



RECUPERAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO ACÚSTICA DO ÓRGÃO DA IGREJA DE SANTA CLARA

Luís Ventura¹, Pedro Santos¹, Rui Ribeiro¹

¹Escola Superior de Música e Artes do Espetáculo - Portugal
{4190023@esmae.ipp.pt}

Resumo

O objetivo deste trabalho é identificar e estabelecer as pontes entre as diferentes áreas científicas e artísticas que integram o restauro do órgão da Igreja de Santa Clara, a caracterização acústica do espaço e a sua gravação para arquivo.

A identificação e qualificação, das principais características históricas da organaria Ibérica, da Igreja de Santa Clara e do seu órgão basearam-se numa revisão bibliográfica extensa e dedicada. A caracterização acústica do instrumento e do espaço envolvente foi obtida por meio de testes acústicos realizados para determinação de parâmetros objetivos, como o Tempo de Reverberação e a Inteligibilidade da Palavra. A gravação sistemática, e criteriosa de todas as notas produzidas pelos vários registos do instrumento permitiu a sua exata descrição sonora no presente, e constitui material essencial para a futura criação e programação de um instrumento virtual.

Palavras-chave: Acústica, análise espectral, igreja, órgão Ibérico, organaria.

Abstract

This project aims to translationally study the organ of the Santa Clara's church in Porto (Portugal): from its restoration to the acoustic characterization of the organ and its environment and, ultimately, its sound recording and archive to integrate a sound library. The identification and classification of the main historical characteristics of the Iberian Organ Building, Santa Clara's Church and its organ were based on focused literature review. The acoustic characterization of the instrument and the space around it were obtained by acoustic tests carried out to determine objective parameters, such as Reverberation Time and Speech Transmission Index. The recording of all the notes produced by the various organ's stops were systematic and judicious allowing the exact sound description of the instrument in the present and support essential material to the future creation and programming of a virtual instrument.

Keywords: Acoustics, church, Iberian organ, organ building, sampling and spectral analysis.

PACS no. 43.75.Np, 43.55.Fw

1 Introdução

O património organístico português, pela sua relevância e qualidade, merece ser afirmado num contexto que ultrapasse os limites geográficos do país, no entanto, há ainda um caminho percorrer para o seu reconhecimento.

No caso particular da cidade do Porto, o início do último ciclo de sensibilização para a importância do órgão aconteceu durante a instalação do grande órgão da Sé do Porto em 1985. Este órgão foi construído pela firma Alemã do organeiro George Jann, que 10 anos mais tarde construiu o grande órgão da Igreja da Lapa. Estes dois projetos envolveram várias instituições e promoveram o entusiasmo pela formação, culminando na criação de várias escolas de organaria em Portugal e de uma Oficina e Escola de organaria. Sucederam-se instalações de órgãos novos e a recuperação e restauro de alguns dos mais importantes exemplares da organaria Ibérica dos Sec. XVII, XVIII e XIX: os órgãos da Igreja de São Francisco, São Lourenço, Mosteiro de São Bento da Vitória, Mosteiro de Grijó, Santo Ildefonso e Clérigos, entre outros.

O percurso de divulgação da sonoridade dos instrumentos não se esgota na sua apresentação pública em concertos e no seu uso durante a liturgia. A sua divulgação e constituição de arquivo, para memória futura, passa pela digitalização da sua “assinatura sonora”.

À semelhança do que aconteceu com outros órgãos históricos no mundo, a necessidade de democratização da sonoridade do instrumento levou à criação de instrumentos virtuais. Um dos muitos casos de sucesso no desenvolvimento de instrumentos virtuais é empresa americana *Milan Digital Audio*, detentora da *Hauptwerk (Virtual Instruments)*.

A exploração das potencialidades do órgão como instrumento multi-tímbrico, quer pela sua dimensão física, quer pela experiência sonora inseparável de um contexto acústico imersivo, tornam este trabalho mais estimulante no que se refere à captação para *sampling* (desenvolvimento de uma biblioteca de sons para criação de instrumentos virtuais).

O conhecimento organológico do instrumento, adquirido pela proximidade ao processo de restauro e ao modo de produção sonora dos tubos, não sendo condição obrigatória, favorece a organização das metodologias para o desenvolvimento do presente projeto que, de forma translacional, integra as componentes práticas do restauro e caracterização do órgão da Igreja de Sta. Clara, o estudo acústico do espaço envolvente e a organização da biblioteca de sons para criação do instrumento virtual. Esta abordagem limita a profundidade da descrição de cada uma delas, mas favorece o conhecimento integrado do todo.

