo de materiais e sistemas construtivos observados no Conservatório de Lagos.	52
Tabela 4.2 Análise sensorial das salas de aulas da Academia de Música de Lagos.	53
Tabela 4.3 Registo de materiais e sistemas construtivos observados no Conservatório de Lagoa.	55
Tabela 4.4 Análise sensorial das salas de aulas do Conservatório de Lagoa.	56
Tabela 4.5 Registo de materiais e sistemas construtivos observados na Escola Básica e Secundária da Bemposta.	58
Tabela 4.6 Análise sensorial das salas de aula da Escola Básica e Secundária da Bemposta.....	59
Tabela 4.7 Registo de materiais e sistemas construtivos observados no Conservatório de Música de Albufeira.....	62
Tabela 4.8 Análise sensorial das salas de aula do Conservatório de Música de Albufeira.....	63
Tabela 4.9 Materiais e sistemas construtivos observados no Conservatório Regional do Algarve Maria Campina.	66

Tabela 4.10 Conservatório Regional do Algarve Maria Campina.	66
Tabela 4.11 Materiais e sistemas construtivos observados no Conservatório Regional do Algarve Maria Campina.	69
Tabela 4.12 Análise sensorial das salas de aula do Conservatório Regional do Algarve Maria Campina.	70
Tabela 4.13 Materiais e sistemas construtivos observados na Academia de Música de Tavira. ..	73
Tabela 4.14 Análise sensorial das salas de aula do Conservatório Regional do Algarve Maria Campina.	74
Tabela 4.15 Legenda referente às escolas visitadas.	76
Tabela 4.16 Legenda referente às características de cada edifício escolar.	76
Tabela 4.17 Recolha das características dos edifícios escolares visitados.	77
Tabela 4.18 Recolha das características dos edifícios escolares visitados.	78
Tabela 4.19 Frequência das características dos edifícios escolares visitados.	79
Tabela 4.20 Legenda referente às disciplinas lecionadas nas salas consideradas como melhores acusticamente.	80
Tabela 4.21 Legenda referente às fontes de ruído e características das salas consideradas como melhores acusticamente.	81
Tabela 4.22 Legenda referente às formas geométricas, mobiliário e acústica de salas das salas consideradas como melhores acusticamente.	82
Tabela 4.23 Recolha das características das salas para o ensino musical consideradas como as melhores acusticamente.	83
Tabela 4.24 Recolha das características das salas para o ensino musical consideradas como as melhores acusticamente.	84
Tabela 4.25 Recolha das características das salas para o ensino musical consideradas como as melhores acusticamente.	85
Tabela 4.26 Frequência das disciplinas lecionadas nas salas consideradas como melhores acusticamente.	86
Tabela 4.27 Frequência das fontes de ruídos nas salas consideradas como melhores acusticamente.	86
Tabela 4.28 Frequência das características das salas consideradas como melhores acusticamente.	87
Tabela 4.29 Frequência das formas geométricas das salas consideradas como melhores acusticamente.	87

Tabela 4.30 Frequência do mobiliário existente nas salas consideradas como melhores acusticamente.	88
Tabela 4.31 Frequência dos parâmetros subjetivos das salas consideradas como melhores acusticamente.	88
Tabela 4.32 Legenda referente às disciplinas lecionadas nas salas consideradas como piores acusticamente.	89
Tabela 4.33 Legenda das fontes de ruído e características das salas consideradas como piores acusticamente.	90
Tabela 4.34 Legenda referente às formas geométricas, mobiliário e acústica de salas das salas consideradas como piores acusticamente.	91
Tabela 4.35 Recolha das características das salas para o ensino musical consideradas piores acusticamente.	92
Tabela 4.36 Recolha das características das salas para o ensino musical consideradas piores acusticamente.	93
Tabela 4.37 Recolha das características das salas para o ensino musical consideradas piores acusticamente.	94
Tabela 4.38 Frequência das disciplinas lecionadas nas salas consideradas como piores acusticamente.	95
Tabela 4.39 Frequência das fontes de ruídos das salas consideradas como piores acusticamente.	95
Tabela 4.40 Frequência das características das salas consideradas como piores acusticamente. .	96
Tabela 4.41 Frequência das formas geométricas das salas consideradas como piores acusticamente.	96
Tabela 4.42 Frequência do mobiliário existente nas salas consideradas como piores acusticamente.	97
Tabela 4.43 Frequência dos parâmetros subjetivos das salas consideradas como piores acusticamente.	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 2.1 Esquema do órgão auditivo.....	11
Figura 2.2 Curvas de igual sensação sonora (isofônicas).....	12
Figura 2.3 Faixa de frequência de vários instrumentos.....	13
Figura 3.1 Formas geométricas de salas.....	26
Figura 3.2 Som direto e som refletido.....	27
Figura 3.3 Esquema da atenuação da energia sonora provocada pelo material de absorção. . Erro! Marcador não definido.	
Figura 3.4 Esquema de difusão sonora.....	32
Figura 3.5 Tempo “ótimos” de reverberação para diferentes tipos de utilizações.	36
Figura 3.6 Variação da pressão sonora e da velocidade de vibração das partículas na incidência de uma onda sonora com um elemento rígido: a) Pressão; b) Velocidade de vibração.	44
Figura 3.7 Ressonador tipo.....	47
Figura 4.1 Academia de Lagos.....	51
Figura 4.2 Sala de percussão.	53
Figura 4.3 Sala de teoria musical.	53
Figura 4.4 Painel ressonante.....	53
Figura 4.5 Sala de percussão.	56
Figura 4.6 Sala de violino.	56
Figura 4.7 Escola Básica e Secundária da Bemposta.....	58
Figura 4.8 Sala de piano.	59
Figura 4.9 Sala de teoria musical.	59
Figura 4.10 Conservatório de Música de Albufeira.	60
Figura 4.11 Sala de canto.	63
Figura 4.12 Sala de piano.....	63
Figura 4.13 Sala de instrumentos.	63
Figura 4.14 Sala de teoria musical.	63
Figura 4.15 Conservatório Regional Maria Campina.	65
Figura 4.16 Sala de piano.....	67
Figura 4.17 Sala de teoria musical.	67

Figura 4.18 Sala coletiva.....	67
Figura 4.19 Sala coletiva.....	67
Figura 4.20 Conservatório de Música de Olhão.....	68
Figura 4.21 Sala de piano.....	70
Figura 4.22 Sala de percussão.....	70
Figura 4.23 Academia de Música de Tavira.....	72
Figura 4.24 Sala de percussão e guitarra.....	74
Figura 4.25 Sala de piano.....	74

1 INTRODUÇÃO

Desde há muito tempo que a qualidade sonora em salas, incluindo a relação entre a física, acústica, arquitetura e a música, é estudada. Todavia, o seu maior progresso deu-se entre 1895 e 1898, com as pesquisas de Wallace C. Sabine (1868-1919). O físico norte-americano demonstrou a influência da absorção sonora no tempo de reverberação da sala de palestras do *Fogg Art Museum*, na Universidade Harvard [1].

Entretanto Morse, Newman, Hunt, Beranek e Cremer sucederam-lhe. Porém, foi o engenheiro Leo L. Beranek, em 1954 quem mais contribuiu para novos desenvolvimentos.

“Beranek publicou a primeira edição do livro *Music, acoustics and architecture* (Música, acústica e arquitetura), em que descreveu o estudo de salas de concerto em todo o mundo identificando dezassete atributos subjetivos de sua acústica (clareza, qualidade tonal, retorno, ataque, difusão, mistura e outros). As contribuições teóricas de Beranek permitiram constatar que a maioria dos atributos propostos por ele está de alguma forma associada à reverberação, fenómeno que parece essencial para discutir a questão das salas para o ensino da música” [1].

Contudo, “somente a partir das últimas décadas do século passado é que começaram aparecer desenvolvimentos específicos para outros tipos de sala tais como teatros para a palavra falada, salas de aula, estúdios de gravação, rádio e televisão, etc. É claro que tais desenvolvimentos basearam-se no conhecimento já adquirido com relação ao desempenho de salas para concertos, porém considera-se que muito ainda necessita ser feito para obter-se condições acústicas ideais para as diversas salas de audição crítica” [2].

A reforçar o anterior está Carvalho [3] quando diz que “a acústica de salas transcendeu, os teatros, igrejas, cinemas, estúdios, entre outros, passando a incorporar-se no nosso dia-a-dia em salas de aula, escritórios, etc.”.

Deste modo, a presente dissertação procura averiguar a opinião dos professores de música sobre o comportamento das salas destinadas ao ensino musical no Algarve e fornecer uma pesquisa voltada para a aferição das condições favoráveis a este tipo de ambientes de forma que seja privilegiado o ponto de vista de ensino musical.

O trabalho encontra-se dividido em 5 capítulos. O primeiro capítulo faz referência a alguns conceitos base relevantes para o entendimento do restante documento. O segundo ao enquadramento teórico do tema no ramo da engenharia, nomeadamente na acústica de edifícios. O terceiro explica a metodologia de investigação incluindo a recolha de dados, tratamento e análise dos mesmos. O quarto apresenta as conclusões e o quinto as referências bibliográficas.

1.1 Definição do problema

O estudo do tema “Comportamento acústico de salas para o ensino musical no Algarve – A perspectiva dos vários intervenientes” tem como finalidade reconhecer as salas avaliadas pelos professores como fortes e fracas acusticamente e comparar as características dessas mesmas salas com o conhecimento atual do tema, na área da engenharia.

Neste sentido, o problema que se coloca é o seguinte:

- Quais as características acústicas que as salas destinadas ao ensino musical devem possuir ou não para que na opinião dos professores privilegiem esta atividade?

Ou seja, quais as particularidades em termos de isolamento e condicionamento acústico que traduzem os requisitos que os professores consideram que uma sala para esta actividade deve ter. Há que nomeadamente, que avaliar se as salas para o ensino de música existentes no Algarve satisfazem os requisitos acústicos pretendidos; se estas devem ter requisitos acústicos diferentes das salas para palavra; se as salas individuais devem ou não ter características acústicas distintas das salas colectivas; se as salas destinadas ao ensino de instrumentos de baixa intensidade devem ou não ser idênticas às salas para instrumentos de alta intensidade; se as salas para instrumentos de baixas frequências devem ser diferentes de salas para instrumentos de altas frequências; se este tipo de salas devem ser comparáveis às salas de ensaio ou concerto, etc.

É um problema claro e preciso na medida em que pretende fazer a correspondência entre a perspectiva dos vários intervenientes com o estado da arte; empírico na medida em segue uma metodologia de investigação podendo ser observável nas salas de música e respondido a partir de inquéritos; delimitado pelo facto de se restringir às escolas de música existentes no Algarve e aos respetivos professores e por não ser apoiado por quaisquer ensaios ou medições que possam sustentar as respostas de modo quantitativo; e passível de solução.

1.2 Enquadramento

Embora a investigação sobre acústica de salas para o ensino musical se tenha mostrado escassa e resumida a algumas dissertações disponíveis na internet, a poucos capítulos de livros editados em português disponíveis em livrarias e bibliotecas e alguns artigos técnicos, disponíveis na maioria em inglês na internet, o tema enquadra-se em vários domínios da acústica. Na psicoacústica, no que respeita à perceção do fenómeno sonoro, na acústica de edifícios, no que se refere ao estudo da propagação sonora em espaços fechados e no exterior e na acústica musical no relacionamento dos estudos acima com a atividade artística.

A confirmar este facto estão Lazzarini [4] quando refere “ que é uma primeira tentativa de elaborar elementos de acústica para estudantes de Música, área carente de literatura especializada em português” e Silva [11] quando afirma “que a bibliografia disponível não oferece outras propostas satisfatórias, porque a maior parte dos elementos existentes constitui apenas a expressão de critérios baseados numa opinião de auditor ou de condutor de orquestra, opiniões recolhidas de forma um tanto aleatória, ao ponto de a acústica de auditórios para música surgir como um problema só «de gosto»”.

As dissertações “Caraterização acústica de salas” [5], a “ Previsão e Medição do Comportamento Acústico de Espaços” [6], “Parâmetros Acústicos Subjetivos – critérios para avaliação da qualidade acústica de salas de música” [7] e a “Caracterização acústica de salas para a prática e ensino musical” [8] são alguns exemplos de pesquisas sobre o assunto. Contudo, a “Acústica e Educação em Música – Estudo qualitativo para sala de ensaio e prática de instrumento e canto” [9]

é a que mais se aproxima deste estudo.

“No âmbito do programa de Mestrado em Construção Civil da Universidade Federal do Paraná, Letícia Rocha estudou as preferências de professores de músicas sobre as condições acústicas das salas em que atuam. Foram entrevistados professores de canto e instrumentos, além de alunos de uma escola de música de Curitiba para saber como definiam as condições das salas de prática e/ ou ensaio ideais. Previamente foi medido o tempo de reverberação nas salas mais utilizadas, o que permitiu correlacionar as respostas com a realidade física. A pesquisa trouxe duas frustrações aparentes: a) as entrevistas não mostraram uma tendência para indicar, de modo empírico, o que seria uma sala ideal (para as aulas ou a prática instrumental); e b) os professores de música não dominam um vocabulário básico de acústica. A indefinição quanto ao que seria uma ‘boa’ sala de música, embora frustrante, é um resultado valioso, pois aponta que uma decisão sobre o espaço mais adequado envolve mais elementos que o cruzamento de medições acústicas e arquitetónicas. Quanto ao domínio de termos acústicos, o estudo permite concluir que não se podem avaliar preferências acústicas sem antes formar um consenso, disseminando para os professores as definições de critérios que descrevem uma sala de ensino de música. Mesmo termos como ‘sala viva’, ‘sala seca’, ‘reverberação’, ‘ataque’, ‘clareza’ ou ‘textura’ não são comumente conhecidos” [1].

Quem faz, também referência à questão do vocabulário é Silva [11], Iazzetta, Figueiredo e Masiero [12] e Valadares [13] quando declararam respetivamente:

“Só a correlação de dados de natureza acústica com os de apreciação musical – e aqui surge, a dificuldade grande, que se referiu, inerente a uma diferença dos vocabulários do músico e do técnico acústico – pode permitir uma aplicação real dos conhecimentos da Acústica arquitetural à realização de auditórios com características satisfatórias. Um auditório para música será aceitável quando «soar» bem; nisto, há concordância, por parte de músicos e melómanos. É, porém, difícil enunciar critérios físicos de quantificação acústica por ordem de eficiência das suas contribuições para alcançar aquele resultado”.

“O primeiro problema encontrado refere-se à falta de precisão e objetividade nas avaliações realizadas pelos indivíduos que geralmente se expressam por meio de termos vagos ou cuja significação musical não corresponde precisamente a um atributo acústico”.

“As impressões e percepções sonoras ou mesmo as expressões quanto a inteligibilidade da música nos eventos sinfônicos tem estimulado descrições do ambiente sonoro vivenciado através de vários termos seja pela crítica musical, seja pelos próprios músicos ou mesmo pelos ouvintes mais experientes, acústicos ou não. Muito dos termos apresentavam caráter abstrato e subjetivo que dificultavam um diálogo entre críticos músicos e acústicos” [13].

Portanto, o nível mais alto de desenvolvimento do comportamento acústico de salas destinadas ao ensino musical encontra-se não na perspectiva dos professores e músicos mas sim na ótica de técnicos, engenheiros e arquitetos. No entanto, nem mesmo esta perspectiva está completamente dominada.

Segundo Dinis [14], Rui Ribeiro, gestor de projetos na dBLab, Laboratório de Acústica, Vibração e Ambiente (Grupo Aborsor), afirma que “a questão da formação em acústica “pode ser considerado um problema à escala global (ex: *ICA Madrid 2007 workshop ‘European Education in Noise Control Engineering’* ou *Noise –Con Nevada 2007 ‘U.S. Education in Noise Control Engineering’*) e há um sentimento claro que a procura de técnicos especializados é superior à oferta. Ao nível dos cursos de arquitetura e engenharia alguns apresentam nos seus currículos disciplinas ou módulos relacionados com a acústica que acima de tudo permitem uma consciência para o problema. Contudo, dada a complexidade dos edifícios, as necessidades de compatibilização, desafios à inovação e otimização da solução e crescente responsabilização a tendência será que o condicionamento acústico de espaços seja assumido por técnicos ou entidades especializadas”.

E “tanto quanto pode-se verificar, não existe nenhuma disciplina curricular de acústica nos cursos de arquitetura em Portugal (esta situação não é exclusiva do nosso país). Pensa-se que seria da maior importância a existência de alguma matéria curricular que contemplasse noções de acústicas adequadas aos arquitetos. Essas noções básicas não permitiram certamente a realização da parte acústica dos projetos, mas ajudariam à sensibilização do problema e facilitariam o “diálogo” com os acústicos” [15].

Além disso, outros fatores condicionam ainda o sector, como “a ignorância e a falta de sensibilidade pelas questões de acústica. A acústica é uma ciência (e não só!) muito complexa que não pode ser simplificada e desvalorizada por pessoas que realmente não têm experiência, e o mínimo de conhecimento da matéria. A acústica em geral não pode ser ‘clean’ como os arquitetos gostariam” [14].

Neste contexto e nos últimos anos, diversos são os pesquisadores que se têm dedicado a encontrar uma correlação entre parâmetros físicos e subjetivos que apoiem a definição da qualidade acústica de uma sala musical. “Embora muitos parâmetros acústicos possam ser determinados a partir de medições e cálculos específicos [16] e [17], o interesse recai sobre os

parâmetros de natureza subjetiva, ou seja, aqueles relacionados com a sensibilidade e percepção dos indivíduos num determinado ambiente” [18].

1.3 Justificação

A presente dissertação, desenvolvida no âmbito do Mestrado de Engenharia Civil optou pelo tema “Comportamento acústico de salas para o ensino musical no Algarve – A perspetiva dos vários intervenientes” por diversas razões.

Em primeiro lugar porque é um tema que não integra os conteúdos programáticos do curso e portanto que desperta muito mais atenção que outros temas já conhecidos. Em segundo porque é um tema em crescimento na área da engenharia.

Pois só nas últimas décadas é que a “acústica de salas de música tem vindo a ganhar notoriedade, em função da demanda da realização de projetos de estúdios de gravação, salas de teatro e salas de música. Todavia, a investigação tem sido mais voltada para questões de engenharia e projeto do que para problemas musicais específicos”. [18]

E em terceiro por motivos de bem-estar e saúde dos alunos, professores e outros utentes deste tipo de edifícios.

Pois geralmente, não se pensa na música como sendo ruído, mas como sim como um som agradável, entretanto, quando tocada em grandes intensidades, pode tornar-se uma ameaça para o ouvido humano [19].

Note-se que professores e alunos desta área passam mais tempo sujeitos a níveis elevados de pressão sonora neste tipo de salas do que propriamente nas salas de espetáculo e de ensaio. E que estes níveis sonoros quando ouvidos continuamente podem promover um ensino inapropriado onde o *stress* e o cansaço podem originar efeitos fisiológicos e psicológicos negativos. Mau aproveitamento escolar, perda auditiva, o zumbido, a sensação de plenitude auricular, tonturas e irritabilidades a sons intensos são alguns exemplos. Outro fator que pode estar associado a estes efeitos é a direção do som do próprio instrumento. No caso dos violinistas, há maior exposição sonora à esquerda, enquanto para os músicos que tocam flauta transversal há maior exposição à direita [19].

Dado o exposto, pressupõe-se que o trabalho irá contribuir para a melhoria das condições de ensino-aprendizagem de música, para ampliação da literatura existente e, naturalmente para o progresso do projeto acústico de edifícios destinados a escolas de música.

Relativamente à abordagem utilizada e partindo do pressuposto que ainda existe discórdia no vocabulário dos músicos e técnicos acústicos, pensa-se que a mesma permitiu, embora com pouco, sustento identificar com maior facilidade a perspetiva dos professores.

1.4 Objetivos

O presente estudo pretende explicitar, a partir de revisão bibliográfica e de recolha de dados, as características que uma sala deve ter para que na opinião dos professores favoreça o ensino musical.

Para se atingir tal objetivo, estabeleceram-se os seguintes objetivos específicos:

- Reconhecer as salas para o ensino musical existentes no Algarve
- Identificar na perspetiva dos vários intervenientes as salas que melhor se adaptam ao ensino musical e respetivas características
- Identificar na perspetiva dos vários intervenientes as salas inapropriadas ao ensino musical e respetivas características
- Verificar tendências e inclinações arquitectónicas das salas consideradas anteriormente
- Comparar essas tendências com o constante na bibliografia consultada
- Definir características arquitectónicas incluindo materiais e sistemas construtivos que permitam gerar as condições acústicas preferidas pelos professores.

1.5 Metodologia

A investigação de salas destinadas ao ensino musical teve o intuito de dar a conhecer ao leitor a realidade existente sobre este tema em Portugal incluindo a qualidade acústica das salas existentes bem como o estado do projecto acústico deste tipo de edifícios, materiais e soluções construtivas. Só depois procurou descrever os fatos observados nas escolas visitadas e a opinião dos professores entrevistados.

2 NOÇÕES GERAIS

O actual capítulo tem como objetivo relembrar alguns conceitos gerais, no âmbito da acústica física e psicoacústica, considerados importantes para o entendimento do restante documento.

2.1 Acústica física

Segundo Patrício [20] a acústica é “a ciência que estuda o som, a sua propagação tanto em meio fluído como sólido, e as suas inter-relações com o ser humano numa perspectiva de efeitos causados, tenham eles carácter de agradabilidade (música, voz) ou não ruído”.

2.1.1 Som

O som é “uma forma de energia que se transmite através de um determinado meio de propagação, compressível, pelo choque das moléculas constituintes desse meio (no caso, o ar) umas contra as outras, o que origina variações da velocidade dessas moléculas e, conseqüentemente, flutuações da pressão existente” [20].

Para que a percepção do som ocorra são necessários três elementos: um emissor, um meio de propagação e um recetor. O emissor tem a função de produzir um distúrbio no meio, que será percebido pelo recetor. Note-se que o meio tem influência na qualidade do distúrbio, pois afeta a maneira como este se propaga. Estes distúrbios de natureza mecânica são pequenas e rápidas variações de pressão do meio, causadas pelo movimento das moléculas, caracterizados por compressões e rarefações (descompressões, expansões). Esse movimento é sempre relacionado com uma onda de pressão que se propaga pelo meio e que pode ser de dois tipos: longitudinal, onde as moléculas se movem na mesma direção de propagação da onda; e transversal, quando as moléculas se movem perpendicularmente a essa direção. As ondas de pressão que caracterizam o som, que podem chamar-se ondas sonoras, são do tipo longitudinal que se propagam por uma série de compressões/descompressões em um meio, normalmente o ar. As ondas transversais são usualmente encontradas nas vibrações de partes de certos instrumentos musicais, como nas membranas (peles de instrumentos de percussão) e cordas [4].

2.1.2 Velocidade de propagação

A velocidade de propagação das ondas mecânicas representa a distância percorrida pelas frentes de onda num determinado intervalo de tempo. Nas ondas sonoras, a velocidade é constante e depende do meio, isto é, da densidade do material que atravessa (ou seja da relação entre volume e massa desse material) e do módulo de Young, que é relacionado com a elasticidade do material em questão. Maior densidade implica em menor velocidade, enquanto maior elasticidade implica maior velocidade.

Nas ondas transversais, o cálculo da velocidade de propagação é mais difícil. Porque para qualquer coisa maior que uma corda idealmente (infinitamente) fina, ele é influenciado pela geometria do meio de propagação e pelo tipo da onda que se propaga (as vibrações transversais têm varias formas de movimentos em espaços tridimensionais, como transversa e torsional) [4].

2.1.3 Comprimento de onda, amplitude e fase

Os elementos de uma onda sonora na sua forma mais simples descrita por funções harmônicas do tipo senoidal, fundamentais para a caracterização da onda sonora são: o comprimento de onda, a amplitude e a fase.

“O comprimento de onda é a distância entre duas cristas sucessivas de uma onda, ou seja, é a distância percorrida pela perturbação durante o tempo correspondente a um período, sendo portanto medido em metros (m)” [4].

Já a amplitude de uma onda de pressão “correlaciona-se diretamente com a percepção de intensidades sonoras, por exemplo sons mais intensos serão resultado de uma maior amplitude de variação da pressão do meio (ou seja uma maior amplitude de vibração das moléculas)” [4].

E por último, a fase “determina a posição inicial de uma onda, ou a posição do começo do movimento. Ela é medida em graus ou em radianos, por ser relacionada com o ângulo inicial do movimento” [4].

2.1.4 Intensidade, potência e pressão sonora

A intensidade sonora é o fluxo de energia transmitido por uma onda sonora por unidade de área. Por poder variar numa escala maior que um milhão de milhões (10^{-12}) e pela forma como o

volume de som é percebido, a intensidade bem como a potência e a pressão são expressas numa escala logarítmica [4].

O nível de potência sonora (PWL ou SWL), por sua vez, exprime logaritmicamente a potência sonora total irradiada em todas as direções pela fonte sonora. É expresso como dez vezes o logaritmo da razão entre a potência sonora real e uma potência sonora de referência de 1 pico watt (10^{-12} W), exprimindo-se em decibel (dB) [4].

A pressão sonora para fontes sonoras reais pode variar de 20 micro Pascal (20×10^{-6} Pa) até mais que 20 Pa ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ Nm}^{-2}$). Esses dois valores de pressão sonora correspondem mais ou menos ao limiar de audição ($20 \mu\text{Pa}$) e ao limiar da dor (20 Pa), para o ouvido humano, a 1 kHz de frequência. Se comparar-se o valor correspondente ao limiar da audição humana com a pressão média atmosférica de 100000 Pa, observa-se como é alta a sensibilidade do nosso ouvido. Por causa das características da audição humana, o nível de pressão também é expresso numa escala logarítmica. Ela é baseada na razão entre a pressão sonora real e o valor correspondente ao limiar da audição a 1 kHz (20 mPa) [4].

2.2 Psicoacústica

A psicoacústica compreende “o estudo de como os seres humanos percebem o fenómeno sonoro. Aqui o interesse é a resposta subjetiva ao som em termos de sua altura, volume, duração, timbre e posição aparente. As categorias do estudo da psicoacústica não são estanques, pois existe considerável interdependência entre elas. Por exemplo, a sensação de altura é dependente do tempo, e a percepção de volume variam consideravelmente com a frequência e o timbre”[4].

“A altura é o atributo sonoro considerado de maior importância no sistema tonal, traduz uma apreciação complexa por parte do auditor, pelo que, embora determinada essencialmente pela frequência, vai depender também, em certa medida, da intensidade e da forma de evolução temporal do estímulo. Na escrita musical, a intensidade auditiva é traduzida por símbolos que constituem abreviaturas convencionais de designações italianas consagrada (ff - fortíssimo; f - forte; mf - mezzo forte...). O timbre é um atributo multidimensional que traduz a coloração tonal do som, dependendo essencialmente do seu espectro, embora influenciado por outras características (intensidade e evolução temporal). Todos estes detalhes traduzem uma apreciação global do estímulo, do que se extrai alguma informação de natureza estritamente musical, o reconhecimento do instrumento atuante (se a nossa memória auditiva o permitir...) e, mesmo, uma noção das dimensões (acústicas) do local onde o estímulo em questão foi produzido” [11].

E se há muito se afirmava que estas sensações eram independentes entre si, hoje estudos mais recentes confirmam que existe interdependência entre elas.

“A maioria dos resultados obtidos no estudo da psicoacústica têm sido colhidos experimentalmente. Tais resultados são deduzidos a partir de testes em situações cuidadosamente

preparadas, com um grupo de ouvintes, cujas respostas a estímulos sonoros são monitoradas e analisadas. Estas experiências são geralmente baseadas na comparação de dois sons diferentes, por meio de uma escala subjetiva de valores. Os ouvintes são questionados sobre o que ouviram, por exemplo, em termos de "mais alto" ou "mais brilhante", etc.. Muitas das descobertas da psicoacústica ainda residem no plano experimental, pois razões físicas ou anatómicas sobre a sua causa ainda não são conhecidas. No entanto, os dados apresentados pela psicoacústica são bastante relevantes para o entendimento das características subjetivas que as salas destinadas ao ensino musical devem ter” [4].

2.2.1 O sistema auditivo como analisador sonoro

“A audição é um processo complexo, cujo conhecimento apresenta ainda muitas lacunas, e que interessa sistemas periféricos e componentes centrais, reagindo à pressão, de modo que, se o valor desta e a frequência a que ocorre a sua variação, se encontram dentro de certos limites é determinada uma sensação sonora” [11].

Como se sabe, o som é captado pelo ser humano através do ouvido, órgão responsável pela audição e equilíbrio e constituído por três partes: ouvido externo, ouvido médio e ouvido interno. Ainda na orelha, o som sofre diversas reflexões e difrações que avaliadas pelo ouvido permitem localizar, aproximadamente, a fonte sonora. Depois, seguem pelo ouvido externo onde passam pelos efeitos de ressonância do canal auditivo, cuja frequência de ressonância é por volta de 3 kHz. Ao entrarem no ouvido médio as variações de pressão de ar são transformadas em vibrações mecânicas, função executada pelo tímpano. Já no interior do ouvido médio, os ossículos atuam como conversores de impedância que resulta num aumento de 30 dB entre os níveis de pressão sonora no tímpano e na janela oval devido à diferença entre o meio externo (o ar) e o meio líquido existente no ouvido interno, e conseqüentemente, diferentes resistências à propagação da onda. No ouvido interno, sons com níveis de pressão sonora acima de 75 dB SPL fazem com que os músculos existentes se contraíam automaticamente em resposta aos sons, enrijecendo o sistema e fazendo com que a transmissão de energia não seja muito eficiente. Isso atua como uma proteção do ouvido a sons muito altos. Aproximadamente 12 a 14 dB de atenuação são conseguidos, mas esses valores são para somente sons abaixo de 1 kHz. Este efeito é conhecido com reflexo acústico. Ele não é imediato, pois leva de 60 a 120 ms para entrar em funcionamento, por isso o ouvido não está protegido para sons muito impulsivos. No fim, a membrana basilar é responsável pelo processo de percepção do som, perfazendo uma análise das frequências componentes de um som. Diferentes partes da membrana basilar são sensíveis a diferentes frequências puras. Sabe-se que a extremidade da membrana basilar que é próxima à base da cóclea é mais fina e estreita, sendo também sensível às frequências mais altas do espectro percebido pelos humanos. A membrana basilar torna-se mais grossa e mais larga ao longo de sua extensão em direção ao ápice da cóclea, sendo sensível às frequências mais graves.