2 A Igreja de Santa Clara

2.1 Descrição geral e enquadramento histórico

A Igreja de Santa Clara, construída no Sec. XV, integra o edificado do antigo convento da ordem das Clarissas e foi classificada como Monumento Nacional por Decreto de 16 de junho de 1910. Está situada no Centro Histórico do Porto, classificado pela UNESCO como Património Mundial desde 1996, mais precisamente no Largo Primeiro de Dezembro, na união de freguesias de Cedofeita, Santo Ildefonso, Sé, Miragaia, São Nicolau e Vitória, junto à muralha Fernandina. Tem sofrido, desde a sua construção intervenções estruturais e estéticas que foram de encontro às tendências da época. O monumento, de estrutura arquitetónica religiosa gótica, renascentista e barroca, é um dos exemplares mais exuberantes do período barroco joanino em Portugal. A igreja desenvolve-se em planta longitudinal composta por nave única, capela Mor e Coro-alto em eixo, com o portal principal na parede do lado norte. Na nave da igreja existem 8 altares com retábulos em talha barroca dourada, 3 do lado do evangelho e 5 do lado da epístola. O teto é de igual forma revestido por talha barroca dourada e pintada, formando abobada de

arestas. A capela-Mor revestida a talha dourada tem fenestração simétrica e uma tela de grandes dimensões com a última ceia na parte posterior do altar-Mor.

A ação de conservação e restauro do instrumento e do edificado foi promovida e coordenada pela Direção Regional de Cultura do Norte. As intervenções estruturais e arquitetónicas que a igreja sofreu ao longo dos tempos transformaram progressivamente o comportamento acústico do espaço onde se insere o instrumento e não seria razoável fazer uma caracterização do instrumento separada do seu contexto histórico e acústico.

Apesar de escassear a documentação acerca da condição inicial do edificado, no que se refere às características interiores da igreja, é aceitável conceber a ideia de um espaço constituído maioritariamente por pedra, eventualmente com uma cobertura em madeira e de volumetria substancialmente maior, aproximadamente 200m^3 , considerando o volume do intradorso dos arcos, agora preenchido pelos retábulos em talha barroca.

A intervenção estética e estrutural levada a cabo no período Barroco (1730-1732), alterou consideravelmente o comportamento acústico da igreja, considerando as diferenças significativas entre os coeficientes de absorção sonora dos retábulos em talha barroca dourada [3] e os coeficientes de absorção sonora da pedra e ou azulejos, existentes na condição anterior do edifício.

Quer a volumetria interior da nave da igreja, quer os revestimentos em talha dourada conferem-lhe características acústicas muito particulares, condicionando desta forma a sonoridade do grande órgão que é em parte uma característica intrínseca do instrumento modelada pela resposta acústica do espaço envolvente.

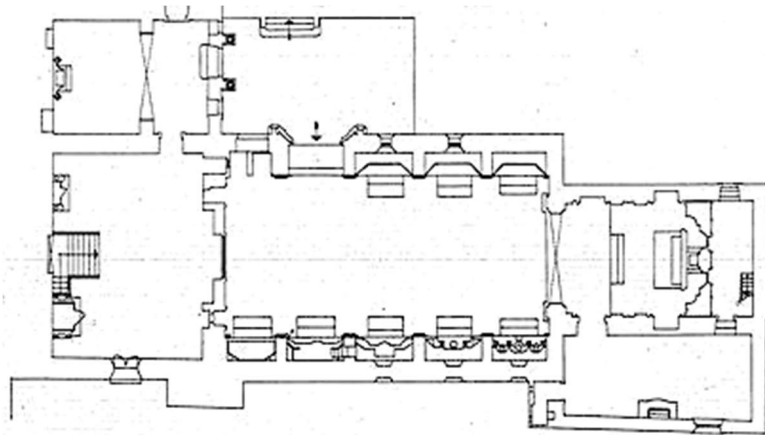


Figura 1 Planta de Igreja de Santa Clara.



Figura 2 – Corte longitudinal da Igreja de Santa Clara (vista Lado do Evangelho).

2.2 Descrição arquitetónica

As tabelas seguintes apresentam os dados arquitetónicos da igreja obtidos a partir das plantas e cortes. As dimensões e volumetria do coro-alto, são apresentadas nas tabelas, apesar de não terem sido consideradas para efeito de cálculo dos tempos de reverberação, por este se encontrar fisicamente separado da nave da igreja, por vãos gradeados com portadas de madeira e vãos envidraçados. A igreja de Santa Clara dispõe de 120 lugares sentados.

Tabela 1- Dimensões lineares da Igreja de Santa Clara em metros.

Dimensões Lineares	Valor (m)
Largura da Nave	9,5
Largura da Capela Mor	5,5
Comprimento máximo	27,5
Comprimento da Nave	18,5
Altura Máxima	13,0
Altura da Nave	12,0
Altura da Capela-Mor	9,5
Pé direito do Coro-Alto	7
Largura do Coro-Alto	9,5
Comprimento do Coro-Alto	9,5
Comprimento da Nave	18,5
Altura Máxima	13,0
Altura da Nave	12,0

Tabela 2 – Áreas de superfície da Igreja de Santa Clara em metros quadrados.

Áreas	Valor (m²)
Piso do Coro-Alto	62
Piso Nave da Igreja	176
Piso Capela-Mor	50
Retábulo em Talha Dourada	992
Portas e portadas	54
Vãos envidraçados	69

Tabela 3 – Volumetrias da Igreja de Santa Clara em metros cúbicos.

Volumetrias	Valor (m³)
Capela-Mor	470
Coro-Alto	632
Nave da Igreja	2109
Varanda (lado Evangelho)	50

2.3 Caracterização acústica

2.3.1 Parâmetros subjetivos

A avaliação acústica de um espaço pode ser subjetiva, e estar relacionada com a percepção sensorial de um determinado ouvinte. Este tipo de caracterização pode ter importância por refletir de forma sensível e pessoal uma dada condição/parâmetro físico. A dificuldade de aplicação deste modelo está associada em parte à limitação semântica na descrição de fenômenos acústicos e à dependência direta de opiniões pessoais.

O recurso a *softwares* e modelos de simulação acústica é uma prática comum, embora com graus de incerteza distintos dependendo diretamente da quantidade e qualidade de parâmetros inseridos nas suas bases de dados (dimensões, geometria, materiais de revestimento, etc...). Estes parâmetros acústicos relacionam-se entre si e possuem dependência direta dos fatores arquitetónicos e da envolvente exterior.

Tabela 4 – Parâmetros acústicos subjetivos para a Igreja de Santa Clara. Adaptado de (Lopes da Silva, 2008)

Parâmetro acústico subjetivo	Valor
Envolvimento	3,8
Equilíbrio Tímbrico	6,6
Clareza	7,1
Direccionalidade	6,8
Reverberância	1,2
Intensidade do Som	4,7
Intimidade	6,5
Ecos	Sem Informação
Ruido de Fundo	Sem informação
Impressão geral	7,8
Palavras entendidas	(%) 99

2.3.2 Parâmetros objetivos

A Determinação do Tempo de Reverberação RT60 da Igreja de Sta. Clara foi realizado de acordo com as recomendações da Norma ISO 3382-1, relativa às medições de parâmetros acústicos em salas de espetáculos ou recintos performativos, entre os quais se encontram as igrejas. Foi utilizado para o efeito o método da fonte interrompida e leituras em bandas de 1/3 de oitava, dos 64Hz aos 10kHz. Os equipamentos utilizados para as medições acústicas foram disponibilizados gentilmente pelo Laboratório de Acústica da ESMAE, sob a orientação do Professor Gustavo Almeida:

Sonómetro NTI XL2 - N.º de série: A2A-15657-E0, FW4.33.

Microfone - NTi Audio M4261, N.º de série: 2264 (ajuste de fábrica);

Fonte Sonora Dodecaédrica Brüel & Kjær;

Gerador de sinal NTi MR Pro.

Caraterísticas gerais dos equipamentos:

Sensibilidade do microfone: 14.6 mV/Pa;

Resolução das medições: 1/3 de oitava;

Largura de banda (Hz): 63 - 10000;

Gama dinâmica: 30 - 130 dB.

Foi realizada também a medição de resposta ao impulso (IR) da igreja, por varrimento de onda, para obtenção de descritores acústicos relevantes do espaço. Esta medição foi realizada com recurso ao

sistema IRIS 3D da *Marshall Day Acoustics*, com um gerador de sinal incorporado no programa, uma fonte sonora Dodecaédrica Brüel & Kjær, e microfone tetraédrico.

A escolha da posição da fonte sonora teve em consideração a proveniência mais provável das fontes sonoras reais na igreja (ver Figura 3 abaixo):

Posição 1, ao centro da Capela Mor;

Posição 2, janela da galeria contígua ao órgão;

Posição 3, caixa do órgão.

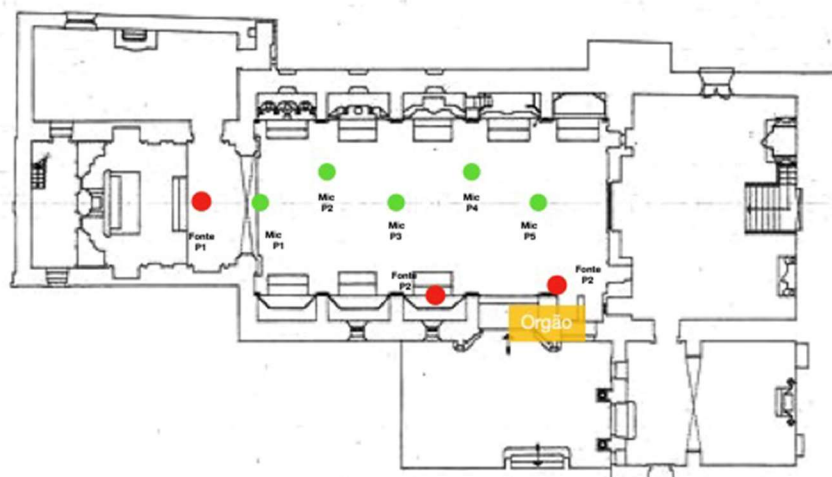


Figura 3 – Planta da Igreja de Santa Clara com a identificação da posição da fonte sonora e aparelho de medição.