As diferentes frequências puras causam assim deslocamentos em diferentes partes da membrana basilar, que são então correspondentes aos diferentes pontos do espectro, por isso diz-se que o ouvido faz uma análise de frequências componentes dos sons. Mais tarde, os movimentos da membrana basilar são transmitidos para o cérebro, eles através da transformação de impulsos nervosos. Este processo é feito pelas células do órgão de corti, que são pequenas células em forma de pêlos que disparam impulsos quando são dobradas pela ação do deslocamento da membrana basilar. Estes impulsos então são transmitidos pelos nervos conectados a essas células [4].

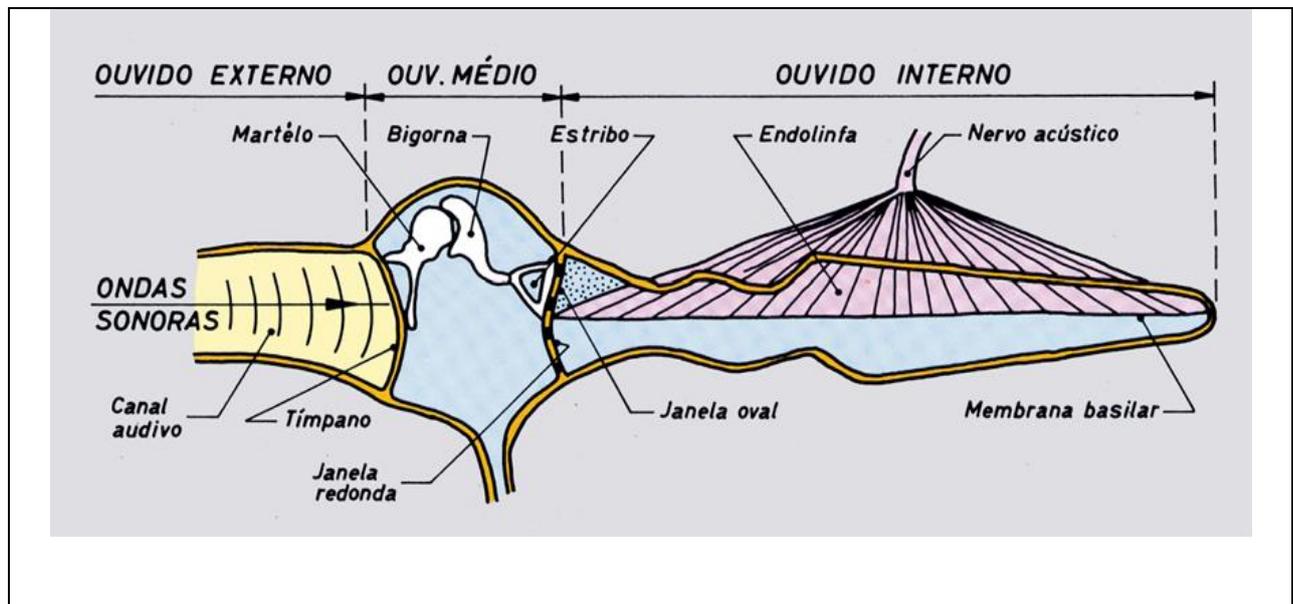


Figura 2.1 Esquema do órgão auditivo.

Fonte: [11]

2.2.2 Sensibilidade do sistema auditivo

“O ouvido humano possui em geral, uma sensibilidade em frequências de 20 a 20 kHz. Contudo, existe uma variação muito grande entre indivíduos. A capacidade de percepção de frequências altera com o processo do envelhecimento. Por exemplo, uma criança saudável possui o limiar agudo de 20 kHz, que pela idade de 20 anos pode cair para cerca de 16 kHz, e até a 8000 Hz, ao final da vida. E que a sensibilidade do ouvido a sons de diferentes frequências varia numa escala muito extensa de valores de pressão. Em geral, o som mais baixo que se pode ouvir por volta de 4000 Hz é aproximadamente 10 micro pascais, e o som mais forte, antes do limiar da dor é equivalente a 20 pascal. Essa gama, entre o som mais fraco e o som mais forte, é equivalente a

um número muito grande: 2 000 000 μPa , resposta logarítmica do ouvido. Por essas razões utiliza-se a escala de decibéis em que o nível de pressão sonora em relação ao limiar da audição tem uma gama de 120 dB” [4].

“Em 1933, dois pesquisadores, Fletcher e Munson, mediram a sensibilidade do ouvido humano a diferentes frequências puras (senoidais), e estabeleceram a relação entre frequências, amplitudes e o volume percebido conforme figura abaixo, onde as curvas mostram o quão alto um som deve ser em termos de medida de amplitude de pressão para ter a mesma intensidade de um som de 1 kHz e o quanto varia a sensibilidade do ouvido ao longo do espectro de nossa audição” [4].

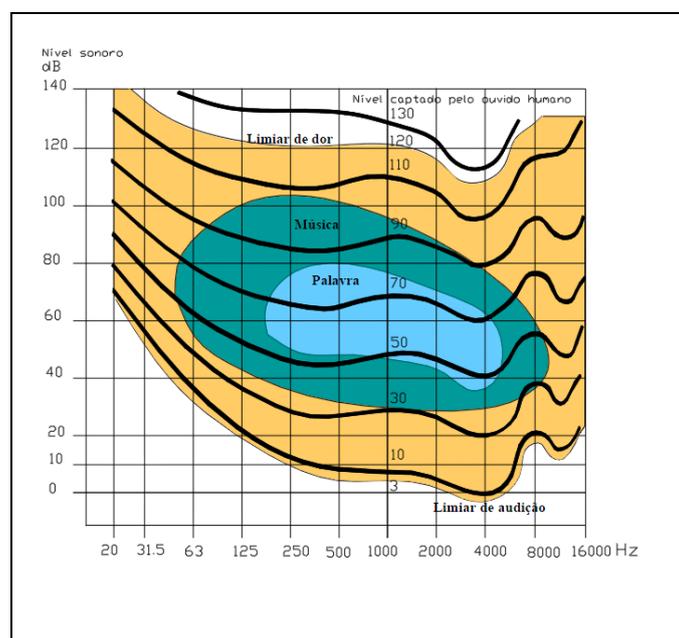


Figura 2.2 Curvas de igual sensação sonora (isofônicas).

Fonte: [16]

Relativamente à figura anterior, verifica-se que [4]:

“a) Existem alguns picos de sensibilidade acima de 1 kHz. Facto que se deve aos efeitos de ressonância do canal auditivo, que é um tubo de cerca de 25 mm, com um lado aberto e outro fechado, o que resulta num pico de ressonância de cerca 3,4 kHz, e devido à sua forma regular, num outro pico menor a 13 kHz. O efeito dessas ressonâncias é aumentar a sensibilidade do ouvido àquelas frequências.

b) Uma dependência de amplitude na sensibilidade do ouvido. Isto deve-se à maneira em que o ouvido atua como transdutor e interpretador do som, e como resultado a resposta a frequências é

dependente da amplitude. Este efeito é particularmente notável em baixas frequências, onde quanto menor a amplitude menos sensível é o ouvido.

O resultado desses efeitos é que a sensibilidade do ouvido é função tanto da frequência quanto da amplitude. Portanto, dois sons de diferentes frequências, mas de amplitudes iguais podem soar com volumes completamente diferentes. Por exemplo, um som a 20 Hz soará com muito menos volume que um de mesma amplitude a 4 kHz. Sons de diferentes frequências então deverão ter amplitudes de pressão diferentes para serem percebidos como tendo a mesma amplitude”.

2.2.3 Faixa de frequências dos instrumentos

A faixa de frequência dos instrumentos ou vozes que atuam num ambiente também é fundamental para o estudo da acústica de salas destinadas à prática musical, visto que os parâmetros de qualidade que caracterizam um recinto também são, em sua maioria, obtidos e analisados em função da frequência. Como pode ser observado na figura seguinte, os instrumentos componentes de uma orquestra, mais comuns, atuam numa faixa que compreende as bandas de frequência compreendidas entre a banda centrada em 63 e a banda centrada em 4000 Hz, com exceção do contrabaixo, acordéon, harpa, baixo-tuba, sarrusofone-contrabaixo e saxofone-baixo que atuam desde a banda centrada em 32 Hz até à banda centrada em 4000 Hz [9].

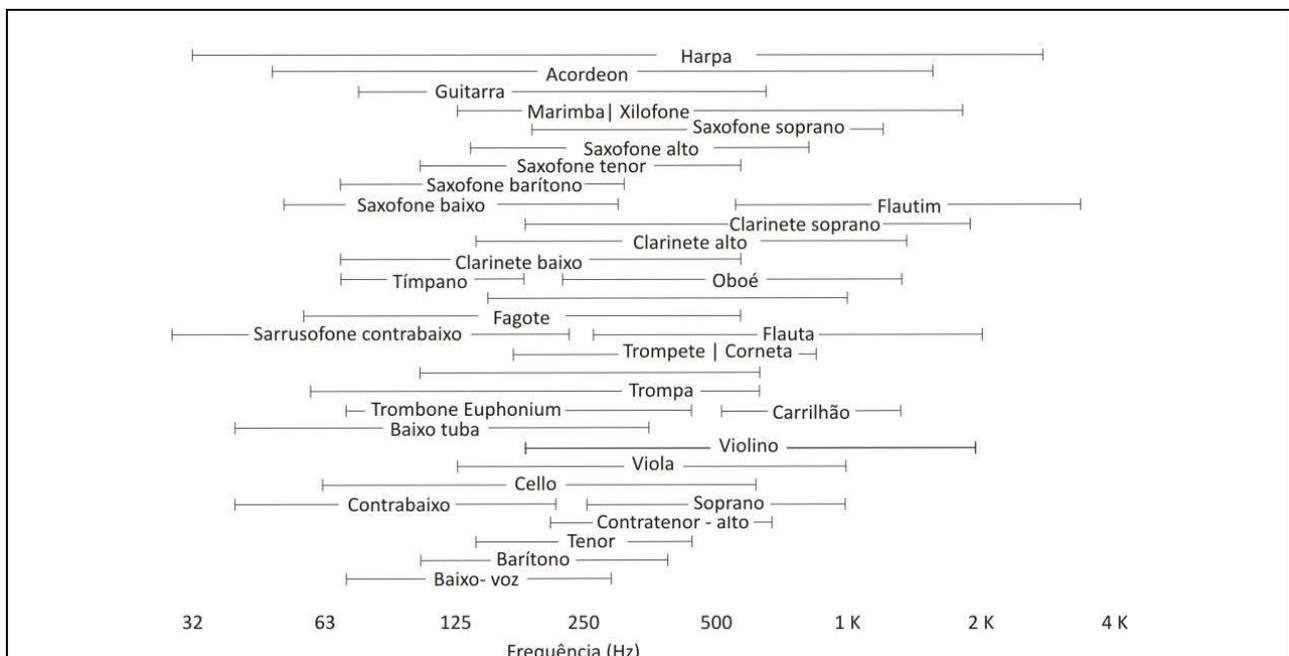


Figura 2.3 Faixa de frequência de vários instrumentos.

Fonte: [9]

3 ENQUADRAMENTO TEÓRICO

“A evolução histórica da acústica revela um repositório longo de comunicação e colaboração interdisciplinar” [22], tocando na Estética e nas Artes, pela Música, Arquitetura e pelas técnicas audiovisuais, estendendo-se das Ciências Sociais e Humanas às Matemáticas, passando pela Biologia, a Química e Física. “A acústica é sem dúvida uma ciência transversal a vários domínios do conhecimento e a sua integração ao nível da engenharia encontra-se perfeitamente estabelecida dados os conhecimentos e meios técnicos disponíveis” [22].

Assim sendo e tendo em conta o tema é sobre acústica de edifícios que este estudo incide.

A Acústica de Edifícios é o “ramo da Acústica Aplicada que, tomando em consideração a multiplicidade de processos pelos quais o homem é afetado pelo ruído no seu bem-estar, no exercício das atividades a que se dedica ou, mesmo, na sua saúde, se preocupa com a localização, construção e organização dos edifícios em termos de evitar ou, pelo menos, minimizar os inconvenientes resultantes de um ambiente acústico inadequado” [23]. No fundo, proporcionar, nos edifícios condições de conforto acústico aos seus ocupantes, verificando-se o condicionamento acústico adequado às atividades a desenvolver.

O condicionamento acústico “pressupõe a análise das fontes de ruído, o dimensionamento da envolvente com vista ao isolamento sonoro e o condicionamento acústico dos recintos” [24] e que é “frequente considerar-se dois tipos de situações distintas” [21]:

- 1) Estudo da propagação sonora no exterior, quer na perspetiva da proteção dos edifícios (do exterior para o interior), quer na perspetiva da minimização dos níveis de ruído transmitidos para o exterior (em relação a fontes do edifício existentes no exterior ou em relação a fontes no interior do edifício, considerando a própria radiação dos elementos envolventes do edifício).
- 2) O estudo da propagação do sonora em espaços fechados, que pode, por sua vez, ser subdividido em três áreas;
 - a) O estudo da propagação do som no interior de um espaço fechado frequentemente denominado de condicionamento acústico interior, que depende sobretudo da geometria do espaço, do tipo de revestimentos interiores e do recheio (mobiliário e ocupação). Este estudo visa controlar o som produzido e propagado no interior de um determinado espaço fechado, de modo à obtenção de um ambiente acústico adequado ao seu volume e às suas funções.
 - b) Estudo da propagação de sons aéreos entre dois espaços, normalmente denominado isolamento sonoro, que depende preferencialmente da massa e da estanquidade dos vários elementos que separam os dois locais.

- c) Estudo da propagação do som por via sólida, de sons ou ruídos de percussão, provenientes de choques ou de outras solicitações mecânicas aplicadas diretamente nos elementos de construção, que dependem essencialmente do tipo de estrutura do edifício, da ligação entre elementos de compartimentação e das características do local de aplicação de solicitação.
- 3) Estudo da propagação sonora no exterior, quer na perspetiva da proteção dos edifícios (do exterior para o interior), quer na perspetiva da minimização dos níveis de ruído transmitidos para o exterior (em relação a fontes do edifício existentes no exterior ou em relação a fontes no interior do edifício, considerando a própria radiação dos elementos envolventes do edifício) ”.

Sobre o anterior, Dinis [14] refere que André Brito afirma que “o isolamento é um tipo de trabalho que tem exclusivamente um lado científico. A pessoa introduz os dados no computador e ele despeja resultados. A nível de tratamento acústico as coisas não são bem assim, especialmente em espaços dedicados à música. Tem que haver muita sensibilidade em cada espaço. Ou seja a acústica tem um lado científico e outro artístico. Não é a toa que muitos engenheiros acústicos estão relacionados pessoalmente com a música”, ele próprio um músico assim como o colega Gustavo Pires”.

Assim sendo, o corrente capítulo pretende expor de forma conceptual e organizada as informações e dados (livros, teses e artigos de origem nacional e internacional) encontradas em publicações e na internet, realizadas por outros investigadores sobre o isolamento de edifícios escolares, condicionamento acústico de salas para o ensino musical e os materiais e sistemas construtivos aplicáveis a cada um.

Sobre isolamento, no que se refere aos sons aéreos, de percussão e de equipamentos e instalações.

Sobre o condicionamento, no que respeita essencialmente ao tempo de reverberação (função da banda de frequência considerada) que por definição “corresponde ao intervalo de tempo necessário para que o nível de pressão sonora, decresça de 60 dB após ter cessado a emissão sonora” [20], único requisito patente no regulamento que orienta o projeto acústico de edifícios e a outros parâmetros que na opinião de diversos autores condicionam o som neste tipo de espaços.

E sobre materiais e sistemas no que se refere ao tratamento de isolamento e condicionamento que mais se adequam às características deste tipo de edifícios e salas.

Ainda dentro deste contexto, achou-se pertinente a colocação de um anexo referente à visita realizada à Escola de Música de Lisboa. Esta visita bem como a visita à Escola de Música da Universidade de Évora surgiu, logo no início do trabalho conducente a esta dissertação, ainda quando o tema era ligeiramente diferente e que se pensou que o estudo deste tipo de escolas bem como os inquéritos dos próprios intervenientes poderiam contribuir para um melhor desenvolvimento do tema.

A Escola de Música de Lisboa é uma das poucas escolas que foi recentemente construída para o propósito e que contempla algumas das considerações e soluções feitas mais à frente como por exemplo salas maiores para instrumentos de baixas frequências e grandes intensidades e salas menores para instrumentos de altas frequências e pequenas intensidades (Anexo I).

3.1 Isolamento

“O isolamento sonoro é a proteção de um espaço contra a passagem de sons que interfiram com o sinal sonoro desejado. Tratar de isolamento sonoro é admitir a ocorrência de um processo de transmissão entre dois locais, um emissor e outro recetor. Uma primeira grande subdivisão diz respeito à origem das fontes, podendo ser interiores ou exteriores ao edifício. Outra tem a ver com a forma de transmissão da energia sonora. Ao considerar-se a existência de dois recintos adjacentes num dos quais existem ruídos com origem em emissões sonoras não comparticipadas por elementos de construção, sons aéreos, o tipo de isolamento sonoro que nos interessa estudar é o isolamento aos sons aéreos. No caso de o ruído ter origem em ações de choque sobre elementos de construção o tipo de isolamento a estudar será o isolamento aos sons de percussão” [24].

O isolamento aos sons aéreos é “a perda de energia sonora que experimentam as ondas sonoras ao atravessar um elemento, e isolamento aos sons de percussão a perda de energia que experimentam as vibrações ao propagar-se através de um material. A forma de abordar os dois tipos de transmissão é diferente, o que não significa que estes ocorram em separado, pelo contrário, é frequente manifestarem-se em simultâneo. Para encontrar as formas de proteção dos recintos é condição necessária para a obtenção de êxito, o conhecimento prévio da natureza dos ruídos que se pretende isolar e os caminhos pelos quais é suposto penetrarem no recinto a proteger. Em primeiro lugar deve-se efetuar uma subdivisão relativamente à posição da fonte face ao edifício. Desta subdivisão resultam dois grandes grupos: fontes exteriores e no interior do edifício. O estudo das fontes exteriores é indiferente quer se trate da conceção de um edifício escolar ou de habitação. Com efeito os locais de implantação dos dois tipos de edifícios genericamente podem-se considerar semelhantes. Em relação às fontes de ruído no interior dos edifícios já não se pode agrupar a sua caracterização. Apesar de haver situações de fontes de ruídos semelhantes, o funcionamento dos edifícios e o tipo de recintos é diferente, o que coloca situações com tratamento diverso” [24].

Dentro deste campo, encontrou-se um estudo sobre as condições acústicas ótimas em espaços de aprendizagem que revela que as escolas construídas antes do século XIX apresentam uma certa degradação física e uma obsolescência funcional generalizada face aos requisitos do ensino atual, resultantes do desgaste material a que os edifícios têm sido sujeitos e da alteração das condições de uso iniciais decorrentes e que as escolas construídas nos últimos anos tipo pavilhonar denunciam problemas ao nível da qualidade de construção geral e vários desajustes funcionais. As condições acústicas das primeiras escolas são por regra geral deficientes enquanto as

condições internas para as segundas são um pouco melhores, devido à menor volumetria dos espaços e ao emprego de materiais menos rígidos. Contudo, no que diz respeito ao isolamento de portas e janelas as primeiras apresentam melhores resultados [25].

Deste modo, segue-se algumas recomendações a ter em conta para os diferentes isolamentos elaboradas pelo mesmo artigo em consonância com o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE) [26] legislação específica complementar do Regulamento Geral do Ruído (RGR) que delibera os requisitos mínimos acústicos dos edifícios.

3.1.1 Isolamento a sons aéreos

“Um dos aspetos de maior relevância no conforto acústico dos edifícios prende-se com o isolamento a sons aéreos, a assegurar tanto pelos elementos constituintes da fachada como da compartimentação interior. Assim, importa que na fase de projeto seja conveniente avaliado o isolamento sonoro em causa, em conformidade com o disposto nas exigências funcionais estabelecidas e suportadas pela regulamentação vigente, por forma a que o ambiente no interior dos edifícios satisfaça padrões de conforto” [20].

“O isolamento sonoro é a proteção de um espaço contra a penetração de sons que derivam da excitação direta do ar que interfiram com o sinal sonoro desejado, ou seja, como o tratamento sonoro de um processo de transmissão dependente da incidência das ondas aéreas nos elementos de separação entre o local emissor e recetor. O processo de transmissão de energia sonora entre dois locais pode ser direto ou marginal. Direto se a transmissão ocorrer diretamente no elemento de separação através de juntas, fendas, ou discontinuidades no elemento ou através de vibração do elemento de construção e marginal se contornar os elementos interligados ao elemento de separação. Deste modo, a transmissão de sons aéreos ocorre essencialmente devido às deformações provocadas pelas ondas de pressão que o elemento de separação vai experimentar, funcionando como um sistema oscilante” [24].

3.1.2 Isolamento sonoro entre a fachada e os espaços interiores

“O isolamento sonoro proporcionado pelos elementos da fachada dos edifícios escolares destinados ao ensino musical ou não deverá ter em consideração as características de ruído ambiente existentes, ou previstas, na envolvente exterior da escola. Níveis sonoros de ruído ambiente mais elevados, ou a previsão da criação de novas fontes de ruído para a envolvente escolar (novas estradas, urbanizações, atividades industriais, comerciais ou serviços) exigirão a conceção de soluções que proporcionem valores mais elevados de isolamento sonoro em relação

ao exterior [23]”. Em consonância com o Regulamento Geral do Ruído (RGR) que preconiza a classificação das áreas urbanas em “zonas sensíveis” e em “zonas mistas”, e admitindo que em cada uma delas os níveis médios de ruído ambiente, diferenciados, não ultrapassem os valores limite superiores que as definem, recomenda-se que os requisitos mínimos para o isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o exterior e os diversos espaços geralmente constantes das instalações escolares sejam como especificado na tabela abaixo, através do índice padronizado, $D_{2m,nT,w}$ [26].

Tabela 3.1 Valores mínimos para o índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, $D_{2m,nT,w}$, entre o exterior dos edifícios (emissão) e os compartimentos interiores identificados como locais recetores (recepção).

Fonte: [25]

Local de implantação da escola	Índice de isolamento sonoro da fachada $D_{2m,nT,w}$ [dB]
zona sensível	≥ 28
zona mista, ou zona sensível em cuja proximidade exista em exploração ou projectada uma grande infra-estrutura de tráfego	≥ 33

3.1.3 Isolamento a sons aéreos entre compartimentos

O objetivo do isolamento sonoro consiste na redução do ruído transmitido por excitação aérea através de divisórios verticais (paredes, portas, janelas) e dos elementos divisórios horizontais. Os requisitos mínimos para o isolamento sonoro a sons de condução aérea entre espaços interiores de instalações escolares devem ser estabelecidos através do isolamento padronizado, $D_{nT,w}$ [25].

Os valores mínimos especificados no Regulamento dos Requisitos Acústicos se Edifícios para o isolamento sonoro entre os diversos espaços interiores dos edifícios escolares encontram-se na tabela seguinte.

Note-se que o isolamento das salas de aula para música deve ser maior do que para qualquer outro espaço.

Tabela 3.2 Valores mínimos para o índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, $D_{nT,w}$ [dB], entre os principais espaços interiores escolares.

Fonte: [25]

Locais de recepção / Locais de emissão	Bibliotecas	Salas de aula*, salas de estudo (individual, preparação de aulas), gabinetes médicos	Salas polivalentes, salas de professores, administrativas
Salas de aula	≥ 48	≥ 45	≥ 45
Salas polivalentes, salas de professores, administrativas	≥ 55	≥ 50	≥ 50
Salas de aula de música, refeitórios, ginásios e oficinas	≥ 58	≥ 55	≥ 50
Corredores de grande circulação**	≥ 35	≥ 30	≥ 30

3.1.4 Isolamento a sons aéreos entre compartimentos e espaços de circulação

A respeito do isolamento entre os espaços de circulação (corredores e átrios) e outros espaços internos de ensino (salas de aula, etc), conclui-se que “o isolamento apresenta normalmente a dificuldade de a parede divisória integrar a porta de entrada/ comunicação corredor-sala e ainda, normalmente, uma “bandeira” envidraçada, correntemente utilizada para facilitar a entrada de luz natural nas salas de aula. A questão é, no entanto controversa quando, em certas circunstâncias, as portas das salas de aula são deixadas abertas durante o decorrer das próprias aulas. As situações que envolvem a acústica das salas de aula vs. corredores de circulação ou átrios, devem ser analisadas, sob o ponto de vista das necessidades de isolamento sonoro entre esses espaços, em função das características e das funções desses espaços. Os corredores podem ser do tipo abertos, de circulação, permitindo e implicando a passagem, mais ou menos intensa, de alunos e funcionários, dando acesso a outros espaços da área escolar, ou podem ser do tipo fechado, de simples acesso local a salas servidas por esses corredores. Há ainda que considerar os casos em que os procedimentos escolares estabelecem que durante os períodos em que decorrem as aulas

não é permitida a circulação de alunos por certos corredores ou átrios. Nesses casos, há que definir previamente, de forma clara e objetiva que esse procedimento é para ser incondicionalmente respeitado nesse estabelecimento de ensino para que possa constituir uma premissa de projecto [25].

Tabela 3.3 Valores mínimos para o índice de redução sonora de elementos divisórios.

Fonte: [25]

Locais	Índice de redução sonora R_w [dB]	
	Paredes incluindo panos vidrados	Portas
Todos os espaços interiores, excepto salas de aula de música	≥ 40	≥ 27
Salas de aula de música	≥ 45	≥ 35

3.1.5 Isolamento a sons de percussão

Para além do isolamento a sons aéreos “a atenuação do ruído de transmissão estrutural, principalmente através dos elementos divisórios horizontais (pavimentos e lajes de piso) para o interior dos espaços de maior sensibilidade ao ruído, é outro objetivo essencial” [25].

Os sons de percussão derivam da solicitação direta da fonte sobre os elementos construtivos como por exemplo: a deslocação de pessoas; queda de objetos; vibrações produzidas por máquinas, arrastamento de móveis. Essas solicitações diretas produzem uma excitação que se propaga por ondas elásticas a todo o elemento de compartimentação e ainda aos elementos que a si se encontram ligados (dependendo da rigidez), transformando-o numa fonte de radiação de energia sonora com características regularizadas pelas propriedades elásticas dos elementos em presença. A transmissão deste tipo de sons entre dois locais assemelha-se com a transmissão de sons de condução aérea, pois depende das transmissões diretas através do elemento de separação e das suas características geométricas e de isolamento e das transmissões marginais, através dos elementos adjacentes”.

Os valores máximos admissíveis para o isolamento sonoro a sons de percussão a observar em edifícios escolares são expressos pelo índice de isolamento sonoro a sons de percussão, padronizado, $L'_{nT,w}$.

Na tabela abaixo são apresentados os valores máximos recomendados para o isolamento a sons de transmissão marginal estrutural, para os diversos espaços geralmente constantes das instalações escolares, através do índice de isolamento sonoro a sons de percussão, padronizado, $L'_{nT,w}$ [25].

Tabela 3.4 Valores máximos para o índice de isolamento sonoro de pavimentos a sons de percussão, padronizado, $L'_{nT,w}$, para os índices escolares.

Fonte: [25]

Tipo de Sala Receptora	$L'_{nT,w}$ máximo [dB]
Salas de aula, áreas para aprendizagem em geral	60
Salas para seminários, laboratórios de línguas	60
Áreas para aprendizagem em <i>Open Space</i>	60
Salas de aulas de música	55
Salas para prática musical	55
Salas para prática musical em <i>ensemble</i>	55
Estúdios de gravação	55
<i>Régies</i> de gravação	55
Auditório	60
Salas de estudo (individual, preparação de aulas)	60
Bibliotecas	55
Laboratórios de ciência e informática	65
Oficinas	65
Salas polivalentes	60
Ginásios	65
Gabinetes médicos, gabinetes para entrevistas	60
Refeitórios	65
Salas administrativas	65
Corredores, escadas	65

3.1.6 Níveis de Ruído de Equipamentos e Instalações

O ruído de equipamentos e instalações “tem origem nomeadamente nos equipamentos sanitários, elétricos, de ventilação mecânica forçada e de climatização e nas instalações de apoio ao usufruto da unidade edificada. A transmissão sonora dá-se não só por radiação a partir do ar exterior às condutas como por radiação interior através do interior das condutas de admissão ou de extração de ar e também por vibração dos elementos de construção em contacto com os equipamentos e com o local recetor. O primeiro tipo de radiação pode ser controlado através da

aplicação de um isolamento acústico apropriado a sons aéreos entre a zona de instalação dos equipamentos e a zona a proteger. Nesta situação e a partir dos níveis sonoros no local emissor, da curva de isolamento sonoro e do volume e das características de absorção sonora do local recetor é acessível determinar os níveis sonoros previstos no interior do espaço recetor” [24].

Dado o exposto, alguns autores [25] apresentam um ponto de vista diferente do Regulamento dos Requisitos Acústicos. Enquanto, o RRAE apenas especifica de forma explícita, a necessidade de limitação dos níveis máximos do ruído admissível no interior dos diversos espaços de ensino por ação do ruído proveniente de equipamentos do edifício, através do estabelecido na alínea f) do n.º1 do artigo 7.º pela especificação dos valores limite superiores do nível de avaliação, $L_{Ar,nT}$. Os mesmos defendem “que objetivo fundamental de conferir uma boa acústica a uma sala de aula consiste na obtenção de uma boa relação sinal ruído que satisfaça a comunicação entre professor e aluno, entre alunos e que não interfira nas situações e atividades escolares.

Tabela 3.5 Valores máximos para o nível de avaliação, $L_{Ar,nT}$, no interior dos principais espaços escolares, resultante de equipamentos internos.