Assumindo um plano de simetria da nave da igreja foram realizadas medições na região central e num dos planos. Foram realizados dois ensaios em dias diferentes para determinar as condições acústicas da igreja. O primeiro a 12 de Março de 2021, antes da instalação do órgão. O segundo a 22 de junho de 2021 com a nave da igreja ocupada parcialmente por bancos corridos e com o órgão instalado. Nas duas situações não foi considerada a continuidade espacial do Coro-Alto por se encontrarem fechadas as portadas de madeira que o separam da nave da igreja. Durante a realização dos ensaios estiveram presentes 5 pessoas na igreja. Durante o primeiro ensaio, encontravam-se no interior da nave da igreja algumas peças de altares de pequena volumetria e um andaime de alumínio com 4 secções, montado ao centro da nave. Os valores da humidade relativa e temperatura registados na igreja, foram respetivamente 60% e 20°C. Nas tabelas seguintes estão apresentados os valores de Tempo de Reverberação dos dois ensaios acústicos.

Tabela 5 – Tempo de reverberação da Igreja de Santa Clara (medição 12 março 2021).

Banda (Hz)	Fonte	125	250	500	1 k	2k	4k	8k
RT60 T20 (s)	Posição 1	1,0	1,1	1,5	1,8	1,5	1,3	0,9
	Posição 2	1,0	1,1	1,5	1,6	1,5	1,3	0,9
	Posição 3	1,2	1,2	1,5	1,6	1,5	1,3	0,9

Tabela 6 – Tempo de Reverberação (medição 22 de junho de 2021).

Banda (Hz)	Fonte	125	250	500	1 k	2k	4k	8k
RT60 T20 (s)	Posição 1	1,3	1,2	1,4	1,6	1,4	1,3	1,1
	Posição 2	1,3	1,2	1,6	1,6	1,5	1,3	1,2

Existem diferenças significativas entre a primeira medição a 12 de março e a segunda a 22 de junho para as bandas de frequência de 125 Hz e 8KHz. Para o primeiro caso (125Hz), a diferença ronda os 20% e está provavelmente relacionada com os níveis mais elevados de ruído de fundo nas baixas frequências (p. ex. obras de construção civil no edificado do mosteiro ou do metro, tráfego automóvel, etc.) que impede a medição do decaimento do sinal, tendo em conta a maior dificuldade na reprodução de baixas frequências pela fonte sonora. Para o segundo caso (8KHz), a diferença nos valores obtidos ronda os 18% e pode ser justificada pela ocupação do pavimento com os bancos da igreja o que incrementa a dispersão do sinal nas altas frequências. A comparação dos valores entre as duas medições ficou ligeiramente comprometida porque as condições de medição não são exatamente iguais, tendo em conta a remoção do andaime e das pequenas peças de retábulos em talha barroca do piso da nave, do primeiro ensaio acústico para o segundo. A interferência do órgão no tempo de reverberação da igreja pode ser desprezada, considerando a sua área superficial da fachada comparativamente com a área superficial total da nave, e tendo em conta a existência dos tubos da fachada nas duas condições de medição.

Tabela 7 – Descritores acústicos (medição 12 de março de 2021)

Banda (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Decay Range (dB)	50	67	77	82	83	85	81	73
T20 (s)	1,03	1,12	1,24	1,52	1,63	1,50	1,31	0,90
T30 (s)	1,06	1,07	1,22	1,53	1,63	1,52	1,3	0,90
ETD (s)	1,16	1,02	1,23	1,61	1,73	1,54	1,34	0,94
C80	4	5	2	0	0	1	1	4
D50	0,93	0,63	0,42	0,34	0,35	0,36	0,41	0,57
TS (ms)	105	86	100	122	121	110	94	67
STI Male	0,51							
STI Female	0,51							

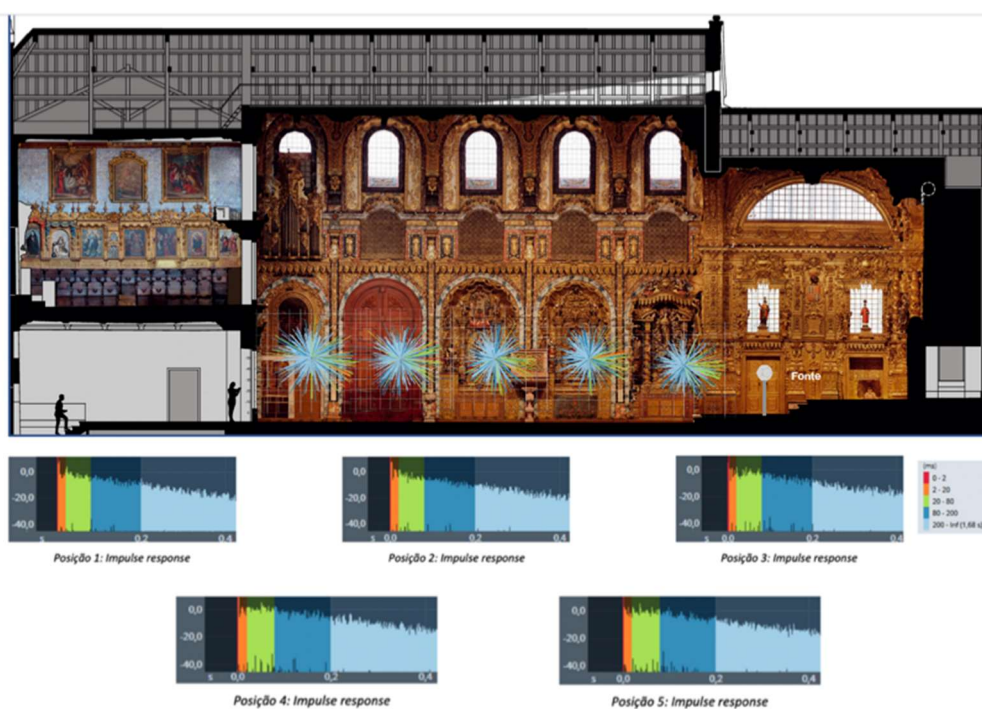


Figura 4 – Corte da nave da Igreja com imagem IRIS 2D.



Figura 5 – Planta da nave da Igreja com imagem IRIS 2D.

As figuras anteriores, 4 e 5, apresentam os resultados gráficos 2D com os vetores de intensidade e tempos de chegada do sinal, inseridos no corte e planta da igreja, para as diferentes posições de medição. Os sinais captados da resposta ao impulso, são apresentados graficamente na forma esférica com a representação dos vetores de intensidade e tempo de chegada do sinal direto e refletido.



Figura 6 – Gráfico das medições do tempo de reverberação em 1/3 de oitava T30.

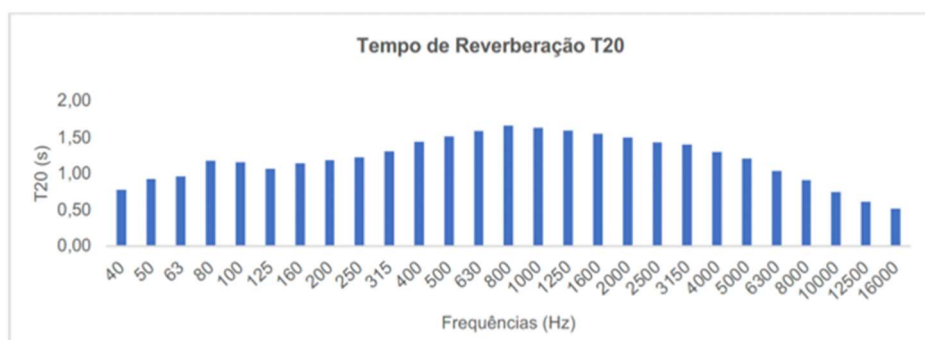


Figura 7 – Gráfico das medições do tempo de reverberação em 1/3 de oitava T20.

A aparente diferença de nível sonoro das várias notas dentro do mesmo registo, durante o processo de intonação do instrumento, pode ficar a dever-se às diferenças do Tempo de Reverberação. Se as diferenças do RT_{60} para as diferentes frequências medidas em 1/3 de oitava forem muito significativas,

pode ter-se a sensação de desequilíbrio de nível sonoro entre as diferentes notas do instrumento. Este problema pode ser corrigido na fonte, reduzindo a intensidade sonora do tubo/tubos em questão. Este procedimento é comum durante o processo de intonação e consiste na redução do fluxo de ar no tubo, reduzindo o diâmetro do pé do tubo. Nos tubos de metal o procedimento consiste na compressão do material do pé do tubo com um cone afinador reduzindo o orifício e no caso dos tubos de madeira colocando tacos de madeira no pé do tubo ou com um regulador de entrada no soquete onde assenta o pé do tubo. Nos tubos de madeira de construção recente é possível incorporar parafusos de regulação. No caso da intonação do órgão da Igreja de Santa Clara não foi necessária essa intervenção. A partir da figura anterior é possível verificar uma ligeira diferença na região dos 80 Hz (aproximadamente Mi1 Flautado de 12) comparativamente com a vizinhança. De acordo com alguns autores a sensibilidade para perceber diferenças nos tempos de reverberação é relativamente boa. Para a gama de frequência compreendida entre os 1Khz e os 3 KHz essa sensibilidade pode detetar diferenças de até 5% nos tempos de reverberação. (L., Muller, & J., 2016)

A existência de uma variabilidade reduzida entre valores dos Tempos de Reverberação, quando comparados com os valores adjacentes, (exceção a 80Hz) ao longo do espectro em frequência, traduz-se num bom equilíbrio tímbrico do espaço.