Fonte: [25]

Locais	Nível de avaliação, $L_{Ar,nT}$ [dB (A)]
Biblioteca, salas de aula, salas de aula de música	$L_{Ar,nT} \leq 35$ (se o funcionamento do equipamento for intermitente) $L_{Ar,nT} \leq 30$ (se o funcionamento do equipamento for contínuo)
Salas polivalentes, salas de professores, gabinetes médicos, salas administrativas, refeitórios, ginásios, oficinas	$L_{Ar,nT} \leq 40$ (se o funcionamento do equipamento for intermitente) $L_{Ar,nT} \leq 35$ (se o funcionamento do equipamento for contínuo)

A relação sinal-ruído varia de ponto para ponto na sala, da mesma forma que varia a intensidade percebida da fala do professor e varia o nível de pressão sonora do ruído de fundo na sala. Tipicamente a relação sinal-ruído é menor: no fundo da sala, onde a intensidade sonora da fala do professor decai para valores mínimos por ação de maior distância; no fundo da sala de aula por ação do campo acústico reverberante que se estabelece na sala e junto a uma qualquer fonte de ruído como por exemplo um equipamento de ar condicionado.

Todos os fatores que contribuem para o ruído interior dos espaços escolares devem ser considerados. Os ruídos de características intermitentes e os ruídos com características tonais ou impulsivas tendem a ser mais perturbadores (ruídos que fomentam a distração do aluno), pelo que devem ser mais controlados e minimizados. Torna-se então necessário limitar os níveis

sonoros do ruído ambiente de fundo no interior dos espaços escolares aos seus valores mínimos, em particular nos espaços de aprendizagem pura. Assim, Alarcão D., Fafaiol C., e Bento Colelho J.L indicam valores máximos admissíveis do nível de avaliação de ruído de fundo ambiente observável nas diversas salas de ensino, comumente integrantes dos espaços escolares.

Os valores indicados na tabela seguinte são expressos em termos do parâmetro L_{Aeq} , relativo a um intervalo de tempo correspondente a uma aula com duração normal. Referem-se, objetivamente, ao mais elevado nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, (relativo ao período de tempo de uma aula) que pode ocorrer durante as horas normais de escolaridade”. Além disso, aplicam-se a espaços na situação de acabados, normalmente mobilados, mas não ocupados [25].

Tabela 3.6 Valores máximos recomendados pelos autores Alarcão D., Fafaiol C., e Bento Colelho J.L para o nível de avaliação, $L_{A,r,T}$, no interior dos principais espaços escolares, resultante de equipamentos internos.

Fonte: [25]

Tipo de Sala	Ruído das actividades (sala emissora)	Tolerância ao ruído (sala receptora)	Limite superior para o nível de avaliação do ruído de fundo, L_{Aeq} [dB(A)]
Salas de aula, áreas para aprendizagem em geral	Médio	Baixa	35
Salas para seminários, laboratórios de línguas	Médio	Baixa	35
Áreas para aprendizagem em <i>Open Space</i>	Médio	Média	40
Salas de aulas de música	Muito elevado	Baixa	35
Salas para prática musical	Muito elevado	Baixa	35
Salas para prática musical em <i>ensemble</i>	Muito elevado	Muito Baixa	30
Estúdios de gravação	Muito elevado	Muito Baixa	30
<i>Régies</i> de gravação	Muito elevado	Baixa	35
Auditório	Médio	Baixa	35
Salas de estudo (individual, preparação de aulas)	Baixo	Baixa	35
Bibliotecas - áreas de estudo	Baixo	Baixa	35
Bibliotecas - áreas de recursos	Médio	Média	40
Laboratórios de ciência e informática	Médio	Média	40
Oficinas	Elevado	Alta	40
Salas polivalentes	Elevado	Média	38
Ginásios	Elevado	Alta	45
Gabinetes médicos, gabinetes para entrevistas	Baixo	Média	38
Refeitórios	Elevado	Alta	45
Salas administrativas	Médio	Média	40
Corredores, escadas	Médio - Elevado	Alta	45

3.2 Condicionamento acústico

“Complementarmente ao isolamento a sons aéreos e de percussão, é importante exigir-se que o campo sonoro em determinados espaços não tenha características de reverberação demasiado elevadas, ou seja, que possua uma absorção sonora consentânea com a finalidade para que é proposto” [20].

Deste modo, o objetivo do condicionamento acústico é dotar os espaços de características adequadas à sua utilização relativamente ao tratamento que este produz sobre os estímulos sonoros que são produzidos no seu interior [25].

Assim sendo, segue-se uma explicação dos aspetos encontrados na opinião de vários autores e pesquisadores como condicionantes da acústica de salas para o ensino musical.

3.2.1 Finalidade do espaço

“O projeto de condicionamento acústico deve começar nas primeiras fases em que está em discussão a capacidade e o tipo de utilização da sala a construir”, Dinis [14] diz que João Carlos Vieira declara que “talvez o mais importante ponderador de todos que condiciona a acústica da sala é a finalidade a que se destina (música/tipo de música, fala, ou música e fala)” [11].

Isto porque “as especificidades por exemplo de uma sala para aulas expositivas são diferentes daquelas de um espaço destinado ao ensino de música” [1]. Tal como salas individuais e salas coletivas destinadas à prática vocal ou instrumental de frequências baixas ou altas pressupõem características acústicas distintas.

Para satisfazer ambas, diz-se que “as salas devem ser criadas com sistemas de acústica variável, o que nem sempre é conseguido” [15].

As salas de aula usadas para a maior parte das disciplinas escolares devem primar por aquilo que, em acústica, se chama inteligibilidade da palavra, ou seja, a possibilidade de entender bem todo o discurso do professor [1]. Enquanto para Geerdes [27] as salas para música devem ter clareza e equilíbrio [24].

Deste modo, cabe aqui destacar que o objetivo principal da educação musical que é “ampliar a capacidade auditiva dos alunos, o que inclui perceber como o som é projetado no ambiente e como o ambiente responde ao som. Isso requer a ajuda do professor” [1].

E portanto o que se pretende de uma sala deste tipo é que haja o máximo de energia sonora, sem perda de inteligibilidade, ou seja, que tanto os professores como os alunos possam identificar qualquer tipo de falha. Pois, os músicos tocam de acordo com o que ouvem e, e adaptam as suas performances ao comportamento acústico das salas, consciente ou inconscientemente [10].

O problema é que “o sinal sonoro não depende somente das propriedades do recinto, mas também dos aspetos psicofisiológicos da audição, do caráter de sons naturais, das fontes e dos recetores sonoros empregues na transmissão sonora, da escritura musical, do género e do estilo entre outros” [15].

3.2.2 Geometria das salas

As formas e as dimensões das salas de música são alguns dos fatores que influenciam o comportamento acústico final de uma sala.

Relativamente às formas para salas de música apurou-se que as conhecidas “caixas de sapatos” sem perfeito paralelismo são as preferidas porque evitam as ondas estacionárias resultantes da sobreposição de duas ondas com a mesma frequência, amplitude, comprimento de onda e direção mas com sentidos opostos e, promovem reflexões laterais e envolvimento natural bem como tempos menores para o som refletido; e que as formas concavas são dispensáveis porque centralizam o som num único ponto, criando áreas musicalmente vazias [9].

Relativamente às dimensões diz-se que “estas são geralmente determinadas em função do tipo de sala (se individual ou coletiva) e da assistência (se com assistência ou não). O volume das salas de aula para música deve ser maior que o volume das salas de aula para palavra. Se o volume da sala para música for muito pequeno, o som será muito intenso. Assim sendo, pés-direitos mais altos marcam a diferença” [9].

Ao longo dos anos têm surgido algumas metodologias e conseqüentemente alguns rácios de forma a minimizar o efeito de coloração, problema relacionado com o comportamento modal do espaço (explicado mais à frente) e que se torna particularmente evidente no som vocal em salas pequenas e para baixas frequências [28].

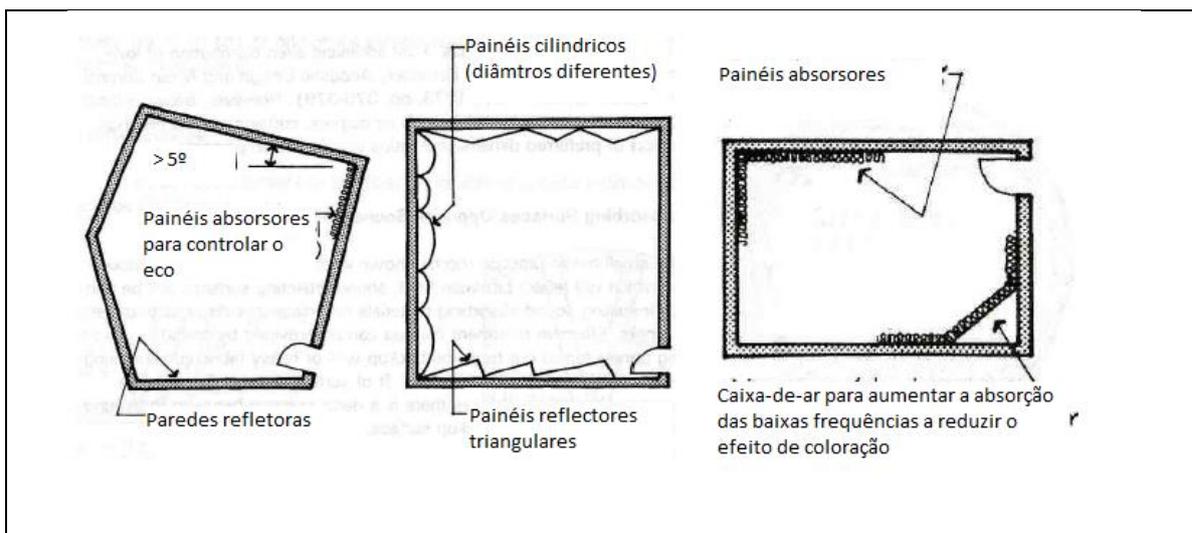


Figura 3.1 Formas geométricas de salas.

Fonte: [29]

Tabela 3.7 Dimensões preferíveis.

Fonte: [29]

Autor	Altura	Largura	Comprimento
Sepmeyer [8]	1,00	1,14	1,39
	1,00	1,28	1,54
	1,00	1,60	2,33
Louden [9]	1,00	1,4	1,9
	1,00	1,3	1,9
	1,00	1,5	2,1
Volkman [10]	2	3	5
Boner [11]	1,00	$\sqrt[3]{2} \approx 1,26$	$\sqrt[3]{4} \approx 1,59$
IEC 60268-13 [12]	2,7	5,3	7

3.2.3 Som direto e refletido

Numa sala existe som direto, som equivalente à propagação em campo livre e som reverberante, som equivalente ao campo reverberante. O som direto corresponde à energia sonora transmitida ao ouvinte antes que esta receba qualquer reflexão sonora proveniente das superfícies interiores do espaço, enquanto o som refletido já vem afetado da resposta da sala. O maior ou menor

equilíbrio entre os dois define e caracteriza uma determinada sala. Através do som direto pode-se determinar a direção da fonte sonora. Todavia, se as primeiras reflexões forem bastante intensas o recetor pode ter a sensação que a fonte se encontra entre o som direto e refletido. Esta translação de imagem é mais evidente se o tempo entre o som direto e o refletido for muito curto, cerca de 7 ms. O som que o músico ouve do próprio instrumento é praticamente o som direto e o som que a plateia ouve é maior parte som reverberante” [15].

3.2.4 Early sound

Dada a relevância do *early sound* considera-se separadamente os instantes iniciais da recepção sonora. “A expressão *early sound* refere-se a essa primeira quantidade de energia sonora que chega até ao ouvinte durante os primeiros 50 ms para palavra e 80 ms para música, e corresponde ao som direto e às primeiras reflexões. A restante energia sonora corresponde aos milhares de reflexões que se seguem a esses 80 ms iniciais. Destas reflexões, as que chegam das paredes laterais, provocam a sensação de espacialidade. Nas salas retangulares as reflexões laterais são favorecidas” [15].

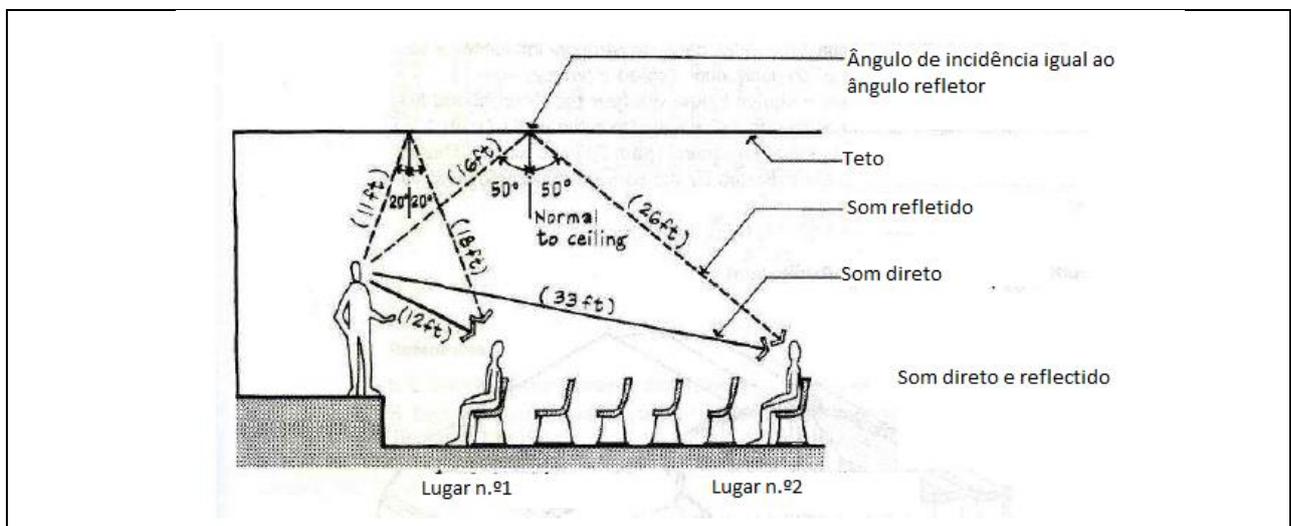


Figura 3.2 Som direto e som refletido.

Fonte: [29]

3.2.5 Efeito de precedência ou Haas

O efeito de precedência ou efeito de *Haas* é o fenômeno psicoacústico que permite identificar corretamente a origem de um som percebido por ambos ouvidos, alcançado em momentos diferentes devido ao formato da cabeça.

Haas diz que a direção da fonte sonora é identificada com base no primeiro estímulo, mesmo que este chegue 1 ms antes dos demais estímulos. Pois para um desfasamento de 35 ms o nível do segundo estímulo precisa de ser cerca de 10 dB mais intenso que o sinal direto para ser percebido como um eco. Já após este intervalo, as reflexões são percebidas como sons distintos [15].

3.2.6 Campos sonoros em salas

O campo sonoro é caracterizado pelo conhecimento da distribuição, no espaço e no tempo, da pressão sonora.

No entanto, diz-se que “essa caracterização não é tarefa simples, por um lado devido à natureza físico-matemática para o tratamento do problema, por outro devido a complexidade em traduzir quantitativamente os processos de dissipação de energia sonora no ar e na envolvente com forma geométrica muitas vezes com contorno complexo. Essa caracterização pode ser conduzida por diferentes teorias, tais como: teoria ondulatória; teoria geométrica e estatística” [21].

Teoria ondulatória

A teoria ondulatória estuda o fenômeno físico real, a partir da qual se pode descrever o campo sonoro em termos de distribuição espectral da pressão sonora, ou seja, através das frequências próprias de vibração.

Este modelo é apropriado para salas de pequenas dimensões, de contornos irregulares e distribuição não uniforme da absorção sonora.

A forma e as dimensões geométricas bem como as condições fronteiras ao longo de toda a envolvente podem provocar ondas estacionárias (modos próprios de vibração). Caso estas não sejam evitadas, a propagação acaba por ser condicionada nas frequências associadas a estes modos próprios de vibração.

Considerando um espaço paralelepípedo de dimensões L_x , L_y e L_z e limitado por paredes rígidas perfeitamente refletoras, as frequências próprias, f_n , são dadas por:

$$f_n = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\left(\frac{n_x}{L_x}\right)^2 + \left(\frac{n_y}{L_y}\right)^2 + \left(\frac{n_z}{L_z}\right)^2}$$

Onde n_x , n_y e n_z são números inteiros positivos e c a velocidade de propagação do som no ar em m/s.

Analisando a equação anterior verifica-se que os primeiros modos próprios de vibração se registam para frequências tanto mais baixas, quanto maiores forem as dimensões do espaço; e ainda que, o melhor local para excitar todos os modos próprios de uma sala paralelepipedica é um canto e, que o melhor lugar para instalar um equipamento ruidoso é no centro do recinto fechado.

Apesar do número de modos de vibração ser ilimitado, a partir de uma determinada frequência, a densidade de modos próprios e o número de reflexões são tão elevados que o seu cálculo deixa de ter interesse.

A determinação dessa frequência, a partir da qual a influência dos modos é praticamente nula, é dada por:

$$f_{\max} = 1849 \sqrt{\frac{T_{\text{med}}}{V}}$$

Onde T_{med} é o tempo de reverberação médio (entre as bandas de oitava 500 e 1000 Hz) e V o volume do recinto em m^3 . Assim sendo, a frequência limite será tanto mais alta quanto menor o volume da sala. No entanto, o que se pretende é que ela seja a mais reduzida possível.

Relacionado com o comportamento modal do espaço, podem surgir problemas em algumas salas e que se torna particularmente evidente no som vocal. Constata-se um ênfase em certas frequências do espectro que não é natural, repetindo-se a situação sempre nas mesmas frequências. Este fenómeno denomina-se vulgarmente por coloração [21].

Teoria geométrica

Teoria muito simplificada do campo sonoro, onde o conceito de onda sonora é descrito como um raio sonoro que é radiado da fonte sonora como linha reta, que se reflete nas superfícies segundo as leis da reflexão.

Modelo adequado para salas cujos comprimentos de onda são muito pequenos quando comparados com as dimensões da sala, ou para frequências muito altas, onde quase não existe campo difuso [21].

Teoria Estatística

Quando o número de raios diretos e refletidos é muito grande deixa de ser possível a abordagem geométrica sendo necessária uma análise estatística do campo sonoro.

Modelo adequado para recintos de grandes dimensões, com contornos irregulares e distribuição não uniforme da absorção sonora [21].

3.2.7 Tempo de reverberação

O tempo de reverberação (T) já aqui referido “corresponde ao intervalo de tempo necessário para se verificar um decaimento do nível sonoro de 60 dB, após a paragem instantânea da fonte sonora” [21].

Devido ao nível do ruído de fundo habitualmente existente nas salas torna-se mais prático e viável calcular um decaimento de 30 ou 20 dB e extrapolar para os 60 dB. O cálculo do tempo para estas taxas de decaimento é possível desde que se use as constantes apropriadas. O tempo de reverberação é influenciado pelo volume da sala, absorção sonora dos materiais e mobiliário e pessoas existentes no recinto [20]. E conseqüentemente é também influenciado pela frequência a analisar.

Fórmula de Sabine

A noção de tempo de reverberação surgiu, quando nas suas experiências, o físico americano usou um cronómetro para detetar um decréscimo da energia sonora de 1000 000 de vezes. Desta experiência estabeleceu uma relação da maior importância que ficou conhecida por equação de Sabine, onde são explícitas as principais grandezas que influenciam o tempo de reverberação T [15]:

$$T = \frac{0,161 V}{A} ; A = \sum S_i \alpha_i$$

Onde V é o volume da sala em m³, e A a área de absorção sonora equivalente, S_i a área de absorção de cada material presente e α_i o respectivo coeficiente de absorção desse material em função da banda de frequência a analisar. Por exemplo, uma mesma sala pode ter tempos de reverberação diferentes. Depende da frequência analisada e respectivos coeficientes de absorção dos materiais.

Em grandes salas é preciso considerar também a absorção do ar, a qual depende da temperatura e da humidade. Assim sendo, a expressão acima fica agora”:

$$T = \frac{0,161 V}{A + 4mV}$$

Fórmula de Eyring-Norris

A fórmula de *Eyring-Norris* [15] é essencialmente aplicada a salas pequenas e secas de grande absorção, ao contrário da equação de *Sabine*:

$$T = - \frac{0,161 V}{S \ln(1 - \alpha)}$$

Onde $(1-\alpha)$ representa a fração da energia refletida que atua nas outras superfícies.

Introduzindo a absorção de ar tem-se:

$$T = \frac{0,161 V}{A_{ar} - S \ln(1 - \alpha)}$$

3.2.8 Absorção sonora

Os principais materiais absorventes usados em projeto acústico são: materiais porosos, painéis absorventes e cavidades ressoadoras. A absorção de cada material é definida por um coeficiente de absorção em função da frequência a analisar, α .

Coeficiente de absorção sonora

A energia sonora quando se propaga sofre uma atenuação provocada pelo próprio meio que atravessa. Essa dissipação da energia sonora é parametrizada pelo coeficiente de absorção, α , que depende da estrutura e porosidade dos materiais” [15]:

$$\alpha = \frac{E_{\text{absorvida}}}{E_{\text{incidente}}}$$

Onde $E_{\text{absorvida}}$ é a energia absorvida e $E_{\text{incidente}}$ a energia incidente.

“Este coeficiente encontra-se entre 0 (absorção nula) e 1 (absorção total) e depende da frequência. Se pretender-se pouca reverberação, aumenta-se a absorção e vice-versa.

No caso de a sala ser formada por diversos materiais de superfície exposta S_n e com coeficiente de absorção sonora α_n , determina-se um coeficiente de absorção sonora médio, para uma dada frequência, dado por”:

$$\alpha = \frac{\sum_n \alpha_n S_n}{\sum_n S_n}$$

3.2.9 Difusão sonora

A difusão ou reflexão difusa é um modelo que tem como objetivo minimizar a absorção, eliminar as reflexões especulares substituindo-as por dispersão independente do ângulo de incidência, eliminar ecos e potenciar o campo reverberante.

Os elementos que contribuem para a reflexão difusa são, especialmente, compostos por formas geométricas variadas e pouco regulares com dimensões comparáveis ao comprimento de onda de som incidente. Além disso são caracterizados pelo coeficiente de dispersão, s , que relaciona a energia refletida não-especular com a energia total refletida, e pelo coeficiente de difusão, d , que relaciona a semelhança entre a resposta polar efetiva e a resposta teórica, ou seja dá uma ideia da uniformidade da dispersão do sistema ou elemento em causa.

Em salas pequenas, os difusores são geralmente utilizados em salas de ensaio, de controlo de estúdios de gravação, teatros, salas de audição, entre outras [15].

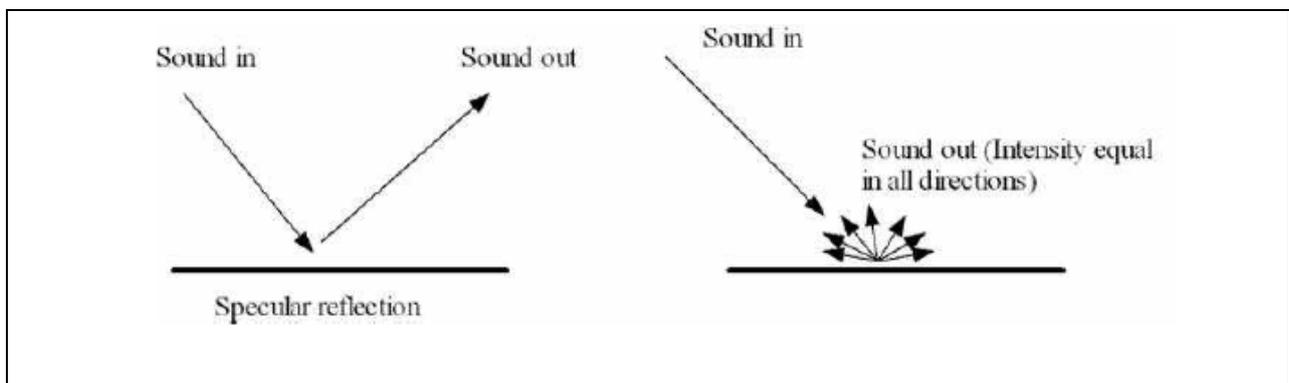


Figura 3.3 Esquema de difusão sonora.

Fonte: [29]

3.2.10 Parâmetros acústicos subjetivos

“As impressões e perceções sonoras ou mesmo as expressões quanto a inteligibilidade da música geraram diferentes descrições do ambiente sonoro, não só por parte dos elementos da crítica musical como também pelos próprios músicos ou mesmo pelos ouvintes mais experientes, acústicos ou não. Muitos dos termos apresentavam carácter abstrato e subjetivo que dificultavam um diálogo entre críticos músicos e acústicos. Termos com definições mais claras, com enfoque mais objetivo e de compreensão uniforme, foram propostos no intuito de facilitar o diálogo e

estimular uma reflexão mais profunda sobre os atributos do espaço influentes na produção transmissão e percepção da música” [13].

Segue-se então uma breve descrição dos termos encontrados como os mais relevantes para avaliação de qualidade acústica de salas de música.

Reverberância

A reverberância é o sentido percebido num espaço ou numa gravação [15]. A reverberância depende do tempo de reverberação e do EDT. A vida de uma sala depende fundamentalmente da reverberação nas médias e altas frequências (acima de 350 Hz) porque a sala pode ter pouco reverberação nas frequências graves e continuar sentir-se que é uma sala com vida [27]”.

Salas reverberantes com tempos superiores a 1,6 s são designadas de salas “vivas”, enquanto salas com um enorme índice de absorção que refletem pouco som para o ouvinte e com tempos de reverberação inferiores a 1,6 s são consideradas salas “mortas/secas” [9].

Calor

O “calor em acústica é definido como a presença dos graves e surge quando o tempo de reverberação das médias frequências (menores que 350 Hz) é razoavelmente grandioso para garantir que tais frequências sejam nitidamente percebidas” [12].

“Quanto mais elevado for o tempo médio de reverberação na gama das frequências baixas, relativamente ao valor médio correspondente na gama das frequências elevadas, maior será o «calor» e menor será o «brilho»” [11].

Brilho

A respeito deste parâmetro diz-se que “o som brilhante de uma sala deriva da proeminência dos harmónicos superiores e do relativo baixo decaimento para essas frequências” [12].

Intimismo

No que concerne a este parâmetro, diz-se que “a intimidade acústica é a sensação auditiva de se estar perto da fonte sonora. Quando uma sala tem intimidade, a música nela executada soa como se fosse executada numa sala pequena. A intimidade depende essencialmente do intervalo de tempo entre o som direto e a primeira reflexão, ou seja, do ITDG, mas também do tempo de reverberação” [15].

Clareza ou Definição

A clareza de uma sala mede o grau de percepção de todos os detalhes musicais ou o grau de definição com que os sons são percebidos como distintos e claros. Este grau de definição depende diretamente do tipo de superfícies refletoras do som existentes no interior da sala e por isso está relacionado com a intimidade. A clareza é também função do tempo de reverberação, logo, a clareza é maior em salas secas do que em vivas.

A clareza pode ser considerada horizontal e vertical. A horizontal refere-se à percepção dos sons executados sucessivamente, por exemplo uma melodia e do ponto vista físico depende do tempo de reverberação e do C80. A clareza vertical refere-se ao grau de definição com que se ouve distintos os sons executados simultaneamente. Tanto uma como a outra dependem, além da resposta da sala, em determinados grau do compositor e do executante. Assim na escrita, a escolha do tempo, a dinâmica indicada, podem condicionar a clareza. Na escrita vertical, a escolha dos instrumentos, por exemplo condiciona a clareza vertical. Desta depende o equilíbrio entre os sons e a fusão sonora entre os vários instrumentos.

Embora a clareza do discurso musical dependa naturalmente da execução do músico, depende em muito maior grau da resposta da sala” [15].

No caso da palavra, usa-se o termo inteligibilidade para designar a clareza com que se percebem as palavras.

Impressão Espacial

A impressão espacial é o efeito psicoacústico causado pelas reflexões sonoras que atingem o ouvinte, fazendo-o criar mentalmente uma sensação acústica espacial do ambiente. É influenciada pela difusão e pela dissimilaridade biauricular (medida da diferença que é captada em cada um dos ouvidos ao longo do tempo de exposição)” [12].

Tabela 3.8 Parâmetros acústicos e respectivas expressões matemáticas.

Fonte: [12]

Parâmetro Subjetivo	Índice Objetivo	Expressão Física
Vivacidade	RT 60	Schroeder (1965)
Calor	BR	$\frac{RT_{125} + RT_{250}}{RT_{500} + RT_{1000}}$
Brilho	TR	$\frac{RT_{2000} + RT_{4000}}{RT_{500} + RT_{1000}}$
Nível de som	L	$10 \log [E_d / E_r]$
Intimismo	ITDG	$t_d - t_r$
Clareza	C50	$10 \log \left[\frac{\int_{0}^{50ms} p^2(t) dt}{\int_{50ms}^{\infty} p^2(t) dt} \right]$
Impressão espacial	IACC	$\max \left[\left[\int p_e(t) p_d(t + \alpha) dt \right] \cdot \left[\int p_e^2(t) dt \int p_d^2(t) dt \right]^{-1/2} \right]$

3.2.11 Parâmetros acústicos objetivos

Os principais parâmetros objetivos que permitem caracterizar a acústica de uma sala são:

Tempo de reverberação

Embora estando em aberto a discussão acerca de valores ótimos, o tempo de reverberação dá, no entanto, uma primeira (e muito útil) indicação global – o respeito de certa gama de valores torna possível uma primeira aproximação de qualidade, no fundo um condicionamento necessário mas de forma nenhuma suficiente” [11].

Para uma sala destinada a conferências o tempo de reverberação deverá ser baixo, de modo a que a conversação se torne inteligível, sem produzir fadiga no orador e nos ouvintes. Numa sala de espetáculos destinada a concertos de música sinfônica, pelo contrário, deverá apresentar um tempo de reverberação elevado, conforme figura abaixo” [21].

Ainda a este respeito Patraquim [29] diz que “se o tempo de reverberação for demasiado elevado as palavras podem ser mascaradas pelas reflexões das sílabas e se o tempo for muito pequeno o orador encontra-se nas condições de campo livre tendo que reforçar a potência da sua voz para se fazer compreender melhor”.