3 Órgão Ibérico

O Órgão Ibérico genericamente designado por Barroco, poderá ser entendido como uma entidade sonora e funcional distinta de outras e não apenas uma condição estética e geográfica. Apesar de ser na Península Ibérica que se desenvolveu plenamente, pelo trabalho dos construtores da época, e onde se encontra a quase totalidade dos instrumentos existentes, é possível encontrar instrumentos com características idênticas na América do Sul e Ásia, consequência da relação histórica e geopolítica com países desses continentes. Durante os Sec. XVII e XVIII, a organaria na Península Ibérica desenvolveu-se de forma homogénea, pela relativa liberdade de circulação dos construtores em permanente contacto com a obra dos seus pares. A organaria Ibérica é sobretudo fruto do contributo de diferentes escolas de organaria da Europa, que estabeleceram pontes, adaptando-se às circunstâncias e necessidades locais. Algumas das soluções técnicas tomadas, como a ausência da totalidade das notas na primeira oitava, (oitava curta) e a existência de apenas um teclado manual são soluções condicionadas pela economia de recursos, que posteriormente são otimizadas, passando gradualmente a ser a assinatura deste tipo de organaria.

Os construtores que se fixaram em Portugal, provenientes do norte da Europa, influenciaram diretamente, através dos seus trabalhos, a forma de construir e pensar as funcionalidades do instrumento. São a marca dessa “globalização” fora do tempo, a presença de organeiros como Miguel Hensberg, natural de Bruxelas, que viveu no Porto entre 1685 e 1700 e construiu entre outros um órgão para o Mosteiro de Santa Cruz em Coimbra, Johann Heinrich Hullenkampf, discípulo de Arp Schnitger que se estabeleceu em Lisboa no início do Séc. XVIII, e construiu vários exemplares de elevada qualidade estética e técnica, como o órgão da Igreja de São Francisco em Lisboa em 1711, do Convento do Carmo em 1721, e o órgão da Sé de Faro.

Relativamente às técnicas construtivas e características dos instrumentos, os someiros e os teclados construídos na primeira metade do Sec. XVIII dispunham geralmente de oitava curta, a primeira oitava da mão esquerda não possuía os primeiros 4 acidentes (Dó#, Ré#, Fá# e Sol#), poupando desta forma muito material na construção de tubos e reduzindo os custos do instrumento. A extensão dos teclados estava compreendida entre Dó1 e Ré5 e após este período a extensão do teclado é aumentada até Fá5, passando no final do Sec. XVIII a ter a primeira oitava completa e um teclado com 54 notas. Os Órgãos Ibéricos possuem apenas um manual, existindo algumas raras exceções de instrumentos com dois manuais, correspondendo sempre o manual de cima ao grande órgão e o manual de baixo a um expressivo ou caixa de ecos. Esta forma de organização dos teclados, diferente do resto da Europa,

prende-se com questões funcionais da transmissão mecânica das notas. O teclado manual está dividido em duas partes, mão esquerda e mão direita, possuindo registações diferentes para cada uma delas. A mão esquerda está compreendida entre o Dó1 e Dó3 (oitava completa) e a mão direita entre Dó#3 e Fá5. A nomenclatura dos registos vem comumente associado ao comprimento do tubo maior que gera a primeira nota e a unidade de medida utilizada é o palmo. Como exemplo, um tubo de 12 palmos tem correspondência ao de 8 pés. O Órgão Ibérico não possui pedaleira e tem habitualmente os tubos de palheta na fachada em plano horizontal - tubos em chamada.

3.1 Caracterização organológica e restauro do instrumento

O órgão como instrumento de teclas, da família dos aerofones produz som através da passagem do vento pelos tubos. Cada tubo é uma fonte sonora otimizada para produzir apenas uma nota com propriedades tímbricas e intensidade únicas. A sua complexidade mecânica e tímbrica, procura semelhança com uma grande orquestra. Os diferentes registos, são aproximações às texturas sonoras dos instrumentos de orquestra: madeiras e metais (as cordas surgem mais tarde no período Romântico e Neoclássico). Esta variedade é conseguida através da manipulação da forma geométrica dos tubos dos diferentes registos, dos materiais dos quais são construídos, das proporções dos diferentes elementos do corpo ressoador, das medidas da boca, e da forma de produção do som quer seja bisel ou palheta. O órgão em estudo possui um someiro e um teclado de 54 notas, divididas entre Dó1 e Dó3 (oitava completa) para a mão esquerda e Dó#3 e Fá5 para a mão direita. Com esta divisão do teclado os registos são entendidos como meios registos o que permite ao organista poder optar por registações diferentes para a mão esquerda e mão direita.

A adaptação do instrumento ao espaço acústico em termos tímbricos e de pressão sonora, é efetuada na fase de desenho e construção. No processo de restauro a adaptação ao espaço apenas pode ser conseguida com a manipulação da pressão do ar nos foles e no processo de intonação, ajustando a forma de falar dos diferentes tubos de cada registo.