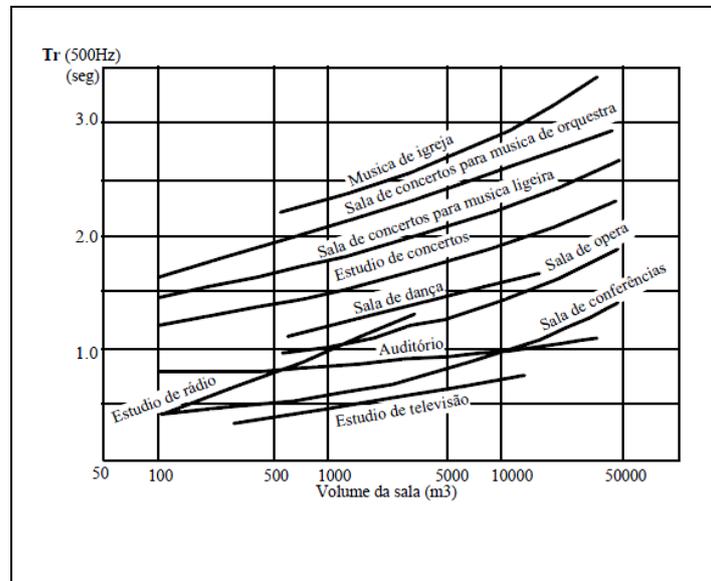


Figura 3.4 Tempo “ótimos” de reverberação para diferentes tipos de utilizações.

Fonte: [27]

Tabela 3.9 Tempos de reverberação típicos.

Fonte: [27]

Parâmetro	Muito seca	Seca	Normal	Reverberante	Muito Reverberante
Tempo de Reverberação (TR)	$0.2 < T_r < 0.25$	$0.4 < T_r < 0.5$	$0.9 < T_r < 1.1$	$1.8 < T_r < 2.2$	$2.5 < T_r < 4.5$
Típico	Estúdio de gravação	Restaurante	Escritório	Hospital	Catedral
		Teatro	Biblioteca	Igreja	Fábrica
		Sala de aula	Quitinete		
Coefficiente de absorção médio	0.40	0.25	0.15	0.10	0.05

Entretanto, “os tempos de reverberação para salas de ensaio de música devem ser menores que os tempos de reverberação em auditório e maiores do que os destinados para salas de aula para palavra e que de acordo com Geerdes [27], salas de prática e ensaio devem se diferenciar acusticamente por um TR 1,2 a 2,0 s; já uma sala de ensaio para banda deve ter um tempo de reverberação de aproximadamente de 0,8 a 1,0 s e ambos devem fornecer ambientes acústicos favoráveis” [10].

Tabela 3.10 Valores máximos recomendados pelos autores Alarcão D., Fafaiol C., e Bento Colelho J.L para T_r nos principais espaços escolares.

Fonte: [25]

Tipo de Sala Receptora	Valores recomendados para o Tempo de Reverberação médio, T_r [s]
Salas de aula, áreas para aprendizagem em geral, salas para seminários, laboratórios de línguas:	
$V < 300 \text{ m}^3$	0,6 - 0,8
$300 \text{ m}^3 \leq V < 600 \text{ m}^3$	0,7 - 0,9
Áreas para aprendizagem em <i>Open Space</i>	0,8 - 1,0
Salas de aulas de música	< 1,0
Salas para prática musical	< 0,8
Salas para prática musical em <i>ensemble</i>	0,6 - 1,2
Estúdios de gravação	0,6 - 1,2
<i>Régies</i> de gravação	< 0,5
Auditório pequeno (< 50 pessoas)	< 0,8
Auditório grande (> 50 pessoas)	< 1,0
Salas de estudo (individual, preparação de aulas)	< 0,8
Bibliotecas	< 1,0
Laboratórios de ciência e informática	< 0,8
Oficinas	1,0 - 1,2
Salas polivalentes	0,8 - 1,2
Ginásios	< 1,5
Gabinetes médicos, gabinetes para entrevistas	< 0,8
Refeitórios	< 1,0
Salas administrativas	< 1,0
Corredores, escadas	< 1,5

Já Marros [9] refere que “quanto aos tempos de reverberação considerados adequados para salas pequenas dedicadas à prática e ensino musical, algumas pesquisas [32] [33] podem ser destacadas conforme indicadas na tabela abaixo” .

Tabela 3.11 Tempos de reverberação em função do tipo de salas.

Fonte: [9]

Autor	Tempos de Reverberação (s) para salas de aula de música		
	Coletivas	Individuais	Teoria Musical
Lane e Mikeska (1995)	-	0,4 – 0,7	0,55 – 0,8
Lamberty (1980)	-	0,5 – 0,9	-
Cohen (1992)	0,3 – 0,5	-	-
Ryherd (2008)	0,5 - 8	-	0,4 – 0,5
Osaki e Schmid (2009)	0,5 - 1	0,5 - 1	0,4 – 0,8

Já Dinis [14] refere que para João Carlos Vieira “o truque de um correto tratamento acústico está em equilibrar o tempo de reverberação nas diversas frequências sonoras (sem discrepâncias): “Podemos ter uma média de tempo de reverberação de um segundo para uma sala de 200/300 pessoas mas não podemos ter um valor de meio segundo a 4000Hz e ter um segundo e meio a 125 Hz, esta seria uma discrepância enorme. Esses valores com amostragens de um terço de oitava, a partir dos 125Hz até aos 4000Hz, foi o que se convencionou ideal para que as salas estivessem equilibradas. A discrepância entre os 125Hz e os 4000Hz não pode ter variação superior a 18% - 20%. Obviamente o ouvido humano ouve muito além disso e ouve para baixo disso, mas convencionou-se esse espectro sonoro. A maneira de equilibrar esses tempos de reverberação é que faz uma boa acústica. Se tivermos uma discrepância muito grande, ou temos uma sala ressonante ou surda nos agudos ou com outros problemas”.

Razão de Graves (BR)

Razão de Graves consiste na razão entre a soma dos tempos de reverberação para as bandas de oitava centradas nas frequências de 125 Hz e 250 Hz e a soma dos tempos de reverberação para as bandas de oitava centradas nas frequências de 500 Hz e 1000 Hz e permite avaliar o parâmetro subjetivo “Calor” [12].

No que refere a valores, Beranek [30] diz que esta razão deve encontrar-se entre 1,1 e 1,25 para salas com tempos de reverberação superiores a 1,8 s e entre 1,1 e 1,45 para salas com tempos inferiores a 1,8 s [9].

Razão dos Agudos (Br)

A razão de agudos é “a razão entre tempos de reverberação nas médias (500 e 1.000 Hz) e nas altas frequências (2.000 e 4.000 Hz)” [20].

Esta razão permite avaliar o parâmetro subjetivo “Brilho”.

Tempo de Decaimento Inicial (EDT)

O EDT, “mede a taxa de decaimento da mesma forma que o tempo de reverberação mas relativo aos primeiros 10 dB, medido entre 0 e -10 dB. O EDT é aproximadamente igual ao tempo de reverberação (T10), embora este seja medido entre -5 e -15 dB” [15].

Fração Lateral (LF)

“A fração lateral consiste na razão entre a energia sonora provida apenas das reflexões laterais e aquela oriunda de todas as direções incluindo o som direto, referente ao som inicial, ou seja, dentro do intervalo 0 de 80 ms, sendo uma média nas bandas de 125Hz, 250Hz, 500 Hz e 1kHz” [13].

Tempo Inicial (ITDG)

“O ITDG é “a diferença entre o instante em que o som chega em determinado ponto de captação e o instante em que chega a primeira reflexão. É normalmente medido para um lugar da plateia perto do centro” [15].

Fator Clareza (C80)

A Clareza (C80) é definida “pela razão logarítmica entre a energia inicial (0 a 80 ms) e a energia final (reverberante) do som (80 a 3.000 ms) e é, essencialmente, usada para avaliar a qualidade acústica para música” [9].

Definição (D50)

Enquanto a Definição (D50), é “habitualmente para avaliar salas dedicadas à palavra falada e é definida pela razão linear entre a energia que chega nos primeiros 50 ms e a energia total” [9].

Tempo central (CT)

“O tempo central dado em milissegundos segundo Barron [35] como o “centro de gravidade” ao longo do eixo do tempo do quadrado da resposta impulsiva. É uma grandeza alternativa para quantificar a clareza de uma sala. Pisani indica valores de referência para Ts entre 0 e 50 ms para fala e entre 50 e 250 ms para a música” [9].

Coefficiente de correlação inter-aural (IACC)

“O IACC é uma medida da diferença temporal de chegada das ondas aos dois ouvidos do auditor (Schroeder et al.1974). A medição do IACC é realizada mediante a utilização de uma cabeça artificial (“dummy head”) com um pequeno microfone implantado em cada ouvido. Os sinais gravados são processados em computador onde se calcula diretamente a função normalizada da correlação cruzada inter-aural (IACF)” [15].

Índice de Inteligibilidade da fala (STI)

O STI é “utilizado para caracterizar a percepção da palavra. Parte do princípio de que esta é um sinal modulado em amplitude o qual, para ser inteligível, deverá ser entendido com o mínimo de deformação possível. De um ponto de vista de critério, uma boa inteligibilidade pode ser definida como a relação percentual entre as consoantes recebidas e as consoantes emitidas (é necessário que esta relação tenha um valor superior a 60% para que seja adequada). [20]”

Tabela 3.12 Classificação dos valores do STI.

Fonte: [31]

STI	Inteligibilidade
< 0,3	Muito ruim
0,3 – 0,45	Pobre
0,45 – 0,6	Bom
0,6 – 0,75	Muito bom
0,75 - 1	Excelente

Early support (STearly) e Late support(STlate)

“O *STearly* é definido pela razão logarítmica entre a energia das primeiras reflexões (20 a 100 ms) e a energia do som direto, enquanto *STlate* é definido pela razão logarítmica entre a energia das reflexões seguintes (100 a 1000 ms) e a energia do som direto registradas no palco com uma distância de um metro entre a fonte e o recetor. Subjetivamente este parâmetro está relacionado com o modo como um músico se ouve a si próprio e aos restantes músicos e ao esforço que este

tem que fazer para tocar. Para este parâmetro alguns autores recomendam valores em torno de -10 a -14 dB, enquanto que Beranek [34] recomenda valores entre -12 e -14,4 dB [9].

3.3 Materiais e Sistemas construtivos

“Dimensionar uma sala para espetáculos com componente musical é mais do que uma tarefa técnica ou científica, porque é, também, um trabalho de arte, e, por isso, não admira que em centenas de anos de «prática» da Acústica muitos mitos tenham surgido. Propagados de geração em geração, acrescentados e embelezados, recebem a patina da história e a credibilidade de axiomas... Para uns, pode ser o dourado do revestimento interior que confere condições acústicas particularmente boas, enquanto para outros poderão ser as traves de madeira do átrio que beneficiam tais condições. Muitas são as variedades, com a fantasia e a imaginação a darem-se mãos para as produzir. Aliás, poucos são os que não julgam ter alguma noção acerca de acústica de auditórios e a inquirição mais displicente mostra bem a discordância de conceitos...” [11].

Neste contexto, o Dinis [14] diz que é “a organização perfeita dos materiais (e suas propriedades) nas devidas proporções que faz com que a acústica da sala seja equilibrada. Não se podendo ignorar a regra crucial da simetria: o que se faz do lado esquerdo tem que se fazer do lado direito da sala, para uniformidade entre os ouvidos. Outra das regras é não se aplicar um material predominante numa área contínua muito grande já que esse material vai tonificar a sala à sua característica acústica. Será o articular de formas e de materiais que vai fazer com que a sala soe de determinada maneira, visto que cada material reage de maneira diferente aos impulsos da acústica e vai absorver e refletir em função das suas características”.

Atualmente existem hoje no mercado múltiplas soluções e materiais para corrigir as fragilidades acústicas, entre painéis (madeiras, aglomerados, fibras, revestidos a tecido, etc.), espumas, e difusores, com diversas aplicações (até para trabalhar sobre superfícies envidraças), muitos deles preparados contra fatores adversos, como o fogo ou humidade.

Dado o exposto segue-se uma breve explicação sobre o tipo de materiais existentes e alguns exemplos de sistemas construtivos.

3.3.1 Materiais

Os materiais disponíveis para isolamento e tratamento acústico podem classificar-se consoante a sua funcionalidade: isolantes; refletores, difusores e absorventes [10].

A respeito dos materiais, Dinis [14] refere ainda que “cada produto atua de acordo com as suas propriedades (absorção, reflexão e difusão), sendo que muitos podem assumir duplas funções, como o BAD Painel da RPG um painel liso com perfuração específica que executa absorção e difusão em simultâneo.”

Outra questão referida sobre os materiais é a certificação, nomeadamente no que diz respeito à segurança. Alguns projetos, inclusivamente estatais, muitas vezes se “esquecem” de contemplar materiais caracterizados, nomeadamente quanto às suas propriedades anti-fogo” [14].

Materiais Isolantes

Os materiais designados de isolantes são aqueles que impedem a passagem do som de um ambiente para o outro. Estes são geralmente densos e pesados como o tijolo maciço, pedras lisas, gesso, madeira e chumbo. Vidros com espessura acima de 6 mm também se podem incluir nesta categoria.

Materiais Refletores

Os materiais denominados de refletores podem também ser isolantes mas contribuem para a reverberação. A madeira, o piso cerâmico, a massa corrida, e o papel de parede são alguns exemplos.

Materiais Difusores

Os materiais difusores são aqueles que refletem o som de forma difusa, espalhada, “não-especular”.

Neste âmbito os mais conhecidos são os difusores de Shroeder, nome genérico dado a um tipo de refletores acústicos em que um plano é modificado por um conjunto de reentrâncias paralelas, cuja profundidade varia de acordo com uma sequência matemática. São habitualmente concebidos para produzir difusão sonora numa gama específica de frequências com dispersão uniforme.

“O conceito físico associado ao funcionamento deste tipo de difusores é a interferência de ondas sonoras. Quando uma onda sonora incide na superfície exposta do difusor, propagam-se ondas planas em cada uma das ranhuras que o integra, em direção ao fundo do mesmo, refletindo-se posteriormente nessa superfície mais profunda. Subsequentemente, à entrada das ranhuras, as ondas refletidas provenientes dessa superfície, dado terem percorrido distâncias diferentes, surgem com fase diferente. Na circunstância, se estas diferenças estiverem corretamente calculadas, as ondas refletidas interferirão entre si de modo a que a estrutura global produza reflexão difusa, ou seja reflita a onda incidente, uniformemente, em todas as direções. A frequência de projeto e a largura é então ditada pelas dimensões das ranhuras” [29].

A este respeito, André Brito considera “que existe ainda um longo caminho a percorrer em Portugal. “Há ainda muito poucos espaços dedicados à música onde são implementados difusores acústicos. A absorção existe para controlar a reverberação do espaço, eventualmente os ecos, mas não podemos colocar só absorção no espaço, porque senão a sala fica muito seca. Se o tempo de reverberação é completamente inadequado à finalidade da sala, então tem-se que colocar material de reflexão, mas não pode ser uma parede lisa. Tem que ser um difusor acústico, um produto acústico que espalhe a energia”. No entanto, o responsável admite que “o tipo de geometria associada aos difusores faz com que tenham um custo muito elevado, quando comparados com um produto de absorção acústica”” [14].

Materiais Absorventes

Os materiais absorventes são aqueles que desgastam a onda sonora, retirando parte da sua energia de propagação. Estes podem agrupar-se em porosos e fibrosos (mais eficazes nas altas frequências > 500-630 Hz), ressoadores (mais eficazes nas médias frequências) e membranas (mais eficazes nas baixas frequências).

“Materiais porosos são aqueles que a parte sólida que os constitui ocupa apenas uma parte do seu volume, sendo a restante formada por pequenas cavidades viradas para o exterior cheias de ar com comunicação entre si ou não. O ar contido nas cavidades está submetido a pequenos movimentos oscilatórios que permite, através do atrito sobre as paredes sólidas, a transformação de parte de energia sonora em energia térmica. A máxima eficácia no funcionamento destes sistemas é conseguida com a colocação do material no ponto em que a velocidade de vibração das partículas de ar é maior, permitindo assim reduzir a energia cinética de vibração correspondente. Esse ponto encontra-se a $\frac{1}{4}$ do comprimento de onda, λ , de uma superfície refletora”.

Mantas e placas de lãs minerais, aglomerados de cortiça e alcatifas e tecidos são alguns exemplos deste tipo de materiais [29].

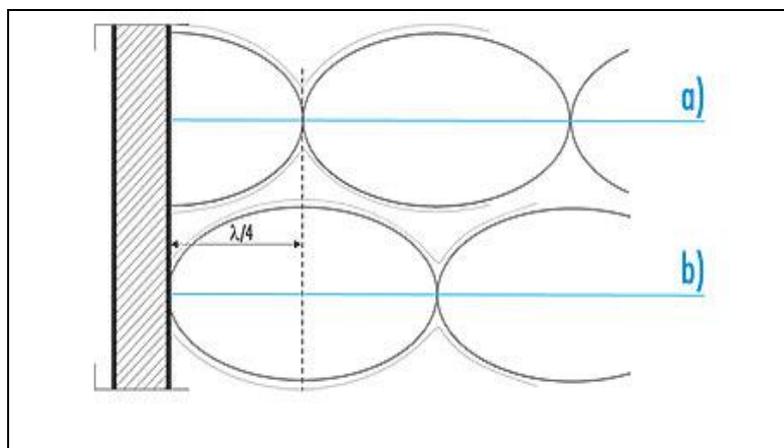


Figura 3.5 Variação da pressão sonora e da velocidade de vibração das partículas na incidência de uma onda sonora com um elemento rígido: a) Pressão; b) Velocidade de vibração.

Fonte: [29]

3.3.2 Soluções construtivas

Isolamento a sons aéreos

a) Zona Opaca

“O isolamento ao ruído aéreo pode conseguir-se de distinta forma dependendo do mecanismo que opera e do tipo de elemento construtivo: parede simples; parede dupla e; parede de gesso cartonado.

Numa parede simples o isolamento acústico depende primariamente da sua massa superficial (kg/m^2). A lei de massas prevê que quanto mais leve e rígida seja a parede menor será o seu isolamento e ainda se as ondas incidentes tiverem a mesma frequência que as ondas de flexão então a transmissão de energia é máxima e o isolamento mínimo. As paredes delgadas têm uma f_0 alta e as grossas uma f_0 baixa.

Para melhorar o isolamento pode-se utilizar paredes duplas. Mas isto pode fazer-se no caso de paredes ligeiras já que quanto mais pesada (e mais isolante) for a parede mais custará aumentar o isolamento. A solução passa por construir duas paredes simples e separa-las a uma certa distância. Este conjunto proporcionará um isolamento maior que o de uma parede simples de massa equivalente e representa um sistema massa - mola - massa. Os fatores que diminuem o isolamento neste sistema são: a frequência de ressonância da parede dupla f_0 própria do conjunto (depende das massas e da distância de separação sendo mais baixa a massas e/ou distâncias elevadas); frequências críticas das duas paredes; e ondas estacionárias na câmara-de-ar que originam o efeito “caixa de guitarra”.

O incremento do isolamento pode conseguir-se colocando um material flexível e absorvente tipo lã mineral dentro da cavidade de forma que se incremente o efeito mola e se eliminem as ondas estacionárias. Outra forma eficaz sobretudo no caso de paredes muito rígidas é o utilizar o efeito membrana. Este consiste em colocar na cavidade um material constituído por uma membrana de pouca espessura e f_0 muito baixa situada entre dois elementos mola como feltros ou lãs minerais. Os elementos mola impedem o deslocamento da membrana golpeada pelas ondas sonoras e isto provoca uma maior dissipação de energia sonora em energia mecânica com conseguinte aumento do isolamento. É importante não colocar como recheio da câmara-de-ar placas de poliestireno ou outras espumas rígidas que pioram o resultado desde o ponto de vista acústico” [36].

Exemplo de soluções: Parede dupla de alvenaria de tijolo, com espessura igual a 15 cm cada pano, integrando caixa-de-ar com a espessura de 11 cm. A parede dupla é revestida nas duas faces exteriores com argamassa de reboco com espessura de 1 cm. Na caixa-de-ar estão

colocadas placas rígidas de fibras de lã de rocha aglutinadas com resina termo-endurecida, com massa volúmica de 70 kgm³ e espessura de 40 mm (Anexo II).

A vantagem das paredes de gesso cartonado é a possibilidade de lograr elevados isolamentos com relativamente pouca massa em relação às paredes de alvenaria tradicional. Sendo sistemas ligeiros têm um baixo isolamento às baixas frequências. Para construí-la utilizam-se estruturas autoportantes de aço constituídas por canais horizontais em U e perfis verticais em C de largura variável. Dependendo do nível de isolamento que se deseja alcançar é possível utilizar uma ou duas estruturas independentes. A largura do canal determina a câmara-de-ar entre as placas que se aparafusam em ambos os lados da estrutura. A frequência crítica f_c é muito elevada (2700 - 3000 Hz) e não depende do número de placas colocadas. É importante colocar materiais como fibra de poliéster ou lãs minerais no interior da cavidade para incrementar o isolamento. A utilização de uma membrana viscoelástica de elevada massa superficial acoplada com placas de gesso fará que esta se deforme ao receber o impacto da onda reduzindo a transmissão de vibrações e som. Este sistema permite incrementar sobretudo a resposta às baixas e médias frequências e reduzir a frequência de ressonância do sistema [36].

Exemplo de soluções: Divisória de separação, formada por parede dupla de tijolo perfurado de 70 mm de espessura, TECSOUND® 2FT 80 entre ambos e reboco de gesso de 15 mm de espessura em ambas as faces externas (Anexo III).

b) Zona Envidraçada

Qualquer placa de um qualquer material tem uma frequência crítica em que lhe é mais fácil começar a vibrar. Nesta frequência, a transmissão do ruído faz-se mais facilmente. Uma lâmina de vidro regista uma perda de performance de 10 a 15 dB ao nível do isolamento acústico. Para um vidro com 4 mm de espessura, esta frequência crítica situa-se nos 3000 Hz, enquanto que para uma placa de gesso de 13 se situa em 3200 Hz.

Ao aumentar a espessura do vidro, a perda de performance devida à frequência crítica, desloca-se para a área das baixas frequências. É preciso chegar-se a uma espessura de vidro de 12 cm, para que a “fraqueza” devida à frequência crítica seja inferior a 100 Hz, e possa ser negligenciada. O tratamento acústico de fachadas submetidas a muitos ruídos de forte intensidade na gama das baixas frequências (ruídos rodoviários) não é fácil. Até há pouco tempo, o incremento da performance acústica dos vidros duplos foi conseguida sobretudo pelo aumento das espessuras e jogando com a assimetria dos vidros. Os vidros laminados de segurança comportam-se um pouco melhor que vidros monolíticos da mesma espessura.

“Contudo, o vidro não está isolado numa construção e existe incorporado num caixilho. O vidro e o caixilho, juntos, constituem o elemento que irá determinar o isolamento acústico de toda a janela e, nalguns casos, de toda a fachada. Não é possível extrapolar as características da janela apenas a partir das performances do vidro. O índice de atenuação da janela só pode ser fornecido depois de medido sobre a janela concluída. Pelo contrário, recomenda-se a harmonização entre o tipo de vidro, o caixilho e o tipo de juntas. Os vidros da gama alta devem ser montados sobre

caixilhos com uma boa performance. A performance acústica não é influenciada pelo sentido de colocação do vidro”.

Exemplo de soluções: SGG *Climaplus Silence*, vidro duplo de isolamento acústico reforçado (Anexo IV).

A evitar encontram-se as aberturas desnecessárias e as transmissões marginais.

Isolamento a sons de impacto

“Em geral, há dois métodos para realizar esta operação: colocar sobre a superfície a isolar um material elástico muito flexível e com espessura adequada para que tenha função ao mesmo tempo de acabamento, ou separar a superfície sobre a qual se produz o impacto do resto da estrutura (solos flutuantes). Como revestimentos de solos podem-se utilizar alcatifas de várias espessuras (L_w até 30 dB), produtos vinílicos em várias camadas ou parquets flutuantes que podem proporcionar L_w até 20 dB.

Os materiais que se utilizam para a realização de solos flutuantes são: polietileno expandido em 5 e 10 mm de espessura (L_w até 20 dB); lã de rocha ou fibra de vidro de oportuna densidade e espessura (30 - 40 mm); poliestireno expandido elasticizado; espumas de poliuretano de alta densidade e várias espessuras; borracha; e cortiça aglomerada com borracha” [31].

Exemplo de soluções: sistema flutuante constituído por lajeta de betão de 0,04 m de espessura, armada com malha electro soldada, integrando revestimento de piso final (tacos de madeira designados comercialmente por “jatoba”) com 10 mm de espessura, colados com cola de uso corrente para este tipo de aplicações, o qual assenta em camada resiliente constituída por feltro de betume oxidado, que integra granulado de cortiça na sua face inferior (Anexo V).

Isolamento a ruídos provocados por equipamentos e/ou instalações

a) Proteção de rede de águas e esgotos

Os ruídos provenientes da rede de águas e esgotos e dos sanitários podem ser resultantes dos sons aéreos dos equipamentos e/ ou das vibrações produzidas pela rede de apoio.

Estes ruídos podem ser atenuados através: de aparelhos sanitários silenciosos e com pouca vibração; do desalinhando dos locais de emissão dos locais de receção prevendo paredes divisórias com um índice de isolamento sonoro a sons aéreos satisfatório e; da dessolidarização dos equipamentos e das condutas da estrutura ou do uso de material absorvente como lã mineral [24].

Exemplo de solução: Sistema constituído por uma ou mais camadas Tecsound FT 55 Al colocadas em redor da conduta (Anexo VI).

b) Proteção de sistemas de climatização

Numa instalação de ar condicionado os ruídos podem ser resultantes das vibrações produzidas pela instalação, da unidade condensadora, das condutas de admissão e extração, das grelhas de saída, da maquinaria e da saída de ar.

Nos sistemas tradicionais de ar condicionado, os níveis sonoros adequados para o conforto acústico geralmente não são alcançados devido ao ruído gerado pelo ventilador que ocorre principalmente nas baixas e médias frequências. Este problema está associado ao tipo de absorção acústica.

Segundo Leão [24], “uma possível solução para estes sons é a incorporação de condutas absorventes acústicas na rede de distribuição de ar. Estas condutas têm um elevado grau de absorção do som no interior, com coeficientes perto de 0,8, que permitem que o ruído que passa através delas seja absorvido”.

Tratamento acústico

Os sistemas ressoadores permitem controlar o tempo de reverberação e consistem na colocação de um painel perfurado a alguma distância de um elemento de suporte, vertical ou horizontal, rígido. Uma parte da energia é transformada em energia mecânica devido à vibração, enquanto a outra parte se dissipa sob a forma de calor.

Podem ser painéis finos de contraplacado ou alumínio e são montados à frente de uma parede rígida funcionando como um sistema massa/mola, em que o painel atua como massa e o ar como mola. Se a frequência incidente for igual à frequência própria do sistema haverá a máxima de transferência de energia.

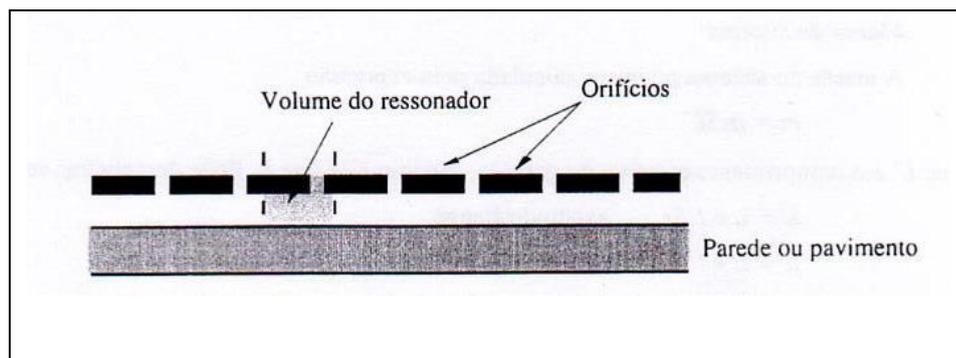


Figura 3.6 Ressonador tipo.

Fonte: [27]

Segundo Patrício [20], “estes sistemas podem ser divididos em dois tipos base: painéis ressonantes e ressoadores de Helmholtz. Os primeiros são extremamente eficazes como

absorvedores de baixas frequências, quando a distância a que deveriam ser colocados os materiais porosos começa a ser demasiado grande. No entanto, enfermam do facto de serem bastante seletivos, dado serem dimensionados para uma frequência muito específica. Para reduzir essa seletividade pode ser colocado um material poroso no seu tardo, obtendo assim um comportamento mais extenso em frequências. Os ressoadores de Helmholtz são definidos por cavidades acústicas ou por sistemas análogos. Também podem ser definidos pelos furos de painéis perfurados e pelos planos perpendiculares às linhas médias entre furos, criando cavidades virtuais no respetivo tardo (a dissipação de energia faz-se por interferência reativa com as ondas longitudinais que se propagam na caixa de ar do painel). Este tipo de ressoadores pode ser usado como ressoador e como anti ressoador ou absorvedor. No primeiro caso trata-se de um ressoador não amortecido, onde a energia é radiada pelo ressoador mesmo após a fonte sonora se ter extinguido; no segundo caso atua como um ressoador amortecido, de tal modo que a energia sonora é dissipada no ressoador, não sendo de novo radiada. Os ressoadores de Helmholtz são normalmente aplicados quando se pretende realizar uma correção acústica nas bandas das frequências médias”.

4 LEVANTAMENTO DA SITUAÇÃO

4.1 Pesquisa

A presente investigação teve como principais objetivos: caracterizar o tipo de salas que os professores de música consideram com um comportamento acústico adequado e inadequado para o ensino musical bem como os requisitos associados a este tipo de comportamentos e ainda particularidades deste tipo de salas.

Assim sendo, visitou-se as diversas escolas de música existentes no Algarve: a Academia de Música de Lagos; o Conservatório de Música de Lagoa Secção de Música de Lagoa; a Academia de Música de Tavira; o Conservatório de Música de Albufeira; o Conservatório de Música de Olhão; o Conservatório Regional do Algarve Maria Campina; a Escola Básica e secundária da Bemposta, observou-se e registou-se fotograficamente as salas de músicas e questionou-se os professores sobre este assunto.

A exploração deste tema surgiu com o intuito de dar a conhecer ao leitor a realidade existente sobre a acústica de salas destinadas ao ensino musical, explorou-se primeiramente o tema nas diversas áreas de acústica, procurando saber a opinião de alguns especialistas bem como a realidade do projecto acústico deste tipo de edifícios incluindo, materiais e soluções construtivas.

A modalidade de investigação deste trabalho foi exploratória e descritiva. Exploratória na medida em que procurou averiguar quais as características acústicas associadas às salas destinadas ao ensino musical e familiarizar o leitor com este problema e descritiva na medida em que recolha de dados foi feita através de procura bibliográfica, observação de fatos e questionários feitos aos professores.

Relativamente à análise de dados, o tipo de investigação foi quantitativa e qualitativa, isto é, mista. Quantitativa, no aspeto em que traduziu algumas respostas dos inquiridos em números para serem classificadas e analisadas em percentagens e qualitativa no facto de descrever as respostas abertas dos questionários e algumas informações dadas pelos professores de música.

O universo da pesquisa foi composto pelos professores de música das seguintes escolas de música visitadas. A amostra é de 23 professores. Embora não seja um número muito grande, espera-se que seja representativo do universo que representa. Pois os professores das diversas escolas são, na maioria, os mesmos e portanto não quiseram contribuir mais do que uma vez.

Os instrumentos de pesquisa foram os primários, ou seja, a observação e o questionário de respostas fechadas e abertas, tipo misto.

4.2 Recolha de dados

4.2.1 Observação

A observação foi feita a partir de visitas às escolas incluindo apontamentos e registos fotográficos.

4.2.1.1 Academia de Música de Lagos

Histórico

A Academia de Música de Lagos é uma associação de utilidade pública, sem fins lucrativos, fundada em 27 de Maio de 1986 por D. Maria Boulain Fogaça. Iniciou a sua atividade cultural e pedagógica em 1988. Em Abril de 1990 abriu uma Secção de Música em Portimão, atualmente, Conservatório de Portimão - Joly Braga Santos e a funcionar com autonomia pedagógica. Em Novembro de 2003, abriu a Secção de Música de Lagoa – Conservatório de Música de Lagoa.

As Escolas de Música funcionam com autorização definitiva concedida pelo Ministério de Educação e Certificação pela Direção Regional de Educação do Algarve, desde 1 Setembro de 2001. Estão autorizados os Cursos de Acordeão, Canto, Clarinete, Fagote, Flauta Transversal, Guitarra clássica (viola dedilhada), Percussão, Piano, Saxofone, Trombone, Trompa, Tuba, Trompete, Viola d’Arco, Violino e Violoncelo. Para além do ensino dos instrumentos constantes do plano curricular, também são oferecidos em regime de curso livre, Canto, Contrabaixo, Flauta de Bisel, Guitarra Portuguesa, Oboé, Piano e Violino.

A Academia de Música de Lagos oferece o curso completo do ensino vocacional da música do Conservatório Nacional e a secção de Lagoa, em parceria com a Escola Secundária Padre António Martins Oliveira – Lagoa e a Câmara Municipal de Lagoa, oferece Cursos Profissionais Nível III (equivalência ao 12.º ano do ensino regular), de instrumentos de cordas, teclas, percussão e sopros.

Já realizou mais de 2255 concertos, 37 Seminários, 38 Workshops, 13 Master classes, 6 conferências, 10 Concursos, 17 Cursos, 3 Exposições, 3 Estágios para Orquestra de Sopros e Percussão e 2 Estágios para Orquestra de Cordas.

Instalações

A Academia de Música de Lagos encontra-se no Barlavento Algarvio, num edifício antigo e isolado no centro histórico da cidade, mais concretamente na Rua Dr. José Cabrita – Rossio de São João, junto ao Terminal Rodoviário da EVA e perto da zona de comércio.

Em 2008, o edifício foi alvo de obras de alteração e ampliação. O estudo arquitetónico foi da autoria dos arquitetos Rui Mateus e Armando Pais, da ARQA, as especialidades da autoria do

engenheiro Abílio Candeias e a execução das obras da Sociedade de Construções Soares da Costa, SA.

As intervenções consistiram na recuperação e alteração do piso existente e na construção de um novo piso, duplicando o espaço destinado ao fim proposto e contribuindo para a dignificação desta vertente de ensino, oferecendo mais e melhores condições para o exercício didático, visto antes ser um hospital.

Mesmo assim, a classe de percussão do 1º piso foi alvo de reclamações visto interferir nas outras aulas do edifício. A solução passou pela mobilização da sala para um módulo pré-fabricado em betão leve colocado no logradouro do alçado tardoz do edifício.

Hoje o edifício é composto por 2 pisos. O piso 0 possui cinco salas de aula, um auditório, uma sala de professores, uma sala de direção, uma sala de convívio de alunos, uma secretaria, uma receção, quatro casas de banho, uma sala de reuniões, uma biblioteca, um economato, uma casa de arrumação e um átrio. Já o piso 1 possui cinco salas de aula, uma sala polivalente, quatro casas de banho, uma casa de arrumação e um átrio.



Figura 4.1 Academia de Lagos.

Sala de aula

As salas destinadas somente ao ensino instrumental (sala 3, 4, 8, 10 e 11) com exceção da sala 2 são salas individuais, sem assistência, com formas retangulares, pés-direitos inferiores a 3 m e áreas na ordem dos 10 m². No que diz respeito ao mobiliário, as salas possuem uma ou duas cadeiras simples de madeira, um espelho, uma estante para pautas e um quadro escolar.

As outras salas destinadas não só ao ensino musical mas também ao ensino teórico (sala 1, 5, 6, 7, 9 e 11 e estúdio) são coletivas, com formas retangulares, pés-direitos inferiores a 3 m e áreas na ordem dos 26 ou mais m². Para além do mobiliário já referido para as salas individuais,

algumas destas salas possuem ainda mesas de madeira e instrumentos (como é o caso do piano e dos instrumentos de percussão).

Todas as salas possuem envidraçados.

Nas salas destinadas ao ensino de piano também são dadas aulas de formação musical, cenas de ópera, canto, conjunto de flautas e coro.

Materiais e Soluções Construtivas

Tabela 4.1 Registo de materiais e sistemas construtivos observados na Academia de Música de Lagos.

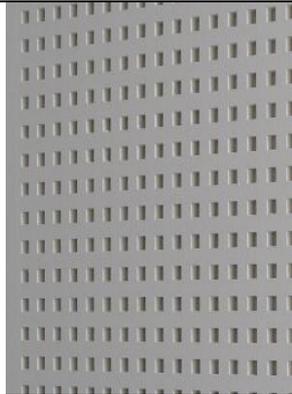
Paredes Exteriores	Piso 0 – Parede de alvenaria de pedra rebocada. Piso 1 – Parede de alvenaria de tijolo rebocada pelo exterior e revestida com lã de rocha e gesso cartonado pelo interior.
Paredes Interiores	Piso 0 e Piso 1 – Parede de alvenaria de tijolo revestida em ambos os lados com lã de rocha e gesso cartonado.
Tetos	Piso 0 - Teto rebocado. Piso 1 – Teto falso composto por painéis de gesso cartonado.
Pavimentos	Piso 0 e Piso 1- Pavimento de betão armado revestido a parquet de madeira.
Envidraçados	Piso 0 – Envidraçado simples, fixo e giratório, caixilharia em madeira, vidro simples e proteção interior (cortinas opacas de cor clara). Piso 1 - Envidraçado simples, fixo e giratório, caixilharia metálica, vidro duplo e proteção interior (cortinas opacas de cor clara).
Portas	Piso 0 e Piso 1 – Portas simples de uma folha em madeira.
Outros	Módulo pré-fabricado em betão revestido nas paredes e teto por painéis ressonantes de gesso cartonado com perfurações de 5x5 mm confinando camada de ar preenchida por lã de rocha. Pavimento em betão leve revestido com material sintético.

Qualidade acústica

Tabela 4.2 Qualidade acústica das salas de aulas da Academia de Música de Lagos.

Isolamento	Os sons que se revelaram mais incomodativos foram os sons oriundos dos espaços de circulação (corredores e átrios) e das salas de música adjacentes.
Condicionamento	As salas destinadas ao ensino de instrumentos nomeadamente as individuais mostraram-se mais secas do que as destinadas ao coro, formação musical, piano e canto.
Outros	Segundo a administração e o corpo docente a unidade necessita de substituição das portas simples por outras com requisitos acústicos que permitam aumentar o isolamento sonoro a sons de condução aérea entre compartimentos, fixação de um teto falso de modo a tornar as salas mais secas, dotação de uma comunicação vertical (elevador) e um espaço para ensaios e criação de uma Rock School em parceria com a Universidade de Cambridge e a Rolland's - instrumentos e equipamentos musicais.

Registo fotográfico

		
Figura 4.2 Sala de percussão.	Figura 4.3 Sala de teoria musical.	Figura 4.4 Painel ressonante.

4.2.1.2 Conservatório de Música de Lagoa

Histórico

O Conservatório de Música de Lagoa é uma secção da Academia de Música de Lagos.

Instalações

A secção de Lagoa encontra-se também localizada no Barlavento Algarvio, na Rua Dr. Fonseca de Almeida, em Lagoa.

Esta está instalada num dos edifícios do Centro de Estudos e Formação de Lagoa, ex-instalações da Escola E.B. n.º2 e 3 Jacinto Correia.

Para além da secção de música, o edifício é também partilhado pelo refeitório municipal, pela Comissão de proteção de crianças e jovens de Lagoa e pela Universidade Sénior.

A secção de música possui 13 salas de aula, uma sala de professores, uma sala de direção, uma sala de convívio de alunos, uma secretaria, três casas de banho e uma sala de reuniões.

Os trabalhos de adaptação do edifício cedido para o fim a que se destina foram garantidos pela Câmara Municipal de Lagoa. Deste modo, apenas três salas foram intervencionadas. Nestas foram colocados tetos falsos perfurados, painéis ressonantes com lã de rocha, alcatifa, envidraçados duplos e portas acústicas.

Sala de aula

As salas são individuais e coletivas, sem assistência, com formas retangulares, pés-direitos inferiores a 3 m e áreas na ordem dos 50 m², exceto a de percussão que possui cerca de 70 m². No que diz respeito ao mobiliário, as salas possuem cadeiras, espelhos, estantes para as pautas e quadros de giz. Nas salas destinadas ao ensino de piano e trombone também são dadas aulas de formação musical, coro e conjunto instrumental.

Materiais e Soluções Construtivas

Tabela 4.3 Registo de materiais e sistemas construtivos observados no Conservatório de Lagoa.

Paredes Exteriores	Salas intactas – Parede de alvenaria de tijolo rebocada. Salas intervencionadas – Parede de alvenaria de tijolo rebocada pelo exterior e revestida com lã de rocha e gesso cartonado pelo interior.
Paredes Interiores	Salas intactas – Parede de alvenaria de tijolo rebocada. Salas intervencionadas – Parede de alvenaria de tijolo rebocada revestida por painéis ressonantes de contraplacado com perfurações de 5 mm de diâmetro confinando camada de ar preenchida por lã de rocha.
Tetos	Salas intactas - Teto em betão armado rebocado. Salas intervencionadas – Teto falso composto por painéis de gesso cartonado texturados de 600x600 mm.
Pavimentos	Salas intactas - Pavimento de betão armado revestido a material sintético. Salas intervencionadas - Pavimento de betão armado revestido com alcatifa delgada.
Envidraçados	Salas intactas e intervencionadas – Envidraçado simples, corrente, caixilharia metálica, vidro simples e proteção interior e exterior (cortinas transparente de cor clara e estore).
Portas	Salas intactas - Portas simples de uma folha em madeira com bandeira acrílica para entrada de luz. Salas intervencionadas - Portas com maior atenuação acústica do que as portas anteriores.

Análise Sensorial

Tabela 4.4 Análise sensorial das salas de aulas do Conservatório de Lagoa.

Isolamento	Os sons que se revelaram mais incomodativos foram os sons oriundos dos espaços de circulação (corredores e átrios) e das salas de música adjacentes.
Condicionamento	As salas destinadas ao ensino de instrumentos nomeadamente as individuais mostraram-se reverberantes.
Outros	Segundo a administração e o corpo docente as salas de aula precisam urgentemente de intervenção nos revestimentos das paredes e dos tetos, portas e envidraçados que permitam aumentar o isolamento sonoro a sons de condução aérea entre compartimentos e melhorar o tempo de reverberação.

Registo Fotográfico



Figura 4.5 Sala de percussão.

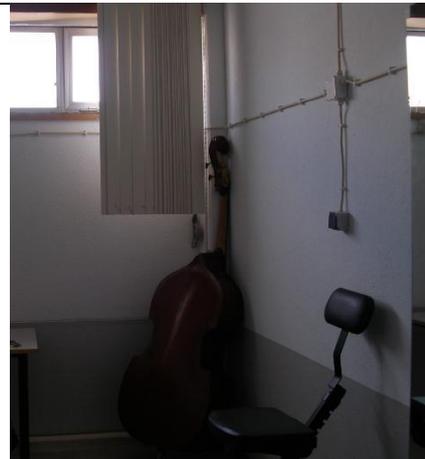


Figura 4.6 Sala de violino.

4.2.1.3 Escola Básica e Secundária da Bemposta

Histórico

A Escola Básica e Secundária da Bemposta é um estabelecimento de ensino inovador que disponibiliza uma oferta educativa caracterizada pelo ensino artístico, o que faz desta escola a única do Algarve com estas características e a primeira do país a ser construída de raiz com este objetivo.

Este estabelecimento recebe alunos do 5ºano integrado de música e do 6º ao 9ºano do ensino articulado, com aulas de violino, piano, guitarra e acordeão. No ensino secundário, a oferta educativa inclui um curso instrumentista de cordas e teclas, vocacionado para a qualificação inicial dos alunos, privilegiando a sua inserção no mundo do trabalho.

Esta escola representou um investimento de 6 milhões e duzentos mil euros, valor que inclui construção, mobiliário e equipamento, arruamentos, saneamento e infra-estruturas de águas, esgotos, gás., etc.. É uma infra-estrutura implantada numa área de 5 hectares, onde se inclui um parque de estacionamento com capacidade para 318 veículos ligeiros e 2 autocarros, que recursos físicos, aposta na tecnologia e organização do espaço, projectado para receber da melhor forma alunos, professores, funcionários e encarregados de educação, pelo que merece referência as 6 salas de trabalho dos professores, os gabinetes individuais destinados aos encarregados de educação e o dos espaços administrativos desta escola sede de Agrupamento.

Instalações

A Escola Básica e Secundária da Bemposta está localizada na Estrada das Alagoas, no Sítio da Bemposta em Portimão, zona residencial com pouco movimento.

Para além dos espaços destinados à administração, à reprografia, à direção pedagógica, ao refeitório e às instalações sanitárias, a escola ainda possui um pavilhão desportivo, uma biblioteca ampla com mais de 200 m² e um auditório com capacidade para 160 lugares equipado com todas as condições para as artes performativas e projetado para potenciar o ensino artístico integrado e 20 salas de aula.



Figura 4.7 Escola Básica e Secundária da Bemposta.

Sala de aula

As salas destinadas ao ensino instrumental encontram-se todas no rés-do-chão e apresentam formas retangulares, pés-direitos relativamente baixos e áreas na ordem dos 50 m². Relativamente ao mobiliário, estas salas estão equipadas com um quadro branco, um quadro interativo e um projetor vídeo, mesas, cadeiras estantes para as pautas e instrumentos.

Em alguns casos, ainda em fase de construção, algumas salas foram divididas em 2 ou 3 salas mais pequenas.

Materiais e Soluções Construtivas

Tabela 4.5 Registo de materiais e sistemas construtivos observados na Escola Básica e Secundária da Bemposta.

Paredes Exteriores	Salas – Parede de alvenaria de tijolo rebocada.
Paredes Interiores	Salas Individuais – Parede de alvenaria de tijolo rebocada.
Tetos	Salas - Teto falso composto por painéis de gesso cartonado texturados de 600x600 mm.
Pavimentos	Salas Individuais - Pavimento em betão armado revestido epoxy.
Envidraçados	Salas – Envidraçado simples, giratório, caixilharia em pvc, vidro duplo e com proteção interior (cortinas plásticas de cor clara).
Portas	Salas - Portas simples de uma folha em madeira.

Qualidade acústica

Tabela 4.6 Qualidade acústica das salas de aula da Escola Básica e Secundária da Bemposta.

Isolamento	Os sons que se revelaram mais incomodativos foram os sons oriundos dos espaços de circulação (corredores e átrios) e das salas de música adjacentes.
Condicionamento	As salas destinadas ao ensino de instrumentos, nomeadamente as individuais, mostraram-se mais reverberantes do que secas.

Registo Fotográfico

	
Figura 4.8 Sala de piano.	Figura 4.9 Sala de teoria musical.

4.2.1.4 Conservatório de Música de Albufeira

Histórico

O Conservatório de Albufeira é uma associação sem fins lucrativos e de interesse público, fundada em 30 de Julho de 1996. Já realizou dezenas de concertos em vários locais do país e estrangeiro. Iniciou a sua atividade pedagógica em 1996 com a abertura das Escolas de Música e

Dança em Albufeira. Possui autorização definitiva de funcionamento e paralelismo pedagógico para os Cursos Básicos concedidos pelo Ministério da Educação, com o qual tem assinado contrato de patrocínio, estando autorizado a lecionar vários cursos na área da Música. Nesta escola é possível aprender a tocar vários instrumentos como o Acordeão, o Piano, a Guitarra Clássica e o Violino. Para além destas aulas de instrumento é também possível ter aulas de Canto.

Instalações

O Conservatório de Música de Albufeira está situado num edifício geminado no núcleo antigo da cidade de Albufeira, mais especificamente na atual Praça da República, n.º4-5, zona de grande afluência turística. O conservatório de música de Albufeira encontra-se sediado no antigo edifício da prisão e do Hospital de Albufeira.

As instalações de música estão repartidas em dois locais distintos do edifício. Um dos locais, o principal, é composto por dois pisos: rés-do-chão e primeiro andar. No rés-do-chão encontra-se a secretaria, a zona administrativa e a sala de canto e ballet; no primeiro piso encontra-se várias salas de ensino instrumental e casas de banho. O outro local é composto apenas por um primeiro andar e destina-se à sala de percussão. Embora se encontre no mesmo edifício, o acesso a esta zona é independente e feito noutra rua.



Figura 4.10 Conservatório de Música de Albufeira.

Salas de aula

A sala destinada ao canto e ballet é uma sala coletiva, com formas quase quadradas, teto regular, pé-direito superior a 3 m e área na ordem dos 45 m². No que diz respeito ao mobiliário, a sala possui bastantes espelhos, cadeiras, estantes para pautas e móveis auxiliares.

Já as salas destinadas ao ensino de piano são salas individuais, com plantas retangulares, tetos regulares, pés-direitos inferiores a 3 m e áreas na ordem dos 25 m². O mobiliário é composto pelo piano, quadros, mesas e cadeiras.

As salas destinadas aos outros instrumentos apenas diferem das de piano nas áreas e no mobiliário, tendo aproximadamente cerca de 12 m² e apresentando apenas cadeiras e estantes para pautas.

A sala de percussão é uma sala coletiva, com forma retangular, teto regular, pé-direito inferior a 3 m e área na ordem dos 45 m². Face ao mobiliário, a sala possui bastantes mesas e cadeiras, instrumentos, quadros e estantes para as pautas.

Materiais e Sistemas de Construção

Tabela 4.7 Registo de materiais e sistemas construtivos observados no Conservatório de Música de Albufeira.

Paredes Exteriores	Salas de canto e ballet e outras – Parede de alvenaria de pedra revestida a cortiça. Salas de piano e sala de percussão – Parede de alvenaria de pedra rebocada.
Paredes Interiores	Salas de canto e ballet e ballet e outras – Parede de alvenaria de tijolo rebocada. Salas de piano e percussão – Parede de alvenaria de tijolo rebocada.
Tetos	Salas de canto e ballet, sala de percussão e outras - Teto rebocado. Salas de piano – Teto falso composto por painéis de gesso cartonado texturados de 600x600 mm.
Pavimentos	Salas de canto e ballet - Pavimento revestido com parquet de madeira. Salas de piano - Pavimento revestido com tacos de madeira. Sala de percussão e outras – Pavimento revestido a mosaico.
Envidraçados	Salas de canto e ballet – Envidraçado simples, giratória, caixilharia em madeira, vidro simples com quadrícula e proteção interior (cortina pouco transparente). Salas de piano e outras – Envidraçado simples, giratória, caixilharia em madeira, vidro simples com quadrícula e proteção interior (cortina pouco transparente). Salas de percussão – Envidraçado simples, giratória, caixilharia metálica, vidro simples com proteção interior (cortina pouco transparente).
Portas	Salas - Portas simples de uma folha em madeira.

Qualidade acústica

Tabela 4.8 Qualidade acústica das salas de aula do Conservatório de Música de Albufeira.

Isolamento	Os sons que se revelaram mais incomodativos foram os sons oriundos dos espaços de circulação (corredores e átrios) e das salas de música adjacentes nomeadamente a de percussão.
Condicionamento	As salas destinadas individuais mostraram-se menos reverberantes que as colectivas.

Registo fotográfico

	
Figura 4.11 Sala de canto.	Figura 4.12 Sala de piano.
	
Figura 4.13 Sala de instrumentos.	Figura 4.14 Sala de teoria musical.

4.2.1.5 Conservatório Regional do Algarve Maria Campina

Histórico

O Conservatório Regional do Algarve foi fundado pela grande pianista Maria Campina de Sousa Pereira Ruivo em 12 de Novembro de 1973, para o Ensino Artístico Especializado da Música nos níveis Básico e Complementar.

Inicialmente começou a funcionar no Teatro Lethes, em Faro e só em 1992 o Conservatório se transferiu para as atuais instalações, na Av. Júlio Filipe Almeida Carrapato, onde passaram a ser lecionados os diversos instrumentos, em regime de planos próprios e programas oficiais.

A escola ministra cursos de iniciação, básicos, complementares e livres quer em regime articulado ou supletivo. As disciplinas que integram estes cursos são iniciação musical e instrumental, coro infantil, iniciação á dança, clarinete, flauta de bisel flauta transversal, formação musical, guitarra, piano, saxofone, trompete, violino, violoncelo, técnica vocal, coro e dança.

Instalações

O Conservatório Regional do Algarve Maria Campina está sedado na Avenida Dr. Júlio Filipe Almeida Carrapato, n.º 93, em Faro, zona com algum movimento rodoviário, num com 3 pisos, com a área coberta de 3071 m² e descoberta de 47 m², construído para os devidos efeitos e inaugurado em 1993.

O edifício é constituído por: semicave, onde se encontram a biblioteca e a discoteca, com 34 salas, 4 casas de banho, corredor e 4 arrecadações; rés-do-chão onde se encontram os serviços administrativos, a reprografia, a direção pedagógica, a direção administrativa e 32 salas, 6 casas de banho, 3 corredores, 2 arrecadações, terraço e um auditório com capacidade para 480 espectadores, com fosso de orquestra e palco equipado com dois pianos de meia cauda e dotado de aparelhagem de som e luz; 1.º Andar, onde se situa a sala-museu Maria Campina.



Figura 4.15 Conservatório Regional Maria Campina.

Salas de aula

As salas destinadas à aprendizagem de instrumentos são individuais, sem assistência, com formas retangulares, pés-direitos baixos e áreas na ordem dos 12 m².

As salas de teoria musical e de grupo são salas coletivas com assistência, formas retangulares, pés-direitos baixos e áreas entre os 30 e 60 m².

É de destacar que as salas de aula estão equipadas com quadros pautados, espelhos, armários para arrumações, mesas ou secretárias e cadeiras com braços articulados.

Os estúdios de dança encontram-se apetrechadas com equipamento específico necessário às aulas, nomeadamente barras, chão de linóleo, espelhos e aparelhagem de som.

Todo o edifício possui aquecimento, sendo que o auditório, os estúdios de dança, os serviços administrativos e salas da direção estão equipados com sistema de ar condicionado.

Materiais e Sistemas de Construção

Tabela 4.9 Materiais e sistemas construtivos observados no Conservatório Regional do Algarve Maria Campina.

Paredes Exteriores	Salas Individuais – Parede de alvenaria de tijolo rebocada. Salas Coletivas – Parede de alvenaria de tijolo revestida a cortiça pelo interior.
Paredes Interiores	Salas Individuais – Parede de alvenaria de tijolo rebocada. Salas Coletivas – Parede de alvenaria de tijolo revestidas a cortiça.
Tetos	Salas Individuais - Teto em betão armado rebocado. Salas Coletivas – Teto suspenso de painéis metálicos.
Pavimentos	Salas Individuais - Pavimento em betão armado revestido a vinílico. Salas Coletivas - Pavimento em betão armado revestido a parquet.
Envidraçados	Salas – Envidraçado simples, giratório, caixilharia metálica, vidro simples e sem proteção.
Portas	Salas - Portas simples de uma folha em madeira.
Outros	-

Qualidade acústica

Tabela 4.10 Qualidade acústica do Algarve Maria Campina.

Isolamento	Os sons que se revelaram mais incomodativos foram os sons oriundos dos edifícios escolares circundantes e das salas de música adjacentes.
Condicionamento	As salas destinadas ao ensino de instrumentos, nomeadamente as individuais, mostraram-se mais reverberantes do que secas.

Registo fotográfico

	
<p>Figura 4.16 Sala de piano.</p>	<p>Figura 4.17 Sala de teoria musical.</p>
	
<p>Figura 4.18 Sala coletiva.</p>	<p>Figura 4.19 Sala coletiva.</p>

4.2.1.6 Conservatório Regional do Algarve Maria Campina

Histórico

No Conservatório de Música de Olhão, para além dos Cursos Oficiais de Acordeão, Clarinete, Guitarra, Piano, Violino e Viola de Arco (até ao 5º grau do Ensino Básico), é possível também frequentar outras disciplinas ligadas aos cursos livres de Música.

A Associação do Conservatório de Música de Olhão, enquanto primeira e principal investidora na criação de uma Escola de Música oficial em Olhão, pretende oferecer uma formação vocacional de base com a qualidade necessária para canalização e fixação na cidade de Olhão de todos aqueles que, no Algarve, venham a escolher este estabelecimento como uma referência no ensino e partilha de saberes e experiência.

Instalações

O Conservatório de Música de Olhão está sediado provisoriamente desde 2005 num edifício geminado na Rua Vasco da Gama, n.º 60, em pleno centro da cidade cubista, numa zona pedonal.

O edifício onde as instalações do conservatório de música se encontram foi construído ainda antes de 1900 e segundo alguns populares era o antigo Centro de Saúde de Olhão.

O edifício possui dois andares. No rés-do-chão não existe qualquer atividade e no primeiro encontram-se as instalações da escola de música. O acesso à rua é feito por uma caixa de escadas.

Interiormente os espaços foram distribuídos segundo o ambiente acústico de cada um. O espaço destinado à administração está separado da zona de ensino por um pátio. Enquanto a sala de percussão possui um acesso e orientação independente das restantes salas de ensino.

A área de administração conta com três salas; a área de ensino conta com quatro salas de instrumento, uma sala de alunos, uma sala de percussão, uma secretaria e três casas de banho.

Em 2005, o edifício foi alvo de pequenas remodelações como substituição de janelas e portas e pintura.



Figura 4.20 Conservatório de Música de Olhão.

Salas de aula

As salas destinadas à aprendizagem de instrumentos e canto são individuais, sem assistência, com formas retangulares, pés-direitos inferiores a 3 m e áreas na ordem dos 11 m², exceto a de percussão também coletiva que possui cerca de 36 m². No que diz respeito ao mobiliário, as salas possuem cadeiras, espelhos, estantes para as pautas, quadro de giz e instrumentos.

De modo a melhorar o isolamento entre compartimentos, administração foi obrigada a colocar cortinados e selar duas portas através de um contraplacado decorativo, numa das salas de ensino instrumental.

Para melhorar o condicionamento acústico colocaram tapetes nalgumas salas.

Algumas salas possuem equipamentos de ar condicionado instalados na parte superior da parede em frente à porta.

Materiais e Sistemas de Construção

Tabela 4.11 Materiais e sistemas construtivos observados no Conservatório Regional do Algarve Maria Campina.

Paredes Exteriores	Salas – Parede de alvenaria de pedra rebocadas.
Paredes Interiores	Salas – Parede de alvenaria de pedra rebocadas.
Tetos	Salas - Teto rebocado.
Pavimentos	Salas - Pavimento revestido a material sintético.
Envidraçados	Salas – Envidraçado simples, giratório, caixilharia em madeira, vidro simples e com proteção interior (porta opaca de madeira). Salas – Envidraçado simples, corrente, caixilharia metálica, vidro duplo e com proteção interior (porta opaca metálica).
Portas	Salas - Portas simples de uma folha em madeira.
Outros	De modo a melhorar o isolamento entre compartimentos, administração foi obrigada a colocar cortinados e selar duas portas através de um contraplacado decorativo, numa das salas de ensino instrumental e ainda colocar tapetes sobre o pavimento.

Qualidade acústica

Tabela 4.12 Qualidade acústica das salas de aula do Conservatório Regional do Algarve Maria Campina.

Isolamento	Os sons que se revelaram mais incomodativos foram os sons oriundos dos espaços de circulação (corredores e átrios) e das salas de música adjacentes.
Condicionamento	As salas destinadas ao ensino de instrumentos nomeadamente as individuais, mostraram-se mais reverberantes do que secas.
Outros	Segundo a administração, as instalações que o Conservatório de Música de Olhão ocupa desde 2005 tornaram-se insuficientes e inadequadas para o ensino específico que nele se ministra (no que diz respeito ao número de salas, à falta de condições acústicas das mesmas, à degradação das mesmas), oferecendo cada vez piores condições de segurança. Como forma de fazer face a estes problemas, a administração tem intercedido junto das entidades competentes, no sentido de concretizar urgentemente o processo que se arrasta há vários anos, relativo à construção de um edifício de raiz adequado às necessidades específicas do ensino artístico. Vislumbram-se sinais que levam a crer que a Associação possa resolver brevemente este problema com a colaboração da Câmara Municipal de Olhão.

Registo fotográfico

	
Figura 4.21 Sala de piano.	Figura 4.22 Sala de percussão.