Mão Esquerda Dó1 - Dó3		Mão Direita Dó#3 - Fá5	
8'	Flautado de 12 palmos aberto	Flautado de 12 palmos aberto	8'
4'	Oitava Real	Flauta Travessa	8'
	Clarão 6 vozes	Oitava Real	4'
2 2/3'	Dozena	Pífano	4'
2'	Quinzena	Corneta Real 6 vozes	
	Vintedozena 5 vozes	Quinzena	2'
	Símbala 3 vozes	Vintedozena 6 vozes	
8'	Baixão (ressoador curto)	Símbala 3 vozes	
		Clarim (ressoador longo)	8'

Figura 8 – Composição do órgão da Igreja de Santa Clara

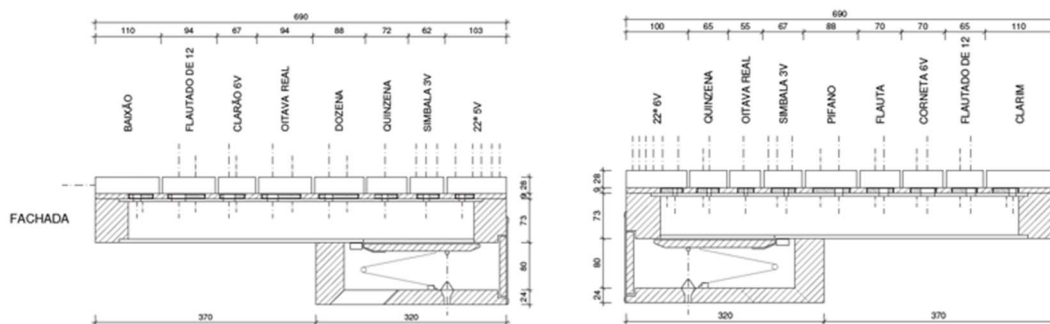


Figura 9 – Distribuição dos registos no someiro, mão esquerda e mão direita

3.2 Caracterização acústica do instrumento

No caso dos órgãos em particular, e dos instrumentos antigos de modo geral, os critérios da escolha da afinação são quase sempre critérios históricos de respeito pela integridade sonora da época de construção do instrumento.

Relativamente ao órgão da Igreja de Santa Clara, uma vez que a tubaria não se encontrava completa, e o órgão apresentava sinais claros de intervenções profundas, sofridas ao longo dos tempos, o critério para definir a afinação foi por comparação ao órgão positivo também designado de realejo que se encontrava no Coro-alto da Igreja de Santa Clara de igual período histórico. Definiu-se a afinação em Lá 415 Hz a 22,2°C.

Flautado de 12 palmos aberto Mão Esquerda								
Nota	Corpo			Boca			Pé	Obs.
	Ø(mm)	Comp. (mm)	Perim. (mm)	Largura. (mm)	Prop ² .	Altura (mm)	Altura (mm)	
Dó1	171,0	2430	537,2	118,0	4,55	24,0	310	Tubo antigo
Sól1	115,5	1750	362,9	88,0	4,12	20,0	310	Tubo antigo
Dó2	88,5	1320	278,0	60,0	4,63	18,0	300	Tubo antigo
Sol2	66,0	830	207,3	44,0	4,71	12,5	270	Tubo antigo
Dó3	52,0	680	163,4	35,5	4,60	10,1	255	Tubo novo

Tubos de liga metálica 57% Estanho (Sn) + 42,75% Chumbo (Pb) + 0,25% Cobre (Cu)

Figura 10 – Medidas da tubaria- flautado de 12 palmos aberto.

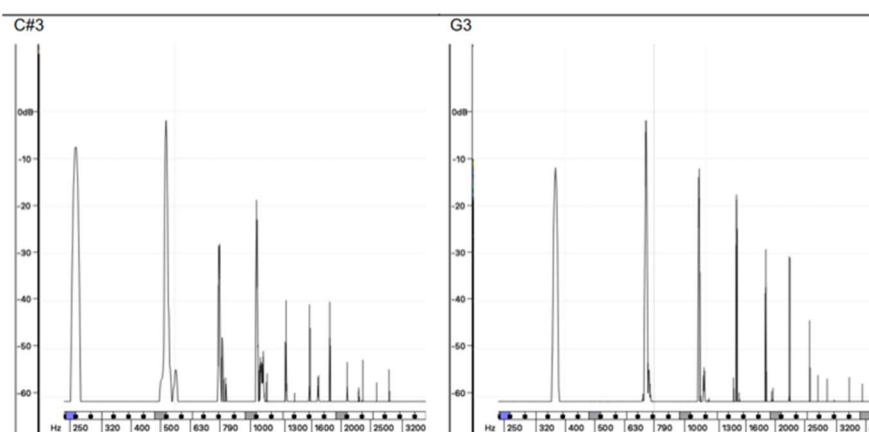


Figura 11 – Espetrograma das notas C#3 e G3 do registo Flautado de 12 da mão direita.