4.2.1.7 Academia de Música de Tavira

Histórico

A academia de Música de Tavira é uma escola do ensino especializado da música com autorização definitiva pela Direção Regional de Educação do Algarve e com o respetivo paralelismo pedagógico. Tem como principais objetivos a formação de músicos bem como a participação e promoção em eventos de caráter artístico. A escola conta com mais de 200 alunos distribuídos pelas várias classes, conta também com uma orquestra de guitarras, uma orquestra de violinos e um coro juvenil.

A academia ministra cursos devidamente reconhecidos pelo Ministério da Educação e podem ser frequentados em regime articulado ou supletivo e ainda cursos livres. As disciplinas que integram estes cursos são guitarra, piano, violino, acordeão, clarinete, classe conjunto coral ou instrumental e formação musical.

Instalações

A Academia de Música de Tavira encontra-se localizada no Sotavento Algarvio, no centro histórico de Tavira, num edifício antigo geminado inicialmente construído para habitação, na Rua João Vaz Corte Real, n.º 20.

O edifício possui dois andares, porém nem todos os compartimentos se encontram ao dispor da academia. Assim sendo e em consonância com o espaço fornecido, foi sugerida a seguinte distribuição: três salas de música destinadas ao ensino de instrumentos de percussão e guitarra, duas das quais coletivas e uma casa de banho no rés-do-chão; e quatro salas destinadas a aprendizagem de piano, duas salas de administração e duas casas de banho no primeiro andar.



Figura 4.23 Academia de Música de Tavira.

Salas de aula

As salas destinadas à aprendizagem de instrumentos piano são salas sem assistência, com formas retangulares, pés-direitos superiores a 3 m e áreas na ordem dos 25 m².

As salas destinadas à aos instrumentos de percussão e guitarras são salas sem assistência com planta retangular, tetos irregulares, pés-direitos inferiores a 3 m, áreas na ordem dos 25 m² e sem contato com o exterior. Enquanto as salas destinadas ao piano apresentam tetos planos, pés-direitos superiores a 3 m, áreas com cerca de 16 m² e envidraçados.

No que diz respeito ao mobiliário, ambas as salas possuem cadeiras, espelhos, estantes para as pautas, quadro de giz e instrumentos.

De modo a melhorar o condicionamento acústico das salas, administração optou por forrar as paredes das salas com caixas de ovos e colocar alguns tapetes no rés-do-chão e colocar cortinados sobre algumas portas e janelas nas salas do primeiro andar.

Não existem quaisquer equipamentos instalados nas salas.

Materiais e Sistemas de Construção

Tabela 4.13 Materiais e sistemas construtivos observados na Academia de Música de Tavira.

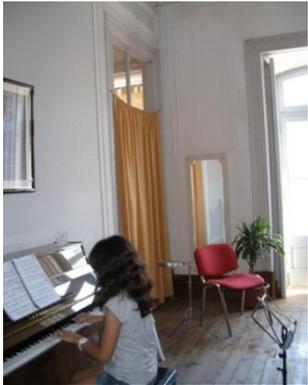
Paredes Exteriores	Salas de percussão e guitarra – Parede de alvenaria de pedra rebocada e revestida a caixa-de-ovos. Salas de piano – Parede de alvenaria de pedra estucada.
Paredes Interiores	Salas de percussão e guitarra – Parede constituída por duas placas de gesso cartonado. Salas de piano - Parede de alvenaria de pedra estucada.
Tetos	Salas de percussão e guitarra - Teto irregular rebocado. Salas de piano – Teto regular estucado.
Pavimentos	Salas de percussão e guitarra - Pavimento revestido a a mosaico. Salas de piano - Pavimento revestido com tacos de madeira.
Envidraçados	Salas de percussão e guitarra – Envidraçado simples, giratório, caixilharia em madeira, vidro simples e sem proteção. Salas de piano – Envidraçado simples, giratório, caixilharia em madeira, vidro simples e com proteção interior (porta opaca em madeira).
Portas	Salas de percussão e guitarra - Portas sem requisitos acústicos. Salas de piano - Portas simples de uma folha em madeira, com bandeira acrílica para entrada de luz.

Qualidade acústica

Tabela 4.14 Qualidade acústica das salas de aula do Conservatório Regional do Algarve Maria Campina.

Isolamento	Os sons que se revelaram mais incomodativos foram os sons oriundos dos espaços de circulação (corredores e átrios) e das salas de música adjacentes.
Condicionamento	As salas destinadas ao ensino de instrumentos nomeadamente as individuais mostraram-se reverberantes.

Registo fotográfico

	
Figura 4.24 Sala de percussão e guitarra.	Figura 4.25 Sala de piano.

4.2.2 Inquérito-Questionário

O questionário elaborado teve como objetivo caracterizar o tipo de salas que os professores de música consideram com um comportamento acústico adequado; identificar os requisitos que condicionam a qualidade acústica nas salas consideradas impróprias e obter maior conhecimento sobre as especificidades deste tipo de salas.

O mesmo foi constituído por uma nota de abertura que enquadrou o inquérito e vinte grupos com questões. O primeiro e o segundo grupo pretenderam identificar o respondente e o seu conhecimento acerca de acústica. O terceiro aspirou assimilar as características do edifício onde leciona. O quarto diz respeito à sala considerada com melhor comportamento acústico e

ambicionou reconhecer as fontes de ruído mais incomodativas; as características, formas geométricas, mobiliário e revestimentos da sala bem como as suas características subjetivas. O quinto grupo é igual ao anterior mas para a sala considerada com a pior acústica. E o sexto grupo pretendeu identificar semelhanças e diferenças entre salas destinadas ao ensino musical e salas similares como salas de ensaio de aulas expositivas, de ensaio e de concertos e ainda afinidades entre salas com objetivos de ensino musical diferentes.

O questionário é do tipo misto com questões abertas e fechadas: no primeiro as questões são abertas; segundo são fechadas; no terceiro e quarto são fechadas simples, fechadas de escolha múltipla e abertas; e no último grupo são abertas.

As questões fechadas ambicionaram rapidez e facilidade de resposta bem como maior uniformidade, simplificação e categorização das respostas para posterior análise. Enquanto, as questões abertas pretenderam prezar o pensamento livre, a originalidade e o conhecimento do inquirido e colher respostas mais diversificadas e com maior informação. Contudo, estas últimas não tiveram tanta receptividade por parte do inquirido e maior dificuldade na interpretação da resposta e consequentemente na organização e categorização por parte do pesquisador.

As escalas de medida apresentadas foram, nomeadamente, as escalas nominais que permitiram identificar categorias.

O questionário foi aplicado de modo direto e pessoal aos professores aquando das visitas às escolas e ainda por via eletrónica (Anexo VII).

No entanto, antes de ser aplicado a amostra representativa deste estudo foi feito um ensaio. Enviou-se o inquérito para diversas escolas de música do país via e-mail e aplicou-se aos professores de música da Universidade de Évora.

4.3 Tratamento de dados

O tratamento de dados teve como propósito descrever e resumir os dados recolhidos, identificar relações e diferenças entre variáveis, comparar variáveis e fazer previsões. Neste sentido, organizou-se primeiro os dados quantitativos, seguidamente agrupou-se e resumiu-se em tabelas de frequências utilizando o Microsoft Excell e as ferramentas “Formulário” e “Contar.se” e por último descreveu-se os dados qualitativos.

Para melhor compreensão dos dados quantitativos, as duas tabelas que se seguem dizem respeito às legendas das escolas visitadas e às características de cada edifício.

Tabela 4.15 Legenda referente às escolas visitadas.

LEGENDA	
Escola	
A	Academia de Música de Lagos
B	Secção de Lagoa
C	Escola Básica e Secundária da Bemposta
D	Conservatório de Albufeira
E	Conservatório Regional do Algarve Maria Campina
F	Conservatório de Olhão
G	Academia de Música de Tavira

Tabela 4.16 Legenda referente às características de cada edifício escolar.

LEGENDA					
Q2	Q3				
	Localização	N.º Pisos	Zona Envolvente	Z. Lazer Ext.	Z. Lazer Int.
N- Nenhumas	I - Isolado	1-1	C - Calma	C - Conversação	R - Restauração
A - Algumas	G - Geminado	M - Mais de 1	M - Movimentada	P - Prática musical	S - Sala de alunos
M - Muitas	-	-	-	-	-

Já as próximas tabelas resumem as respostas da primeira (Q1), segunda (Q2) e terceira (Q3) questões do inquérito. A amostragem identifica o respondente (Anexo VIII), a coluna Q1 a escola onde o professor lecciona e para qual respondeu ao inquérito, a coluna Q2 às bases que os mesmos consideram ter em acústica e a coluna Q3 às características do edifício.

Tabela 4.17 Recolha das características dos edifícios escolares visitados.

COLECTA DE DADOS							
	Q1	Q2	Q3 - Características do Edifício				
Amostragem	Escola	Bases de Acústica	Localização	N.º Pisos	Zona Envolvente	Zona de lazer exterior	Zona de lazer interior
1	A	A	I	M	M	C	
2	A	N	I	M	C	C	S
3	A	A	I	M	C	C	S
4	B	A	I		C	C	
5	B	A	I	M	C	C	R
6	C	A	G	M	C	C	S
7	C	A	G	M	C	C	S
8	D	N	G				
9	D	N	G	M	M	C	
10	D	A	G	1	C		
11	D		G	M	M	P	
12	E	A	G	M	M	P	R

Tabela 4.18 Continuação da recolha das características dos edifícios escolares visitados.

COLECTA DE DADOS							
	Q1	Q2	Q3 - Características do Edifício				
Amostragem	Escola	Bases de Acústica	Localização	N.ºPisos	Zona Envolvente	Zona de lazer exterior	Zona de lazer interior
13	E	A	G	M	M	C	R;S
14	E	A				C;P	R;S
15	F	A	G	1	M	P	S
16	F	A	G	M	M	C;P	S
17	F	A	G	M	C	C	S
18	F	A	G	1	C	C	S
19	G		G	M			
20	G	A	G	M	C		
21	G		G	M	M	C	S
22	G	N					
23	G		G		C		S

Seguidamente e tendo em conta que as respostas eram de escolha múltipla verificou-se a percentagem de respostas iguais num universo igual a amostragem (tabela 4.19). Por exemplo, 4 professores numa amostra de 23 professores responderam que não tinham quaisquer bases de acústicas que correspondem a $(4 \div 23) * 100 = 17,39\%$. Note-se que como algumas perguntas permitiam mais que uma resposta nem todas as respostas têm de ter um total de 100 %.

Numa análise preliminar verificou-se que o tratamento de dados tendo por base o universo de escolas ou ti oo de aulas leccionadas não traria qualquer vantagem ou evolução ao estudo. Assim sendo e uma vez que as escolas eram arquitectonicamente idênticas e que a amostragem era pequena optou-se por analisar esta percentagem para o conjunto de professores.

Tabela 4.19 Frequência das características dos edifícios escolares visitados.

TABELA DE FREQUÊNCIAS DAS CARATERÍSTICAS DOS EDIFÍCIOS ESCOLARES %											
Q2		Q3									
		Localização		N.º Pisos		Zona Envolvente		Z. Lazer Ext.		Z. Lazer Int.	
N	17,39	I	21,74	1	13,04	C	47,83	C	52,17	R	8,70
A	65,22	G	69,57	M	65,22	M	34,78	P	13,04	S	43,48
M	0,00	-		-		-		-		-	

Os valores que se encontram a negrito identificam com maior facilidade as respostas com maior percentagem. Deste modo, averigua-se que na opinião dos respondentes maioria têm algumas noções de acústica e que relativamente aos edifícios: 69,57% são geminados; 65,22% têm mais de um piso; 47,83% localizam-se em zonas calmas em que a maioria do ruído proveniente do exterior deve-se à conversação entre pessoas e interior a outras salas. No que se refere, à percentagem de respostas em branco optou-se por não colocar.

De seguida, mais algumas tabelas com legendas.

Tabela 4.20 Legenda referente às disciplinas lecionadas nas salas consideradas como melhores acusticamente.

LEGENDA	
Disciplina	
C	Coro
CC	Classe de conjunto
FM	Formação Musical
G	Guitarra
O	Orquestra
Oboé	Oboé
P	Piano
V	Viola
Vi	Violino

Tabela 4.21 Legenda referente às fontes de ruído e características das salas consideradas como melhores acusticamente.

LEGENDA						
Q4/Q5 - Fontes de ruído			Q4/Q5 - Características da sala			
Ruído Exterior	Ruído Próprio Edifício	Ruído Equip. / Inst.	Tipo	Assistênci a	Prática	Ambiente sonoro
O - Outros edifícios	S - Salas de aula	Avac	I - Individual	C - Com	V - Vocal	BF - Baixas frequências
A - Atividades recreativas	C - Conversação	C - Condutas termo ventilação	C - Coletivo	S - Sem	I - Instrumento	AF - Altas frequências
T -Tráfego rodoviário	A - Atividades musicais	E - Escoamento de água	-	-	-	-
-	-	O - Outros	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-

Tabela 4.22 Legenda referente às formas geométricas, mobiliário e acústica de salas das salas consideradas como melhores acusticamente.

LEGENDA							
Q4/Q5 - Forma geométrica					Q4/5 - Mobiliário	Q4/5 - Acústica de salas	
Paredes	Pavimentos	Tetos	Pé-direito	Envidraçados		Parâmetros sub.	Equip .
R - Regular	N - Nivelado	P - Plano	A - Alto > 3 m	S - Sim	C - Cadeiras	V - Viva	S - Sim
I - Irregular	C - Com palco	C - Concâvo	B - Baixo < 3 m	N - Não	M - Mesas	S - Seca	N - Não
O - Outro	T - Tipo anfiteatro	O - Outro	-	-	I - Instrumentos	Q - Quente	-
-	-	-	-	-	O - Outros	B - Brilhante	-
-	-	-	-	-	-	R - Reverberante	-
-	-	-	-	-	-	I - Íntima	-

As tabelas posteriores fazem alusão às respostas da questão 4 do inquérito sobre as características da sala com melhor comportamento acústico, tendo por base as legendas acima.

Tabela 4.23 Recolha das características das salas para o ensino musical consideradas como as melhores acusticamente.

COLECTA DE DADOS																	
Q4 - Características da sala com melhor comportamento acústico																	
Amostragem	4.1	4.2 Fontes de ruído			4.3 Características da sala					4.4 Formas geométricas					4.5	4.8 Acústica da sala	
	Disciplina Leccionada	Ruído Exterior	Ruído no próprio edifício	equipamentos	Tipo	Assistência	Prática	Ambiente sonoro	Outros	Paredes	Pavimentos	Tetos	Pé-direito	Envidraçados	Mobiliário	Parâmetros Subjectivos	Equip. que permitam variar acústica
1	FM	A;T	S; A		C	C	V	B; A	G	R	N	P		S	C; M; I	S	N
2	FM				I;C	C	I			R	N	P	B	S	C;M ;I	V;C	N
3	FM	A	C		C	C	I			R	N	P	B	S	C;M ;I	Q	N
4	P; CC		A		C		I			R	N	P		S	C;I	S	N
5	P; CC		A		C	C				R	N	P		S		S;I	N
6	O; V		S		C		I			R	N	P		N	C;M ;I	C	N
7	OBOÉ	T	A	AVAC	I	S	I	B		R	N	P	A	N	C;M ;I	B	N

Tabela 4.24 Continuação da recolha das características das salas para o ensino musical consideradas como as melhores acusticamente.

COLECTA DE DADOS																	
Q4 - Características da sala com melhor comportamento acústico																	
Amostragem	4.1 Disciplina Leccionada	4.2 Fontes de ruído			4.3 Características da sala					4.4 Formas geométricas					4.5 Mobiliário	4.8 Acústica da sala	
		Ruído Exterior	Ruído no próprio edifício	equipamentos	Tipo	Assistência	Prática	Ambiente sonoro	Outros	Paredes	Pavimentos	Tetos	Pé-direito	Envidraçados		Parâmetros Subjectivos	Equip. que permitam variar acústica
8	G;P	T	C		I	S	I			R	N	P	B	S	C;M ;I	R	N
9	G	O;A ;T	S;C; A		I	S	I	B		R	N	P		N	C;M ;I	V;B	
10	CC; C	T	C		C	S	V;I			R	N	P	B	N	C;M ;I	R;C	N
11	CC; C;O	A;T	C;A		C	S	V;I			R	N				C;I	V;I	N
12	C	A		C	C		V			R	N	P	A	S	M;I	Q	N
13	C;C C			C	C	S	V;I	B		R	N	P	A	S	C;I	Q	N
14	FM	T	A		C	C				R	N	P	B	S	C;M ;I	C	N
15	FM; P			AVAC	C	C	V;I	B		I	N	P		S	C;I	V;R	N

Tabela 4.25 Continuação da recolha das características das salas para o ensino musical consideradas como as melhores acusticamente.

COLECTA DE DADOS																	
Q4 - Características da sala com melhor comportamento acústico																	
Amostragem	4.1	4.2 Fontes de ruído			4.3 Características da sala					4.4 Formas geométricas					4.5	4.8 Acústica da sala	
	Disciplina Leccionada	Ruído Exterior	Ruído no próprio edifício	equipamentos	Tipo	Assistência	Prática	Ambiente sonoro	Outros	Paredes	Pavimentos	Tetos	Pé-direito	Envidraçados	Mobiliário	Parâmetros Subjectivos	Equip. que permitam variar acústica
16	P;Vi	A	A		I		I	B;A		R	N	P	A	S	C;M ;I	Q;C	N
17	FM; CC	A	C	AVAC	C		V;I	A		R	N	P	A	S	C;I	S	N
18	P	A	S	AVAC	I	S	I	B		R	N	P	B	S	C;I	Q;I	N
19	G	T	A	E	C	C	I			R	N				C;M ;I	V;S; I;C	N
20	G		A		I	S	I	B		R	N	P	A		C	Q	N
21	G;P; Vi	T	S		I	S	I	A		R	N	P		S	C;M ;I	C	N
22	-	T	S;A		I;C		V								C;M ;I		
23	-														C;M ;I		

Tabela 4.26 Frequência das disciplinas lecionadas nas salas consideradas como melhores acusticamente.

TABELA DE FREQUÊNCIAS DAS DISCIPLINAS LECIONADAS (%)	
Disciplina	
C	17,39
CC	26,09
FM	21,74
G	17,39
O	8,70
Oboé	4,35
P	30,43
V	4,35
Vi	8,70

Analisando a tabela acima, constata-se que as aulas de instrumentos dadas com maior frequência nas salas consideradas com a melhor acústica são a aula de piano e a classe de conjunto, respetivamente. Além disso, as aulas de formação musical (aulas expositivas) também apresentam uma percentagem significativa (21,74%).

Tabela 4.27 Frequência das fontes de ruídos nas salas consideradas como melhores acusticamente.

TABELA DE FREQUÊNCIAS DE FONTES DE RUÍDO (%)					
Q4/Q5 - Fontes de ruído sentidas na sala de aula					
Ruído Exterior		Ruído Próprio Edifício		Ruído Equip. / Inst.	
O	4,35	S	26,09	Avac	17,39
A	34,78	C	26,09	C	8,70
T	43,48	A	47,83	E	4,35

No que respeita às fontes de ruído nas salas consideradas com a melhor acústica, verifica-se que: o ruído exterior sentido nas salas com melhor qualidade acústica deve-se ao tráfego rodoviário com uma percentagem de 43,48%; o ruído interior deve-se, nomeadamente, a actividades musicais com 47,85% e; o ruído de equipamentos está relacionado com aquecimento, ventilação e ar condicionado com 17,39%

Tabela 4.28 Frequência das características das salas consideradas como melhores acusticamente.

TABELA DE FREQUÊNCIAS DAS CARACTERÍSTICAS DAS SALAS (%)							
Q4/Q5 - Características da sala							
Tipo		Assistência		Prática		Ambiente sonoro	
I - Individual	39,13	C - Com	30,43	V - Vocal	34,78	B - Baixas frequências	34,78
C - Coletivo	65,22	S - Sem	39,13	I - Instrumento	73,91	A - Altas frequências	17,39

Relativamente às características destas salas confirma-se que: são na maioria colectivas mas sem assistência destinadas ao ensino de instrumentos de baixas frequências.

Tabela 4.29 Frequência das formas geométricas das salas consideradas como melhores acusticamente.

TABELA DE FREQUÊNCIAS DAS FORMAS GEOMÉTRICAS (%)									
Q4/Q5 - Formas geométricas									
Paredes		Pavimentos		Tetos		Pé-direito		Envidraçados	
R	86,96	N	91,30	P	82,61	A	26,09	S	60,87
I	4,35	C	0,00	C	0,00	B	26,09	N	17,39
O	4,35	T	0,00	O	0,00	-	0,00	-	0,00

Já para as questões sobre as formas geométricas das salas não existem dúvidas. As paredes são quase na totalidade regulares, os pavimentos nivelados e os tectos planos. No que se refere ao pé-direito se alto ou baixo considerando o intermédio 3 m as opiniões dividem-se com 26,09% para cada uma. Constata-se também que as salas têm envidraçados.

Tabela 4.30 Frequência do mobiliário existente nas salas consideradas como melhores acusticamente.

TABELA DE FREQUÊNCIAS RELATIVA AO MOBILIÁRIO (%)	
Q4/5 - Mobiliário	
C - Cadeiras	86,96
M -Mesas	60,87
I - Instrumentos	86,96

A tabela acima mostra a frequência da existência de material nestas salas como cadeiras, mesas e instrumentos. As mesas são o material que menor percentagem tem. 60,87% de mesas contra 86,96% de cadeiras e instrumentos.

Tabela 4.31 Frequência dos parâmetros subjetivos das salas consideradas como melhores acusticamente.

TABELA DE FREQUÊNCIAS REFERENTE AOS PARÂMETROS SUBJETIVOS (%)			
Q4/5 - Acústica de salas			
Parâmetros subjetivos		Equipamentos que permitam varia acústica	
V	21,74	S	0,00
S	21,74	N	86,96
Q	26,09	-	
B	8,70	-	
R	13,04	-	
I	17,39	-	

Relativamente à avaliação dos parâmetros subjetivos, os professores consideraram que estas salas são, nomeadamente, quentes. No entanto e logo de seguida consideraram também que as mesmas salas são vivas e secas, parâmetros opostos com a mesma frequência (21,74%).

Agora, as tabelas que se seguem são iguais às anteriores mas alusivas às salas consideradas como piores acusticamente.

Neste sentido, seguem primeiro algumas legendas e depois três tabelas com a recolha de dados.

Tsl como nas outras as maiores percentagem encontram-se a negrito.

Tabela 4.32 Legenda referente às disciplinas lecionadas nas salas consideradas como piores acusticamente.

LEGENDA	
Disciplina	
A	Acordeão
C	Coro
FM	Formação Musical
Fl	Flauta
G	Guitarra
Oboé	Oboé
P	Piano
V	Viola
Vi	Violino

Tabela 4.33 Legenda das fontes de ruído e características das salas consideradas como piores acusticamente.

Q4/Q5 - Fontes de ruído			Q4/Q5 - Características da sala			
Ruído Exterior	Ruído Próprio Edifício	Ruído Equip. / Inst.	Tipo	Assistência	Prática	Ambiente sonoro
O - Outros edifícios	S - Salas de aula	Avac	I - Individual	C - Com	V - Vocal	BF - Baixas frequências
A - Actividades recreativas	C - Conversação	C - Condutas termo ventilação	C - Coletivo	S - Sem	I - Instrumento	AF - Altas frequências
T -Tráfego rodoviário	A - Actividades musicais	E - Escoamento de água	-	-	-	-
-	-	O - Outros	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-

Tabela 4.34 Legenda referente às formas geométricas, mobiliário e acústica de salas das salas consideradas como piores acusticamente.

LEGENDA							
Q4/Q5 - Forma geométrica					Q4/5 Mobiliário	Q4/5Acústica de salas	
Paredes	Pavimentos	Tetos	Pé-direito	Envidraça- dos		Parâmetros sub.	Equip.
R - Regular	N - Nivelado	P - Plano	A - Alto > 3 m	S - Sim	C - Cadeiras	V - Viva	S - Sim
I - Irregular	C - Com palco	C - Concavo	B - Baixo < 3 m	N - Não	M -Mesas	S - Seca	N - Não
O - Outro	T - Tipo anfiteatro	O - Outro	-	-	I - Instrumentos	Q - Quente	-
-	-	-	-	-	O - Outros	B - Brilhante	-
-	-	-	-	-	-	R - Reverberante	-
-	-	-	-	-	-	I - Íntima	-

Tabela 4.35 Recolha das características das salas para o ensino musical consideradas piores acusticamente.

COLECTA DE DADOS																	
Q4 - Características da sala com melhor comportamento acústico																	
Amostragem	5.1	5.2 Fontes de ruído				5.3 Características da sala				5.4 Formas geométricas					5.5	5.8 Acústica da sala	
	Disciplina Leccionada	Ruído Exterior	Ruído no próprio edifício	Ruído de instalações/ equipamentos	Tipo	Assistência	Prática	Ambiente sonoro	Outros	Paredes	Pavimentos	Tetos	Pé-direito	Envidraçados	Mobiliário	Parâmetros Subjectivos	Equip. que permitam variar acústica
1	FM	T	S;C; A		C	C	V			R	N	P		S	C;M ;I	S	N
2	-																
3	Fl	A; T	S;C; A		I	S	I	A		R	N	P	A			R	N
4	FM	A; T	C;A		C			A		R	N	P			C;M ;I	V; R	N
5	FM	A; T	C;A		C	S		A		R	N	P			C;M ;I	V; R;C	
6	Vi		C		I	S	I			R	N	P		N	C;M ;I	C	N
7	OB OÉ	T	A	AVAC	I	S	I	A		R	N	P	A	N	C;M	R	N

Tabela 4.36 Continuação da recolha das características das salas para o ensino musical consideradas piores acusticamente.

COLECTA DE DADOS																	
Q4 - Características da sala com melhor comportamento acústico																	
Amostragem	5.1	5.2 Fontes de ruído			5.3 Características da sala					5.4 Formas geométricas					5.5	5.8 Acústica da sala	
	Disciplina Leccionada	Ruído Exterior	Ruído no próprio edifício	Ruído de instalações/ equipamentos	Tipo	Assistência	Prática	Ambiente sonoro	Outros	Paredes	Pavimentos	Tetos	Pé-direito	Envidraçados	Mobiliário	Parâmetros Subjectivos	Equip. que permitam variar acústica
8	-																
9	P	O;A ;T	S;C; A		I;C	C	I			R	N	P	A	N	C;M ;I	V;B;R	N
10	-																
11	G; A	A;T	C;A		I		I	B		R	N	P	A	S	C;M ;I	S	N
12	V	T	A		C	S	V;I	B		R	N	P	A	S	C;M ;I	S	N
13	FM	T	A		C	S	V	B		I	N	P	B	S	C;M ;I	S	N
14	-																
15	P	A;O	S;C; A	AVAC	I	S	I			I	N		A	S	C;M ;I	V;R	N

Tabela 4.37 Continuação da recolha das características das salas para o ensino musical consideradas piores acusticamente.

COLECTA DE DADOS																	
Q4 - Características da sala com melhor comportamento acústico																	
Amostragem	5.1	5.2 Fontes de ruído				5.3 Características da sala					5.4 Formas geométricas				5.5	5.8 Acústica da sala	
	Disciplina Leccionada	Ruído Exterior	Ruído no próprio edifício	Ruído de instalações/ equipamentos	Tipo	Assistência	Prática	Ambiente sonoro	Outros	Paredes	Pavimentos	Tetos	Pé-direito	Envidraçados	Mobiliário	Parâmetros Subjectivos	Equip. que permitam variar acústica
15	P	A;O	S;C; A	AVAC	I	S	I			I	N		A	S	C;M ;I	V;R	N
16	P	O	C;A	C	I		I	B;A		R	N	P	A	S	C;M ;I	Q	N
17	FM; C	A	S;C; A		I;C		V;I	B;A		R	N	P	A		C;M ;I	S;C	N
18	P; Vi	A	C	AVAC	C	S	V;I			R	N	P	B		C;M ;I	V;C	N
19	I				I	S	I			R	N	P	B		C;M	S;R;I	N
20	-																
21	V	T			C		V	A		R	N	P			C;M ;I	C	N
22	-																
23	-																

Tabela 4.38 Frequência das disciplinas lecionadas nas salas consideradas como piores acusticamente.

TABELA DE FREQUÊNCIAS DAS DISCIPLINAS LECIONADAS (%) (%)	
Disciplina	
A	4,35
C	4,35
FM	21,74
Fl	4,35
G	4,35
Oboé	4,35
P	26,09
V	4,35
Vi	8,70

A aulas lecionadas nas salas consideradas como piores acusticamente com maior frequência são o piano e a formação musical (aula expositiva).

Tabela 4.39 Frequência das fontes de ruídos das salas consideradas como piores acusticamente.

TABELA DE FREQUÊNCIAS DE FONTES DE RUÍDO (%)					
Q4/Q5 - Fontes de ruído					
Ruído Exterior		Ruído Próprio Edifício		Ruído Equip. / Inst.	
O	13,04	S	21,74	Avac	13,04
A	34,78	C	47,83	C	4,35
T	43,48	A	39,13	E	0,00

Sobre as fontes de ruído, o tráfego rodoviário, a conversação e os sistemas de aquecimentos, ventilação e ar condicionado são as fontes mais incomodativas com 43,48%, 47,83% e 13,03%, respectivamente.

Tabela 4.40 Frequência das características das salas consideradas como piores acusticamente.

TABELA DE FREQUÊNCIAS DAS CARATERÍSTICAS DAS SALAS (%)							
Q4/Q5 - Características da sala							
Tipo		Assistência		Prática		Ambiente sonoro	
I	39,13	C	8,70	V	26,09	B	21,74
C	39,13	S	39,13	I	47,83	A	30,43

No que se refere às características das salas averigua-se que são de igual forma individuais e colectivas, sem assistência e de prática instrumental de altas frequências (tabela acima).

Relativamente às formas geométricas são iguais às salas consideradas como melhores acusticamente com exceção do pé-direito agora com maior percentagem no alto, acima de 3 m (tabela abaixo).

Tabela 4.41 Frequência das formas geométricas das salas consideradas como piores acusticamente.

TABELA DE FREQUÊNCIAS DAS CARATERÍSTICAS DAS SALAS (%)									
Q4/Q5 - Formas geométricas									
Paredes		Pavimentos		Tetos		Pé-direito		Envidraçados	
R	60,87	N	69,57	P	65,22	A	34,78	S	26,09
I	8,70	C	0,00	C	0,00	B	13,04	N	13,04
O	0,00	T	0,00	O	0,00	-		-	

Tabela 4.42 Frequência do mobiliário existente nas salas consideradas como piores acusticamente.

TABELA DE FREQUÊNCIAS RELATIVA AO MOBILIÁRIO (%)	
Q4/5 Mobiliário	
C	65,22
M	65,22
I	56,52

Mesas, e cadeiras fazem parte do equipamento deste tipo de salas. Os instrumentos também mas com menos frequência.

Tabela 4.43 Frequência dos parâmetros subjetivos das salas consideradas como piores acusticamente.

TABELA DE FREQUÊNCIAS REFERENTE AOS PARÂMETROS SUBJETIVOS (%)			
Q4/5 - Acústica de salas			
Parâmetros subjetivos		Equipamento que permite variar a acústica	
V	21,74	S	0,00
S	26,09	N	65,22
Q	4,35	-	
B	4,35	-	
R	30,43	-	
I	4,35	-	

No que diz respeito aos parâmetros subjetivos verifica-se a mesma situação das salas com melhor qualidade acústica, ou seja, os professores tanto avaliaram-nas de reverberantes como secas e vivas. Todas com frequências muito semelhantes. Situação que até poderia acontecer caso existisse material que permitisse variar a acústica da salas

No último grupo de perguntas abertas, as opiniões recaíram sobre:

Questão 1 – Uma sala adequada deve, para o ensino musical, ser mais seca do que reverberante.

Questão 2 - Uma sala de aulas expositiva deve ser mais reverberante do que uma sala de música.

Questão 3 - Uma sala de aula musical deve ter acústica idêntica a uma sala concertos de modo a facilitar a atuação e que uma sala de ensaio deve ser mais seca para melhorar a execução do músico. Outra opinião que não deixa de ser interessante é a semelhança entre a acústica da sala de ensaio e do palco apenas para grupos musicais e orquestras e não para atuações individuais.

Questão 4 – Salas destinadas ao canto devem ser mais reverberantes do que as salas destinadas a aprendizagem de um instrumento.

Questão 5 – Não existe consenso na semelhança entre salas destinadas para instrumentos de baixas e altas frequências. Já no caso de salas destinadas a intensidades distintas, os professores defendem que a acústica não deve ser igual.

Questão 6 – Uma sala individual deve ter acústica idêntica a uma sala coletiva e vice-versa.

As respostas mais interessantes a estas questões foram as do professor Santiago (Anexo IX). Contudo, este não faz parte do corpo docente de nenhuma das escolas aqui consideradas e portanto não contribui para tratamento de dados e análise.

4.4 Análise e discussão dos resultados

Depois da recolha de dados e alguma conversação com os professores, tomou-se conhecimento que todas as escolas visitadas são entidades públicas sem fins lucrativos que contam a ajuda das Câmaras Municipais e a própria disponibilidade económica.

Por esses aspetos, a Academia de Música de Lagos, o Conservatório de Música de Albufeira e de Olhão e a Academia de Música de Tavira estão instaladas em edifícios disponibilizados pelas Câmaras Municipais construídos antes de 1900 para outros propósitos que não o ensino musical. A secção de Lagoa está instalada num edifício escolar destinado ao ensino corrente. Já a Escola Básica e Secundária da Bemposta e o Conservatório Regional do Algarve Maria Campina estão instaladas em edifícios relativamente novos construídos para o propósito do ensino artístico e musical, respectivamente. Confirmando deste modo que a acústica de salas tem vindo a ganhar notoriedade em função da demanda na realização de projetos de salas de música.

Os edifícios encontram-se implantados nos centros históricos das cidades ou nas imediações perto de dormitórios. E conforme a tabela de frequências das características dos edifícios escolares visitados são na maioria geminados, com mais de um piso, fixos em zonas calmas onde a principal fonte de ruído exterior provém da conversação de pessoas e principal fonte de ruído interior provém do ruído das salas de aula. Dado o exposto, comprova-se o que António Leão diz em relação às fontes de ruído. O estudo das fontes exteriores é indiferente quer se trate da concepção de um edifício escolar ou de habitação. Com efeito os locais de implantação dos dois

tipos de edifícios genericamente podem considerar-se semelhantes. Em relação às fontes de ruído interior dos edifícios já não se pode agrupar a sua caracterização. Apesar de haver situações de fontes de ruído semelhantes, o funcionamento dos edifícios e o tipo de recintos é diferente, o que colca situações com tratamento diverso. (recomendações tecno)

Arquiteticamente observou-se que existem três tipos de salas: salas individuais, salas coletivas e salas destinadas ao ensino de instrumentos de percussão. As primeiras mostraram-se salas sem assistência, com formas planas e retangulares, pés-direitos baixos e áreas com cerca de 12 m². As segundas e as terceiras revelaram-se salas com assistência com formas planas e retangulares e pés-direitos e áreas maiores do que as primeiras. As individuais servem essencialmente o ensino de instrumentos de baixas intensidades e altas frequências, enquanto as segundas destinavam-se ao ensino de piano, classes de conjunto, coro e formação musical e as terceiras destinam-se a altas intensidades e baixas frequências. Relativamente aos materiais e sistemas de tratamento variam de escola para escola. Relativamente ao mobiliário, verificou-se a existência de cadeiras, mesas, instrumentos no caso do piano e estantes para pautas.

Soube-se também que após as instalações definitivas houve a necessidade de distribuir os espaços de modo a que o som proveniente da sala os instrumentos de percussão não prejudicasse as outras salas. Separaram a zona administrativa e de lazer das salas de ensino de instrumentos e da sala de percussão, tentando colocar esta última numa zona independente.

Analisando a Tabela 4.19 verifica-se que as salas consideradas melhores acusticamente pelos professores são as salas destinadas ao ensino de piano, classe de conjunto e formação musical, respetivamente. No que se refere às fontes de ruído, o tráfego rodoviário, as atividades musicais praticadas no edifício e os aparelhos de aquecimento ventilação e ar condicionado são as fontes que se revelam mais incomodativas. Estas salas são caracterizadas na sua maioria de salas coletivas, sem assistência, destinadas a instrumentos de baixas frequências, com paredes regulares, pavimentos nivelados, tetos planos, pé-direito variado, envidraçados e mobiliário (cadeiras, mesas e instrumentos). No que respeita à acústica de salas, os professores consideraram-nas de quentes, vivas e secas, respetivamente e sem equipamentos que permitissem variar acústica. (Tabela 4.24).

Dado o exposto, verifica-se que as salas que se revelaram apropriadas para o ensino musical destinam-se ao ensino musical (piano e classe de conjunto) nas diversas frequências e ao ensino teórico (formação musical) cujas particularidades são diferentes. Se por um lado, as primeiras pedem tempos de reverberações superiores, o ensino teórico pede tempos inferiores onde a clareza e a definição predominem.

O ruído exterior que se faz sentir nestas salas pode estar associado ao local de implantação ou ao deficiente isolamento da fachada, particularmente no que concerne aos envidraçados. Note-se que maioria das escolas encontra-se nos centros históricos das cidades com fachadas de alvenaria sem isolamento e envidraçados sem quaisquer requisitos acústicos. Enquanto o ruído interior pode estar associado ao fraco isolamento das paredes entre compartimentos. Relativamente aos equipamentos, não se encontram aplicados no melhor local da sala que é ao centro do teto.

Todavia, os professores queixaram-se dos splits murais, não tanto pelo ruído mas sim pela desafinação que provocam nos instrumentos, nomeadamente no piano.

A geometria das salas apresenta uma tendência regular com formas quadradas e retangulares planas ao contrário do preferido e mencionado no subcapítulo 3.4.2. Paralelismos imperfeitos e volumes superiores às salas de aula para palavra não foram identificados. No entanto, o facto dos modos próprios tenderem a serem mais baixos nestas salas que apresentam dimensões maiores que as individuais e as aulas lecionadas corresponderem a instrumentos que abarcam diversas frequências pode contribuir para a não existência de ondas estacionárias e para respetivo efeito de coloração.

Observou-se ainda que quando o piano se encontrava na sala localizava-se sempre num canto que segundo Mateus [19] é o melhor local para excitar todos os modos próprios de uma sala paralelepipedica.

A avaliação acústica de salas não apresenta nenhuma propensão porque a percentagem de parâmetros com significados opostos é muito semelhante. Aliás, houve casos em que o mesmo professor definiu uma mesma sala como quente e seca. E neste contexto, o mais certo é que os professores não estejam familiarizados com as definições dos parâmetros subjetivos acústicos reforçando o que se ostenta na tabela 1 em que apenas 15% tem algumas noções de acústica.

Analisando as tabelas de frequências relativas as salas mais fracas acusticamente verifica-se que são destinadas também ao ensino de piano e formação musical, respetivamente. Além disso, analisa-se que as fontes de ruído mais incomodativas também são as mesmas com exceção das fontes de ruído interior, agora provenientes da conversação de alunos. Facto motivado, possivelmente pelo fraco isolamento da parede entre salas e corredores e pela integração da porta de entrada que na maioria não possui quaisquer requisitos acústicos e muitas das vezes ainda possui uma “bandeira” acrílica nessa mesma parede.

As salas que se mostram menos adequadas ao ensino musical são tanto individuais como coletivas, sem assistência, destinadas à aprendizagem de instrumentos, nomeadamente de altas frequências. No que se refere à geometria, estas salas apresentam a mesma tendência das salas anteriores com a ressalva de pés direitos mais altos. Na acústica de salas, os professores caracterizaram-nas, essencialmente, de reverberantes, secas e vivas impedindo também de chegar a um consenso a este respeito (Tabela 4.36).

Tendo em conta a recolha de dados (observação e inquéritos) pode-se afirmar que a maior diferença que se encontra entre as salas com a melhor e pior acústica é o ambiente sonoro proveniente dos instrumentos ensinados. Para as primeiras tem-se baixas frequências que correspondem a salas colectivas e para as segundas altas frequências que correspondem a salas individuais. No entanto, esta conclusão pode estar relacionada com o fato das salas colectivas existentes possuírem de forma pouco estudada especificidades mais próximas das que são requeridas.

O ensino do piano e a formação musical são favorecidos na opinião dos professores por salas maiores com tempos de reverberação também maiores, embora na teoria a formação musical exija tempos de reverberação menores do que o ensino musical.

No entanto, o piano abarca baixas, médias e altas frequências podendo a qualidade da sala estar dependente da escritura musical, do género e do estilo ensinado. Condicionantes que os professores não defendem. Aliás, preferem salas em que a acústica permita abraçar o ensino do maior número de instrumentos possíveis, ou seja, salas em que a acústica favoreça todas as frequências.

Relativamente ao tratamento acústico pode estar relacionado com o facto de algumas destas salas terem sido tratadas acusticamente. Observou-se a colocação de ressoadores do tipo Helmholtz com um material poroso no seu tardo para a obtenção de um melhor comportamento numa faixa mais extensa em frequências.

Note-se que as respostas e tendências anteriores foram claramente influenciadas pelas salas que cada docente conhece, ou seja, pelas salas que lhes são atribuídas pela escola para dar aulas. Professores de instrumentos de solo e baixa pressão sonora como de violino votaram em salas mais pequenas designadas de individuais e professores de instrumentos de maior intensidade, de instrumentos de percussão, de coro e de formação musical votaram em salas maiores de carácter coletivo.

Quando questionados sobre soluções, maioria dos docentes respondem com o aumento do isolamento na fachada e entre salas nas melhores salas e o aumento da absorção sonora e vedação dos vãos existentes nas piores salas.

Relativamente às questões abertas, verificou-se que muitos dos professores não responderam e que as tendências que se verificaram são pouco firmes e consistentes.

Embora as duas últimas afirmações pareçam contraditórias, o fato é que os professores mesmo com poucos conhecimentos teóricos a nível de acústica, conseguem reconhecer um bom espaço acústico e até mesmo dar soluções como visto nas salas de aula visitadas. A colocação de tapetes, cortinados, caixa de ovos são alguns exemplos.

5 CONCLUSÃO

Esta dissertação foi o culminar do estudo do comportamento acústico das salas destinadas ao ensino musical no Algarve tendo por base a perspectiva dos vários intervenientes, nomeadamente a dos próprios professores de música. Desta forma, a pesquisa teve como principal objetivo apurar as características acústicas que este tipo de salas deve possuir para que na opinião dos intervenientes privilegiem o ensino musical.

Embora o tema seja abordado em vários domínios da acústica, a pesquisa bibliográfica verificou-se desde muito cedo escassa e pouco exploratória. O seu maior desenvolvimento encontrou-se na acústica de edifícios, onde o isolamento em tudo se assemelha aos edifícios habitacionais mas o condicionamento não. Pois para este tipo de salas, o condicionamento acústico mostrou-se dependente da finalidade de cada sala, das propriedades geométricas das mesmas, dos aspetos psicofisiológicos da audição, entre outras.

A metodologia de pesquisa apresentou-se exploratória e descritiva com a recolha de dados através da observação de escolas de música e de inquéritos-questionários aos professores dessas mesmas escolas.

Contudo, esta reflexão não permitiu responder de modo objetivo e claro à problemática em questão. Se por um lado se conseguiu reconhecer as salas existentes para o ensino musical no Algarve e até agrupá-las em função dos instrumentos, identificar as salas mais e menos apropriadas a este ensino na perspectiva dos professores e verificar inclinação das salas destinadas às baixas frequências favorecerem o tipo de ensino. Por outro lado não se conseguiu definir as características arquitetónicas que beneficiam este ensino bem como encontrar semelhanças ou diferenças entre estas salas e salas para concertos, ensaio ou para aulas expositivas.

As impressões e perceções sonoras bem como a falta de conhecimentos geraram descrições dos ambientes sonoros diferentes que consequentemente dificultaram o alcance do objetivo central.

Para uma melhor análise do tema propõe-se que em trabalhos futuros sejam dadas algumas noções básicas de acústica aos professores de música e que se façam alguns ensaios e ou medições acústicas que permitam sustentar melhor o estudo realizado.

No seu geral, foi um estudo realmente interessante e definitivamente instrutivo, elevando o grau de conhecimento da matéria estudada. Uma das principais vantagens da elaboração deste trabalho reside no facto de proporcionar o conhecimento das condições que as escolas de música existentes no Algarve oferecem aos seus alunos e de contribuir para o estudo acústico deste tipo de edifícios.

5.1 Trabalhos futuros

- Estudo do projecto acústico de escolas de música
- Medição do tempo de reverberação em salas destinadas ao ensino musical

- Medição do isolamento entre salas de música e entre salas de música e corredores
- Tratamento acústico variável para salas destinadas ao ensino musical

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SCHIMID A.[et al]– **Ensino de música: Há salas adequadas?** Artigo de opinião, Revista Ciência Hoje. V.º 49 (2012), p. 66 – 68. Co autores: ROMANELLI, G.; FREITAS, T.; ROCHA, L.; CARBONI, M.
- [2] BISTAFA, Sylvio. – **Acústica Arquitetônica: Qualidade sonora em Salas de Audição Crítica.** In IV CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CINETÍFICO E TECNOLÓGICO.
- [3] CARVALHO, Régio P. – **Acústica Arquitetônica** 2ª Edição. Brasília: Thesaurus, 2010. 30 p. (978-85-7062-xxx-0). Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/104415242/ACUSTICA-ARQUITETONICA>
- [4] LAZARINI, Victor E.P. – **Elementos de Acústica.** In MUSIC DEPARTMENT, OF NATIONAL UNIVERSITY OF IRELAND , Maynooth, Ireland, 1998, p.1-47. Disponível em: http://www.fisica.net/ondulatoria/elementos_de_acustica.pdf
- [5] PEREIRA, Ricardo. – **Caracterização Acústica de Salas.** Lisboa, Portugal: Instituto Superior Técnico, 2010. Dissertação de Mestrado – Engenharia Física Tecnológica.
- [6] PEREIRA, Luís. – **Previsão e Medição do Comportamento Acústico de Espaços.** Trás-Os-Montes, Portugal: Universidade de Trás-Os-Montes e Alto Douro, 2010. Dissertação de Mestrado – Engenharia Civil.
- [7] FIGUEIREDO, Fábio. – **Parâmetros Acústicos Subjetivos.** São Paulo, Brasil: Universidade de São Paulo, Escola de Comunicações e Artes, 2005. Dissertação de Mestrado – Artes - Musicologia.
- [8] PEREIRA, Ricardo. – **Caracterização Acústica de Salas.** Lisboa, Portugal: Instituto Superior Técnico, 2010. Dissertação de Mestrado – Engenharia Física Tecnológica.
- [9] MARROS, Fernanda. – **Caracterização Acústica de Salas para Prática e Ensino Musical.** Santa Maria, Brasil: Universidade Federal de Santa Maria, 2011. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.
- [10] ROCHA, Letícia S. – **Acústica e Educação em música: Estudo Qualitativo para sala de ensaio e prática de instrumentos e canto.** Curitiba, Brasil: Universidade Federal do Paraná, 2010. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Construção Civil.
- [11] SILVA, Pedro Martins – **Acústica de salas para música.** In Colóquio. Ciências. - ISSN0870-7650 . - Lisboa. - A. 3, n. 7 (Mar. 1991), p.79-89.
- [12] FIGUEIREDO, F. L.; MASIERO, B.S.; IAZZETTA, F. – **Parâmetros subjetivos em salas destinadas à prática musical.** In IV CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE ACÚSTICA, Guimarães, Portugal, 2004. CD-ROM: id83, p.1-8

- [13] VALADARES, Victor M.. – **Acústica de salas de concerto**. In ESCOLA DE ARQUITECTURA UFMG, Belo Horizonte, Brasil, p.1-10. Disponível em: http://www.cpdee.ufmg.br/~semea/anais/artigos/VictorValadares_resumo.rtf
- [14] DINIS, Ana. – **Tratamento Acústico. Entre a necessidade, a oferta e a procura**. Dossier, Espaços/Edifícios/ Empresas Hoje. V.º 26 (2012), p. 22 – 27.
- [15] HENRIQUE, Luís L. – **Acústica Musical**. 2ª Edição. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2007. 1130 p. (9789723112122).
- [16] BAXA, D. y Seireg, A. (1980). **The use of quantitative criteria for the optimum design of concert halls**. *J.Acoust. Soc. Am.*, Vol.67, 2045-2054.
- [17] JORDAN, V.L. (1981). **A Group of Objective Criteria for Concert Halls**. *Applied Acoustics*, Vol.14, 253-266.
- [18] FIGUEIREDO, F. L.; MASIERO, B.S.; IAZZETTA, F. – **Análise de Parâmetros acústicos subjectivos: Critérios para avaliação da qualidade acústica de salas para música**. In IV REUNIÃO ANUAL DE LA SOCIEDAD ARGENTINA PARA LAS CIENCIAS COGNITIVAS DE LA MÚSICA, , 2004. p.1-11. Disponível em: [http://www.academia.edu/1621992/Analise de Parametros Acusticos Subjetivos Criterios para a Avaliacao da Qualidade Acustica de Salas de Musica](http://www.academia.edu/1621992/Analise_de_Parametros_Acusticos_Subjetivos_Criterios_para_a_Avaliacao_da_Qualidade_Acustica_de_Salas_de_Musica)
- [19] **Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia**. Vol.12. No.1: S. Paulo, Jan./Mar.2007. On-line (1982-0232). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-80342007000100012>
- [20] PATRÍCIO, Jorge Viçoso – **Acústica nos Edifícios**. 5ª Edição. Lisboa: Verlag Dashöfer, 2008. 378 p. (9789728906559).
- [21] MATEUS, Diogo – **Acústica de Edifícios e Controlo de Ruído**. 2008. 84 p. Apontamentos da disciplina realizados pelo professor auxiliar da FCTUC. Disponível em: <http://paginas.fe.up.pt/~pgrpe/conteudos/ARE/Apontamentosdadisciplina.pdf>
- [22] MARQUES, Marcelo. – **Acústica de Edifícios – Estudo de Caso**. Aveiro, Portugal: Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, 2010. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil.
- [23] SILVA, Pedro M.. - **Informação Técnica de Edifícios 8: Acústica de Edifícios**. 7ª Edição. Lisboa, Portugal: Laboratório Nacional de Engenharia, 2003. 117 p. (972-49-0013-4).
- [24] LEÃO, António. - **Acústica de Edifícios: Recomendações técnico-práticas para a concepção de edifícios escolares e de habitação**. Porto, Portugal: Universidade do Porto - Faculdade de Engenharia, 1994. Dissertação para obtenção do grau de mestre em construção dos edifícios.
- [25] ALARCÃO, D.; FAFAIOL, C.; COELHO, J. - **Acústica de salas de aula**. In CONGRESSO DE ACÚSTICA, Coimbra, Portugal, 2008.

- [26] Regulamento Geral do Ruído, aprovado pelo Dec. Lei 9/2007 de 17 de Janeiro. **Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios** aprovado pelo Dec. Lei 129/2002 de 11 de Maio e alterado pelo Dec. Lei n.º96/2008 de 9 de Junho.
- [27] GEERDES, H. P. Tips: **Improving Acoustics for Music Teaching**. In: MUSIC EDUCATORS NATIONAL CONFERENCE, Reston, VA, 1991.
- [28] COX, T. J.; ANTÓNIO, P.; AVIS, M.R. – **Room sizing and Optimization at low frequencies**. J. Audio Eng. Soc. N.º 52 (2004), p. 640 – 651.
- [29] PATRAQUIM, Ricardo. – **Formação em Acústica em Edifícios: Conteúdo**. 2007. 139 p. Gabinete de Inovação e Desenvolvimento, Madeicávado. Disponível em: http://www.damadeira.pt/xFiles/scContentDeployerTimber_pt/docs/Doc154.pdf
- [30] MORFEY, Christopher. - **Dictionary of Acoustics**. 2001. Academic Press. p. 32.
- [31] PORTELA, Marcelo Santos – **Acústica de Salas: Conceitos para acústica arquitectónica**. 61 p. Aula 5 e 6 do professor Portela da Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil. Disponível em: <http://www.labcon.ufsc.br/anexosg/391.pdf>
<http://www.archiproducts.com/pt/produtos/12839/tecsound-texsa.html>
- [32] LAMBERTY, D. **Music practice rooms**. Journal of Sound and Vibration, v. 69, 1980.
- [33] LANE, R. N.; MIKESKA, E. E. Study of acoustical, requirements for teaching studios and practice rooms in music school buildings. J. Acoust. Soc. Am., v.27, n.6,p.1087, Jul. 1955.
- [34] BERANEK, L.; **Concert and opera halls: how they sound**. EUA: Acoustical Society of America, 1996.
- [35] BARRON, M. **Auditorium acoustics and architectural design**. 2. ed. New York: Spon Press, 2010.
- [36] **Catálogos Texsa: Tecsound Depliant**. Disponível em: <http://www.archiproducts.com/pt/produtos/12839/tecsound-texsa.html>

7 ANEXOS

Anexo I – Escola Superior de Música de Lisboa

A Escola Superior de Música de Lisboa (ESML) apresenta-se no panorama nacional como herdeira do mais antigo conservatório português, instituído em Lisboa em 1835 e designado como Conservatório Nacional à data da reforma nele operada em 1983.

Criada no âmbito desta reforma, à ESML – bem como à sua congénere criada no Porto – ficou cometida a responsabilidade de formação, ao mais alto nível, de intérpretes, compositores e docentes do ensino especializado de música.

Integrada no Instituto Politécnico de Lisboa em 1985, a ESML tem como missão promover um ambiente de ensino/aprendizagem que, numa perspetiva de formação ao longo da vida, incentive os estudantes ao seu máximo desenvolvimento pessoal, artístico, científico, técnico e cultural, com vista a desempenhos profissionais empreendedores, nacional e internacionalmente competitivos e socialmente relevantes, nas áreas das Artes e Indústrias Musicais. Com vista ao cumprimento da sua missão, a ESML ministra o curso de licenciatura em Música (Composição, Direção Coral e Formação Musical, Direção de Orquestra de Sopros, Execução e Jazz), o curso de licenciatura em Tecnologias da Música e, em associação com a Escola Superior de Educação de Lisboa, o curso de licenciatura em Música na Comunidade.

A ESML ministra ainda um curso de Mestrado em Música.

Na produção artística da ESML destacam-se não só os numerosos grupos de Música de Câmara, cobrindo um vasto repertório, desde a Música Antiga à Música do Século XXI, mas também as Orquestras da ESML – Sinfónica, de Sopros e de Jazz – e Coros de diferentes dimensões.

Localização

A Escola Superior de Música de Lisboa fica hoje situada num edifício isolado no complexo do Instituto Politécnico de Lisboa, em Benfica, junto à 2ª circular.



Figura 1 - Escola Superior de Música de Lisboa.

Instalações

O edifício construído, recentemente, para o propósito é composto por duas caves e três pisos elevados em espiral em torno de um pátio ajardinado. A interligação desse pátio com o pátio de entrada da escola é feita através de um auditório, que é utilizado para espetáculos ao ar livre.

Exteriormente, o edifício é praticamente cego, exceto nos ângulos em que grandes envidraçados permitem a entrada de luz natural nos corredores da escola.





Figura 2 - Outros ângulos da ESML.

Interiormente espaços destinados ao ensino estão separados da administração, da Biblioteca e da sala de Professores, por um átrio central no piso 0.

A área de Direção/Administração possui 16 gabinetes, secretarias e salas diversas, compreendendo uma área total de 255 m².

As infra-estruturas e instalações gerais contam com 8 unidades diversas (posto de socorros, oficina, garagem, convívio/bar, armazém, arrecadações, etc.), compreendendo uma área total de 679 m².

Já o apoio pedagógico tem um grande auditório (400 lugares sentados) de área total de 867 m² e mais 28 espaços diversos (biblioteca, fonoteca/videoteca, reprografia, salas de conferências, gabinetes, camarins, etc.) ocupando uma área total de 1451 m².

E o ensino conta com 1 estúdio de interpretação cénica (129 m²), 1 pequeno auditório (105 m² - 50 lugares sentados), 1 estúdio de electroacústica (55 m²), 2 espaços-régie e mais cerca de 73 unidades diversas (salas e estúdios de lecionação e de estudo, construídas de acordo com as adequadas características técnicas e acústicas para as diversas áreas de especialização do ensino da música), perfazendo uma área total de 2473 m².

Salas de aula

As salas de ensino musical encontram-se maioritariamente no piso superior e cada uma delas possui geralmente dois envidraçados e duas portas viradas para o corredor e para o espaço ajardinado.

Na Ala Norte fica o piano e na poente os instrumentos de sopro (metal e madeira), a guitarra e o cravo. E, na Ala Sul ficam a harpa e os instrumentos de arco.

As salas de ensino musical apresentam formas praticamente retangulares e pés-direitos e áreas variáveis. As salas com o pé direito mais alto e também com áreas maiores são destinadas ao órgão, ao canto e à percussão.

Relativamente ao mobiliário, estas salas possuem geralmente uma mesa, uma ou duas cadeiras, uma estante para as pautas e o instrumento em questão. Além disso, com exceção dos estúdios agora salas de estudo, as salas possuem ainda cortinas opacas de cor clara distanciadas cerca de 25 cm das paredes.



Figura 3 - Algumas salas da ESML.

Materiais e soluções construtivas

A construção do edifício é praticamente toda em betão permitindo níveis elevados de estabilidade e isolamento acústico.

As salas de aula têm paredes de material compósito em gesso cartonado e lã mineral; o pavimento flutuante revestido a parquet e ainda teto falso em gesso cartonado com textura rugosa.

Os envidraçados são janelas simples fixas verticais com caixilharia em madeira, vidro duplo, e proteção. Nos envidraçados orientados para o espaço ajardinado as proteções são exteriores; nos envidraçados orientados para o corredor as proteções são interiores (cortinas opacas de cor clara). As portas tanto de um lado como de outro são em madeira com bom comportamento acústico. Nos corredores as paredes em betão são revestidas a partir de certa altura com material absorvente e o pavimento é sintético.

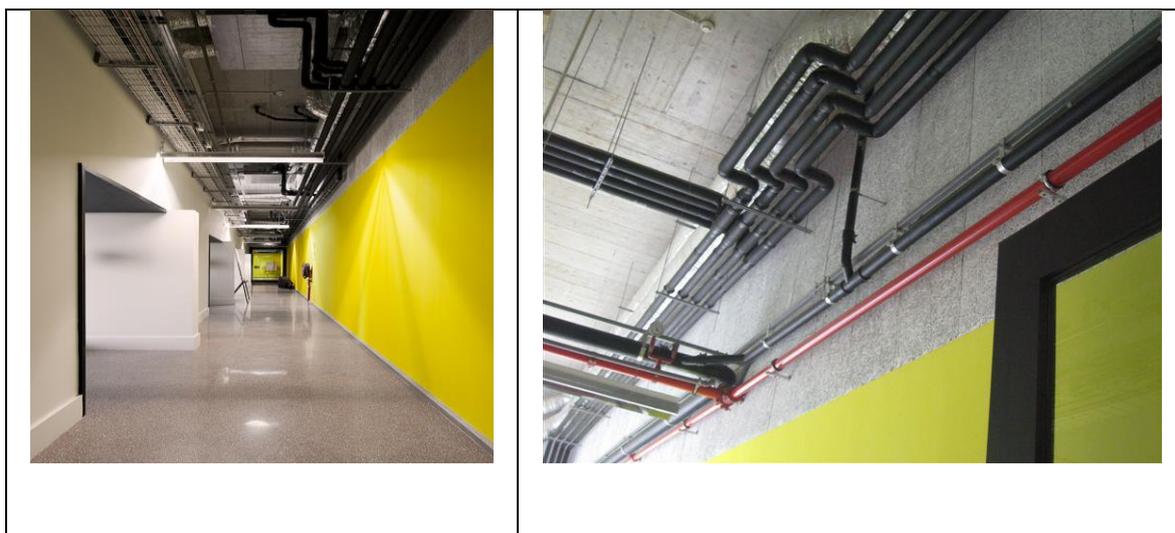


Figura 4 - Corredor de acesso às salas de aula.

Observações

O ruído oriundo do exterior, especialmente da 2ª circular, não é notório nas salas de aulas.

Este nível sonoro tão baixo deve-se não só ao facto de as salas apenas terem comunicação exterior com o espaço ajardinado como também neste espaço o lado sul do edifício ser mais elevado, funcionando como uma barreira ao som.