O temperamento escolhido para o instrumento foi o usado na época, apresentado no “Compêndio de Música Theorica e Prática”, da autoria de Frei Domingos de S. José Varella, editado no Porto em 1806.

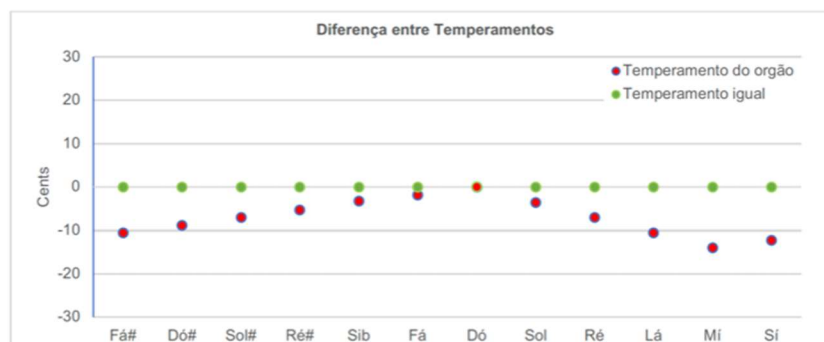


Figura 12 – Diferença de Temperamento em cent

4 Conclusões

A tentativa de abordagem integradora das diferentes temáticas do órgão e do espaço acústico, impediu o aprofundamento de alguns conceitos. A abordagem histórica simplificada à organaria ibérica possibilitou a identificação das características particulares desta. O órgão Ibérico com caráter barroco desenvolveu-se principalmente nos Séc. XVII e XVIII e distingue-se do Europeu por possuir apenas um teclado manual (salvo raras exceções) partido entre mão direita e mão esquerda, dispor os registos de palheta em chamada, na fachada ou frontaria, no plano horizontal e raramente possui registos de pedal. A organaria Ibérica e a portuguesa, especificamente, desenvolveu-se com o contributo de diferentes escolas da organaria europeia, facto evidenciado pela passagem e fixação em Portugal de organeiros como Caetano Oldovino e Hullenkampf, discípulo de Arp Schnitger, que adaptaram os seus conhecimentos às necessidades das igrejas, instrumentistas e compositores locais. O espaço acústico da Igreja de Santa Clara, como caixa de ressonância do órgão, foi caracterizado arquitetonicamente, através da determinação das suas dimensões físicas, e acusticamente pela medição dos parâmetros acústicos objetivos. Os métodos utilizados foram o da fonte interrompida para determinação do RT60 e varrimento de onda, com sistema IRIS 3D, para determinação dos restantes parâmetros acústicos e da resposta impulsiva. As medições foram realizadas em bandas de frequência de 1/3 de oitava, e os valores obtidos para a frequência central de 1000Hz foram os seguintes: Decay Range (83dB); T20 (1,6s); T30 (1,6s); ETD (1,73s); C80 (0); D50 (0,35); TS (121ms) e STI (0,51).

A utilização dos valores de T20 e T30 em bandas de 1/3 de oitava permitiu identificar uma diferença considerável nos Tempos de Reverberação na região dos 80Hz comparativamente com as regiões adjacentes. Esta diferença poderia influenciar a perceção do nível sonoro dos tubos com essa frequência nomeadamente o Mi1 do Flautado de 12 palmos, o que não se confirmou neste caso particular. O valor de RT60 médio obtido nas frequências centrais de 500Hz e 1000Hz foi de 1,5s e 1,6s.

O órgão possui um teclado manual com 17 meios registos e a base do instrumento é um Flautado de 12 palmos. O instrumento está afinado em Lá 415 a 22°C e o temperamento usado foi apresentado por Frei Domingos de São José Varella no seu *Compêndio de Música Theorica e Prática*, publicado no Porto em 1806.

Referências

- [1] Angster, J. &. (2017). Acoustics of Organ Pipes and Future Trends in the Research. Knowledge of the acoustics of organ pipes adopted in applied research for supporting organ builders. *Acoustics Today*.
- [2] Carvalho, A. P. (1995). The Use of The Sabine and Eyring Reverberation Time Equations to Churches. *129th meeting of the Acoustical Society of America*. Washington DC.
- [3] Carvalho, A. P., & Lencastre, M. (2002). Absorção Sonora de Retábulo em Talha Barroca. *Revista Estudos do Património - IPPAR*, 14-18.
- [4] Disley, A. C., & Howard, D. M. (2004). Spectral correlates of timbral semantics relating to the pipe organ. *TMH-QPSR*, 025-040.
- [5] Lopes da Silva, T. E. (2008). Guião da Acústica de Igrejas em Portugal. Porto: Faculdade de Engenharia do Porto.
- [6] Valença, M. (1990). *A Arte Organística em Portugal (c. 1326 - 1750)*. Braga: Editorial Franciscana.
- [7] Neville H. Fletcher, T. D. (1998). *The Physics of Musical Instruments*. New York: Springer.