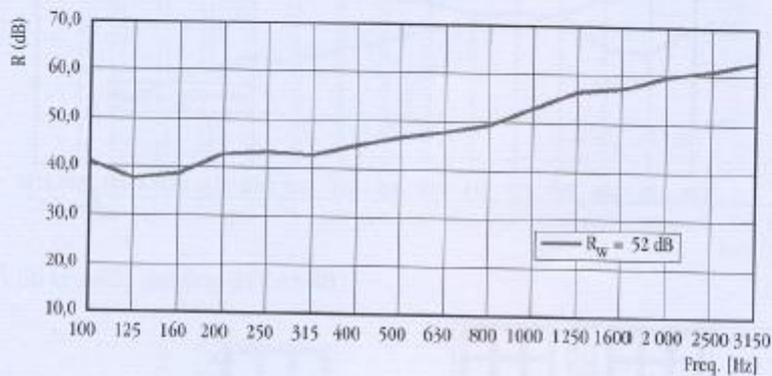
O nível dos sons aéreos vindos dos espaços de circulação (corredores e átrios) e das salas de música adjacentes é maior que o anterior, mas sem qualquer efeito desagradável durante o período de aulas. Este nível porque a parede de separação inclui a porta de entrada/ comunicação e ainda uma “bandeira” envidraçada utilizada para facilitar a entrada de luz natural.

No que diz respeito às instalações e/ ou equipamento existe apenas a instalação de AVAC central que não provoca qualquer inconveniente. Por um lado porque as instalações das saídas de ar situam-se ao longo da parede de separação sala/corredor e da fachada e permitem assim a saída de um caudal de ar elevado e por outro lado porque a unidade condensadora se encontra numa das caves.

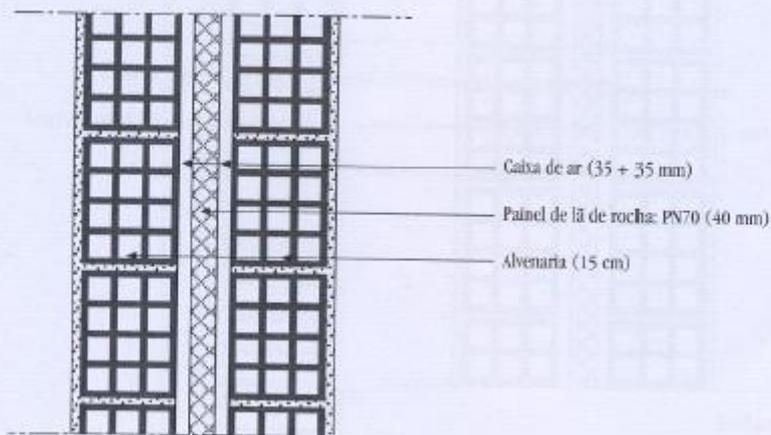
Anexo II - Solução construtiva para fachadas

Exemplo de soluções: sons aéreos

Parede dupla de alvenaria de tijolo, com espessura igual a 15 cm cada pano, integrando caixa de ar com a espessura de 11 cm. A parede dupla é revestida nas duas faces exteriores com argamassa de reboco, com espessura de 1 cm. Na caixa de ar estão colocadas placas rígidas de fibras de lã de rocha aglutinadas com resina termo-endurecida, com massa volúmica de 70 kgm^{-3} e espessura de 40 mm.



$R_w = 52 \text{ dB}$



Fonte: *Imperialum*.

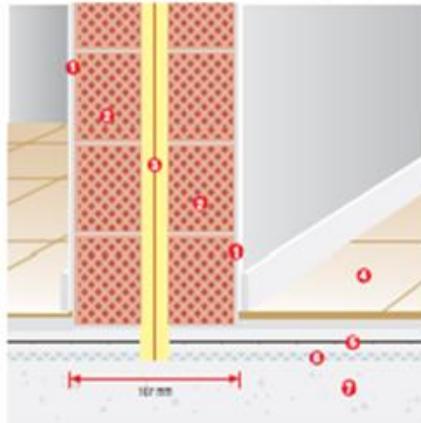
Anexo III – Solução construtiva para paredes de separação

Divisória de separação, formada por parede dupla de tijolo perfurado de 70 mm de espessura, TECSOUND® 2FT 80 entre ambos e estuque de gesso de 15 mm de espessura em ambas as faces externas.

Rw = 56,6 dB(A)

Exigência NBE CA-88:
Separação entre distintos usuários
R_A 45 dB(A)

O novo Código Técnico de la Edificación CTE incrementará a 50 dBA o parâmetro de isolamento ao ruído aéreo em divisões entre distintos usuários. A utilização conjunta do tijolo perfurado e de TECSOUND® 2FT 80 permite conseguir o isolamento necessário. A estrutura na sua totalidade comporta-se como um sistema massa - mola - massa muito mais eficaz que um análogo com câmara de ar vazia.



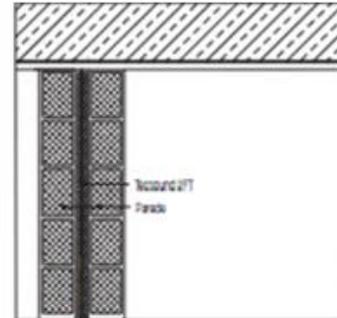
1. Estuque de gesso (e: 1,5 cm)
2. Tijolo oco duplo (e: 7 cm)
3. TECSOUND® 2FT 80
4. Pavimento
5. Argamassa armada
6. TEXSLEN
7. Laje

Colocação de TECSOUND®

1. TECSOUND® 2FT 80

Uma vez realizado o primeiro tabique aderir-se-á TECSOUND® 2FT 80 com ADHESIVO LS na superfície segundo os seguintes passos:

- 1) Assegure-se que o suporte esteja limpo, seco e preferivelmente estucado. Na reabilitação dever-se-á comprovar que o estuque está em bom estado e sobretudo que a sua superfície seja compacta e regular. Em caso contrario será necessário limpar a superfície antes de aplicar o ADHESIVO LS.
- 2) Aplicar ADHESIVO LS com rolo de pelo curto sobre o tabique e o feltro de TECSOUND® 2FT 80. Esperar uns 15 - 20 minutos.
- 3) Encarar TECSOUND® 2FT 80 sobre o suporte e coloca-lo. Assegure-se de que o produto esteja em contacto com a laje inferior e superior.
- 4) Realizar em continuação o segundo tabique sem deixar câmara de ar.



Encontro com o pavimento

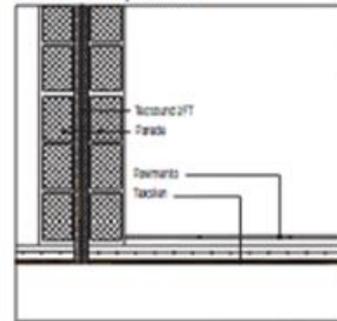
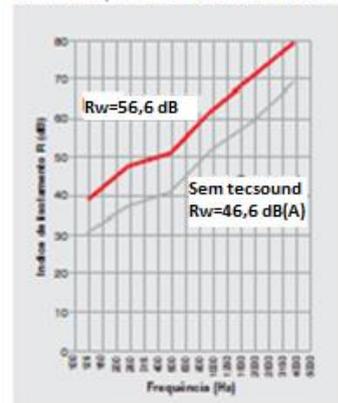


Gráfico comparativo de isolamento acústico



— Estudi Acústic H. Arau (Espanha)
— Estudi Acústic H. Arau (Espanha)

Freq (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
R (dB)	36,3	46,4	51,3	61,7	70,8	79,9

Anexo IV – Solução para áreas transparentes

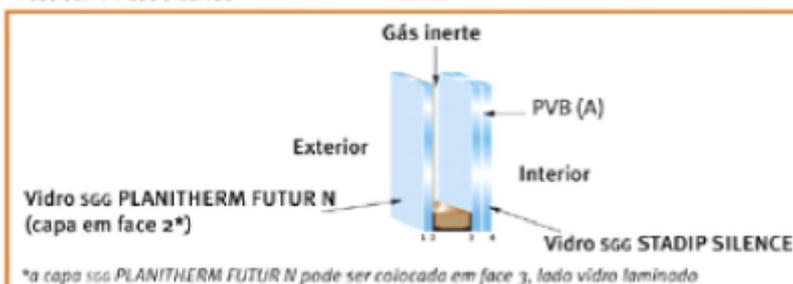
Descrição do produto

sggCLIMAPLUS SILENCE é um vidro duplo com isolamento térmico reforçado oferecendo simultaneamente excelentes performances de isolamento acústico.

O vidro interior sggCLIMAPLUS SILENCE é um vidro laminado de segurança. É formado por duas lâminas de vidro montadas com um intercaler de polivinil butiral acústico, PVB(A) que garante por um lado uma redução acentuada do ruído e por outro lado, uma adesão perfeita dos estilhaços em caso de rotura do vidro.

Nos casos em que o vidro duplo não inclua um vidro de baixa emissividade, passa a chamar-se sggCLIMALIT SILENCE.

▼ sggCLIMAPLUS SILENCE



Aplicações

sggCLIMAPLUS SILENCE é particularmente adaptado às seguintes aplicações :

- Fachadas em vidro (incluindo paramentos e pavimentos ou de tecto) e janelas de edifícios ou habitações situadas em zonas barulhentas (artérias comerciais, vias rápidas, na proximidade de estações ou aeroportos, ...), e/ou onde haja um risco acrescido de vandalismo;
- vidros e janelas de sótão.

Vantagens

- **Isolamento acústico reforçado:** sggCLIMAPLUS SILENCE oferece protecção acústica máxima ao ruído ambiente e atenua eficazmente o barulho derivado do impacto da chuva.
- **Protecção de pessoas e bens:** sggCLIMAPLUS SILENCE previne ferimentos derivados de estilhaços em caso de queda accidental e inibe a intrusão de malfeitores.
- **Isolamento térmico reforçado:** reduz os gastos com aquecimento e melhora a preservação do ambiente.
- **Protecção contra os UV:** forte redução na transmissão de raios UV.
- sggCLIMAPLUS SILENCE tem um aspecto em tudo igual ao do vidro sggCLIMAPLUS standard.

As duas composições standard preconizadas são :

- sggCLIMAPLUS SILENCE 6 (12) 44.2A
- sggCLIMAPLUS SILENCE 66.2A (20) 44.2A

Existem inúmeras composições sggCLIMAPLUS SILENCE diferentes cujas performances foram avaliadas em diferentes laboratórios europeus. Para informação adicional sobre este assunto, queira consultar os nossos serviços

sgg CLIMAPLUS SILENCE Isolamento ao ruído aéreo			
sgg CLIMAPLUS SILENCE Composição	Espessura (mm)	Peso (Kg/m ²)	Rw (c; Ctr) (NBN EN 717)
6 (14) 44.2	27	35	39 (-1;-6)
66.2A (20) 44.2A	42	50	49 (-2;-7)

sgg CLIMAPLUS SILENCE Isolamento ao ruído de contacto (ruído de impacto da chuva)		
Tipo de vidro	Composição (mm)	Nível sonoro residual medido no local de recepção(1)
Policarbonato	20	71 dB
Vidro duplo com	6(12)44.2	52 dB
Vidro duplo sgg CLIMALIT SILENCE	6(12)44.2A	46 dB
	44.2A (12) 33.2A	39 dB

Medida do quarto reverbante debaixo da chuva 50 litros/m²/hora, altura da queda de chuva 3m, inclinação da cobertura 10°

Performances

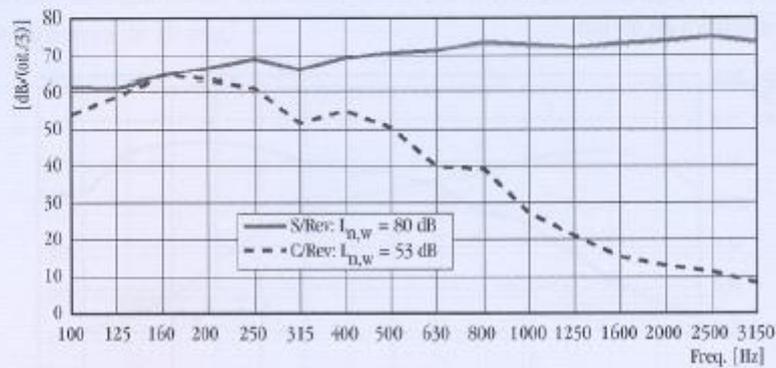
Isolamento acústico

As medidas do índice de atenuação acústica são efectuadas segundo a norma EN ISO 140-3 e permitem um processo verbal de medição por parte do laboratório acreditado.

Anexo V – Solução construtiva para pavimentos

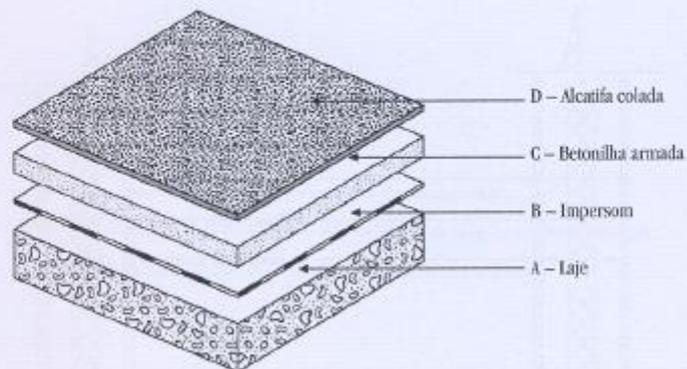
Exemplo de soluções: sons de impacto

Sistema flutuante constituído por lajeta de betão de 0,04 m de espessura, armada com malha electrosoldada, integrando revestimento de piso final (alcatifa Industrial) com 6 mm de espessura, disposto sobre camada resiliente constituída por feltro de betume oxidado, que integra granulado de cortiça na sua face inferior.



$\Delta L_w = 27$ dB (conforme EN ISO 717-2: 1996)

$\Delta L_w = 27$ dB, referido ao pavimento de referência: EN ISO 717-2: 1996



Fonte: *Imperialum*.

Anexo VI – Solução construtiva para tubos de queda

Sistema constituído por uma ou mais camadas de **TECSOUND® FT 55 AL** colocadas em redor da conduta de fluido.

Rw = 25 dB(A)

O ruído provocado pela descarga de fluidos em tubos de queda é um dos problemas mais frequentes em edificação residencial e escritórios devido ao baixo isolamento acústico que proporcionam as tubagens standard incorporadas nas paredes e falsos tectos. **TECSOUND® FT 55 AL** reúne num único produto um material absorvente e uma lamina isolante **TECSOUND®** com as características necessárias para dar uma resposta a este problema.



1. **TECSOUND® FT 55 AL**
2. Tubo de queda de PVC
3. Borda de plástico
4. Cinta de alumínio

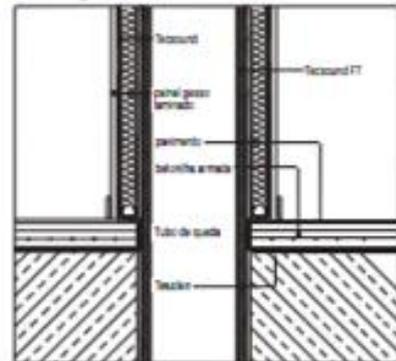
Colocação de **TECSOUND®**

1. **TECSOUND® FT 55 AL**

A colocação de **TECSOUND® FT 55 AL** realizar-se-á da seguinte maneira:

- 1) Medir o comprimento da conduta a isolar acrescentando 5 cm para a realização da sobreposição.
- 2) Cortar com uma tesoura a quantidade necessária de **TECSOUND® FT 55 AL** no sentido transversal do rolo.
- 3) Envolver o elemento da conduta de forma que o feltro téxtil esteja o mais possível em contacto com a superfície começando pela parte baixa da tubagem.
- 4) Fixar **TECSOUND® FT 55 AL** utilizando uma brida de plástico cada 20 cm. Para selar as sobreposições utilizar-se-á uma cinta adesiva de alumínio. É importante que as juntas estejam perfeitamente seladas para evitar diminuição dos valores de isolamento.

Detalhe geral



Instalações suspensas

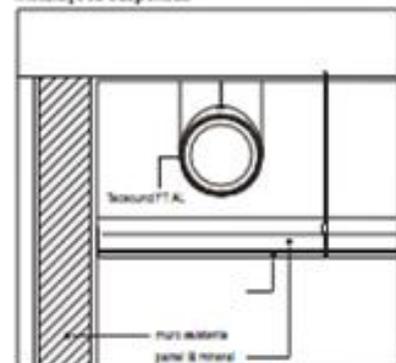
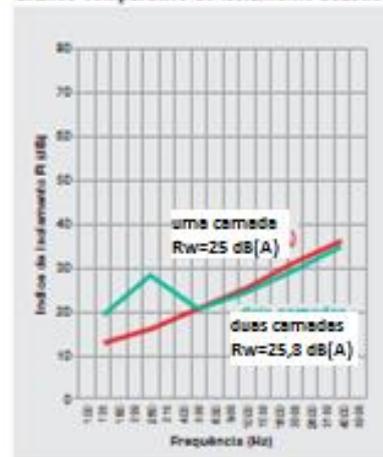


Gráfico comparativo de Isolamento acústico



- Estudi Acústic H. Arau (Espanha)
- Estudi Acústic H. Arau (Espanha)

Freq. (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
R (dB)	12,1	16,0	20,6	25,7	30,9	36,3
R (dB)	19,7	26,5	20,0	24,4	29,1	34,1

Anexo VII – Inquérito 1

INQUÉRITO

O presente inquérito insere-se no âmbito da dissertação de Mestrado de Engenharia Civil “*Linhas orientadoras para o projeto acústico de edifícios destinados a escolas de música*” e tem como principais objetivos: diagnosticar os requisitos que mais condicionam a qualidade acústica nestes edifícios, diferenças entre edifícios e salas semelhantes e tempos de reverberação.

1. Identificação do Respondente

Escola _____

Docente _____

Disciplina _____

Contacto _____

E-mail _____

2. Bases de acústica de salas

Nenhumas Algumas Muitas

3. Edifício

Assinale as características do edifício de ensino musical.

Localização	<input type="checkbox"/> Isolado	<input type="checkbox"/> Geminado
N.º Pisos	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> Mais de 1 Piso
Zona Envolvente	<input type="checkbox"/> Calma	<input type="checkbox"/> Movimentada
Zonas de lazer exterior	<input type="checkbox"/> Conversação	<input type="checkbox"/> Prática musical
Zonas de lazer interior	<input type="checkbox"/> Restauração / Bar	<input type="checkbox"/> Sala de alunos

4. Sala de ensino musical

Agora, escolha a sala de música que considera melhor acusticamente e responda até à questão 10 sempre para essa sala.

N.º da sala _____

Quais as disciplinas lecionadas nessa sala _____

Diagnóstico das fontes de ruído

Assinale as fontes de ruído que provocam algum incómodo durante a aula nessa sala.

Ruído exterior ao edifício escolar

Outros edifícios Atividades recreativas Tráfego Rodoviário

Ruído no próprio edifício

Salas de aula Conversação Atividades musicais

Ruído de Instalações e Equipamentos

AVAC Conduas Termo ventilação Escoamento de água

Outros (Quais?) _____

Caraterísticas da sala

Tipo Individual Coletivo

Assistência Com Sem

Prática Vocal/Canto Instrumental(Qual?) _____

Ambiente sonoro Baixas frequências Altas frequências

Outros (Quais?) _____

Forma geométrica da sala

Paredes Regular Irregular Outra (Qual?) _____

Pavimentos Nivelada Com palco Tipo anfiteatro

Tetos Plano Côncavo Outra (Qual?) _____

Pé-direito Alto (> 3m) Baixo (< 3m)

Envidraçados Sim Não

Mobiliário

- Cadeiras Mesas Instrumentos
- Outros (Quais?)

Faça um esboço da disposição do equipamento/material no decorrer da aula e assinale o melhor e o pior sítio para ouvir os alunos.



Revestimentos

Descreva os materiais de revestimento dos elementos abaixo.

Paredes _____

Pavimentos _____

Teto _____

Outros _____

Acústica da sala

Assinale os parâmetros subjetivos que caracterizam a sala de ensino.

Viva Seca Quente Brilhante

Reverberante Íntima Clara

Outros (Quais?) _____

A sala possui equipamentos/ materiais que permitam variar a acústica da sala conforme a atuação? (como por exemplo painéis transparentes)

Sim Não

Se sim quais? _____

O que alterava na sala de modo a melhorar o ambiente acústico?

5. Sala de ensino musical

Agora, escolha a sala de música que considera pior acusticamente e responda até à questão 18 sempre para essa sala.

N.º da sala _____

Quais as disciplinas lecionadas nessa sala _____

Diagnóstico das fontes de ruído

Assinale as fontes de ruído que provocam algum incómodo durante a aula nessa sala.

Ruído exterior ao edifício escolar

Outros edifícios

Atividades recreativas

Tráfego Rodoviário

Ruído no próprio edifício

Salas de aula

Conversação

Atividades musicais

Ruído de Instalações e Equipamentos

AVAC

Conduas Termo ventilação

Escoamento de água

Outros (Quais?) _____

Caraterísticas da sala

- Tipo Individual Coletivo
- Assistência Com Sem
- Prática Vocal/Canto Instrumental(Qual?) _____
- Ambiente sonoro Baixas frequências Altas frequências
- Outros (Quais?) _____

Forma geométrica da sala

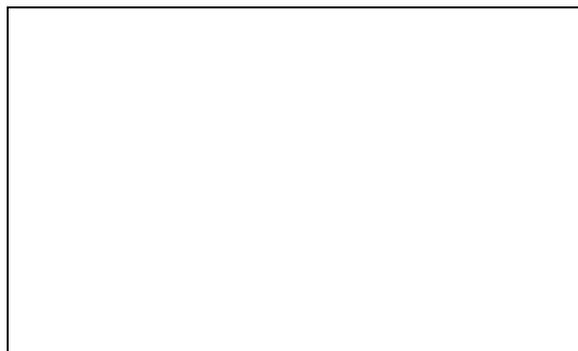
- Paredes Regular Irregular Outra (Qual?) _____
- Pavimentos Nivelada Com palco Tipo anfiteatro
- Tetos Plano Côncavo Outra (Qual?) _____
- Pé-direito Alto (> 3m) Baixo (< 3m)
- Envidraçados Sim Não

Mobiliário

- Cadeiras Mesas Instrumentos
- Outros (Quais?)

Faça um esboço da disposição do equipamento/material no decorrer da aula e assinale o melhor e o pior sítio para ouvir os alunos.





Revestimentos

Descreva os materiais de revestimento dos elementos abaixo.

Paredes _____

Pavimentos _____

Teto _____

Outros _____

Acústica da sala

Assinale os parâmetros subjetivos que caracterizam a sala de ensino.

Viva Seca Quente Brilhante

Reverberante Íntima Clara

Outros (Quais?) _____

A sala possui equipamentos/ materiais que permitam variar a acústica da sala conforme a atuação? (como por exemplo painéis transparentes)

Sim Não

Se sim quais? _____

O que alterava na sala de modo a melhorar o ambiente acústico?

6. Para concluir, responda às seguintes questões:

Na sua opinião, quais as características que uma sala de ensaio musical deve possuir para ser acusticamente adequada?

No que deve diferir uma sala de aula expositiva para fala de uma sala de aula para música?

—

Uma sala de ensaio musical deve ter acústica idêntica a uma sala de concertos? Justifique.

Quais as diferenças acústicas que uma sala destinada ao canto deve ter em relação a uma sala destinada á aprendizagem de um instrumento?

Uma sala destinada a instrumentos de baixas frequências (por exemplo tuba) deve ser acusticamente igual a uma sala destinada a altas frequências (violino)? Porquê?

E no caso de uma sala destinada a instrumentos de baixa intensidade (por exemplo flauta) em relação a uma sala destinada a alta intensidade (trombone)? Justifique.

No que deve diferenciar uma sala de aula musical individual de uma sala de aula coletiva?

Anexo VIII – Lista de Respondentes

Respondente	Nome	Escola
1	Maria Helena	Escola de Música de Lagos
2	João Pedro Cunha	Escola de Música de Lagos
3	Joaquim Galvão	Escola de Música de Lagos
4	Gina Grigore	Secção de Lagoa
5	Carlos Ramalho	Secção de Lagoa
6	João Miguel	Escola Básica e Secundária da Bemposta
7	Jorge Cardoso	Escola Básica e Secundária da Bemposta
13	Manuel João L. Galante	Conservatório de Música de Albufeira
14	Rui	Conservatório de Música de Albufeira
15	-	Conservatório de Música de Albufeira
16	Isobel	Conservatório de Música de Albufeira
17	Rodrigo Lopes	Conservatório Regional do Algarve Maria Campina
18	Nuno Rodrigues	Conservatório Regional do Algarve Maria Campina
19	Rui Machado	Conservatório Regional do Algarve Maria Campina
20	Catarina Carneiro	Conservatório de Música de Olhão
21	Nadine Ferreira	Conservatório de Música de Olhão
22	Anabela silva	Conservatório de Música de Olhão
23	Paulo Cunha	Conservatório de Música de Olhão
8	Francisco Nascimento	Academia de Música de Tavira
9	-	Academia de Música de Tavira
10	-	Academia de Música de Tavira
11	Josué Nunes	Academia de Música de Tavira
12	-	Academia de Música de Tavira
	Nota	- O respondente não se quis identificar

Anexo IX – Inquérito do professor Francisco Santiago

Abaixo segue a opinião do docente mais experiente em acústica, o Professor Francisco Santiago:

1 - Uma sala deve ser acusticamente adequada em função do objetivo musical que a usa/utiliza. No entanto existe um parâmetro que deve ser igual para todas as situações – o isolamento face ao exterior. Em relação aos diferentes objetivos musicais em sala de aula:

Se for um instrumento solo, a sala de ser pouco reverberante mas o suficientemente viva para fazer “respirar” o instrumento e não o tornar “morto”/sem vida. De ser também clara e definida.

Se for um ensemble (aulas de música de câmara, por exemplo) deveria ser mais reverberante ($1 < T < 1,3$ s aproximadamente). Convém ao mesmo tempo, ter um STI (Speech Transmission Index) aceitável, porque apesar de ser para ensino musical o professor deve ser corretamente entendido pelo aluno. É um paradoxo, porque terá de se encontrar um bom T e um razoável STI. (quer objetivamente e subjetivamente quando maior o T menor o STI).

Se for a Orquestra da escola, a sala deveria ter um $T = 1,7$ segundos. O que na realidade não acontece, pelo próprio tamanho da sala e suas características acústicas. Deve ter boa definição para este tipo de sonoridade e boa clareza ($D50 = 40\%$ e $C80$ entre -4 e $+4$ dB respetivamente). Neste caso, o STI não teria tanta relevância/importância, uma vez que a sala deveria responder acusticamente à soma de todos os instrumentos da Orquestra, no caso desta escola, cerca de 30 elementos (desde cordas friccionadas e percutidas, a madeiras, metais e percussão). Será mais importante o resultado sonoro que a sala proporciona do que a qualidade da fala do diretor artístico.

2 - Uma sala de aula se a sala for para música, deve-se sempre que possível ter um T adequado aos diferentes tipos de música existente na escola. Se for para aula expositiva, pretende-se uma sala cujo STI deve ser o mais elevado possível ($> 90\%$).

3 - Uma sala de ensino deve ter acústica idêntica a uma sala de concertos. Ou seja, que o estudante de música deve estudar ou preparar os concertos num local de acústica aproximada ao espaço acústico do concerto. Se não for (como acontece na maioria dos casos), este deve, pelo menos, ter a perceção de que o local onde estuda é diferente acusticamente do local onde irá atuar. Se o local de estudo for pouco reverberante (na maioria dos casos) o músico deve saber como controlar o instrumento de forma a que não soe demasiado “potente” quando for tocar numa sala mais reverberante. Tem de ter bem a noção que um pp na sala de ensaios não é o mesmo que um pp na sala de concertos. Problemas graves acontecem quando a sala de ensaio é mais reverberante que a sala de concerto: os músicos estão habituados a um determinado nível de conforto a tocar e quando se deslocam à sala de concertos não se farão ouvir, uma vez que a sala não responde acusticamente à pressão sonora emitida.

4 - Se entendermos o canto como um instrumento musical, deve ter as mesmas condições acústicas. Se não for lírico, talvez necessite de uma sala menos reverberante quando comparado a um instrumento musical. No entanto, na minha opinião, a voz também necessita de reverberação para se fazer ouvir, “respirar” ou “viver na sala”. Penso que os problemas acústicos

nas escolas de música não estão na construção diferenciada de uma sala para canto ou instrumento.

5 - Todas as salas devem responder equitativamente a todas as frequências para qualquer instrumento. Da mesma forma que a reverberação deve ser semelhante, o mesmo se passa com a resposta em frequência. Porque razão deve ter a sala de uma Tuba mais resposta nos graves, se posteriormente o músico se encontrar numa sala de concerto de resposta linear? Passo a explicar: o músico fez os ensaios e os seus estudos (provavelmente) preocupado num controlo dos seus graves na sala de estudo, e mais tarde não os vai conseguir fazê-los ouvir no concerto porque a sala não tem uma resposta a essa frequência tão forte como a sua sala de ensaios. O mesmo para a região frequencial aguda do Violino.

6 - Convém utilizar as salas mais pequenas para os instrumentos de pouca pressão sonora. Pelo contrário, se possível ter uma sala de dimensões adequadas aos instrumentos de maior pressão sonora. Penso que acusticamente, no caso de instrumentos como a Flauta, salas médias ou grandes irão prejudicar o som do instrumentista, uma vez que não tem pressão sonora suficiente para “excitar a sala”. Por outro lado, também não o necessita fazer, uma vez que o professor está próximo e, em princípio, terá uma boa opinião sobre a Clareza e Definição do instrumento.

No caso do Trombone, provavelmente, o professor irá necessitar de mais espaço, tanto para ouvir o som envolvente do instrumento (com capacidade para “excitar a sala”) como também para se sentir confortável com a pressão sonora que o instrumento emite.

7 – Uma sala coletiva deve ser acusticamente adequada em função do objetivo musical que a usa/utiliza. No entanto existe um parâmetro que deve ser igual para todas as situações – o isolamento face ao exterior. Basicamente a resposta é igual à primeira.

