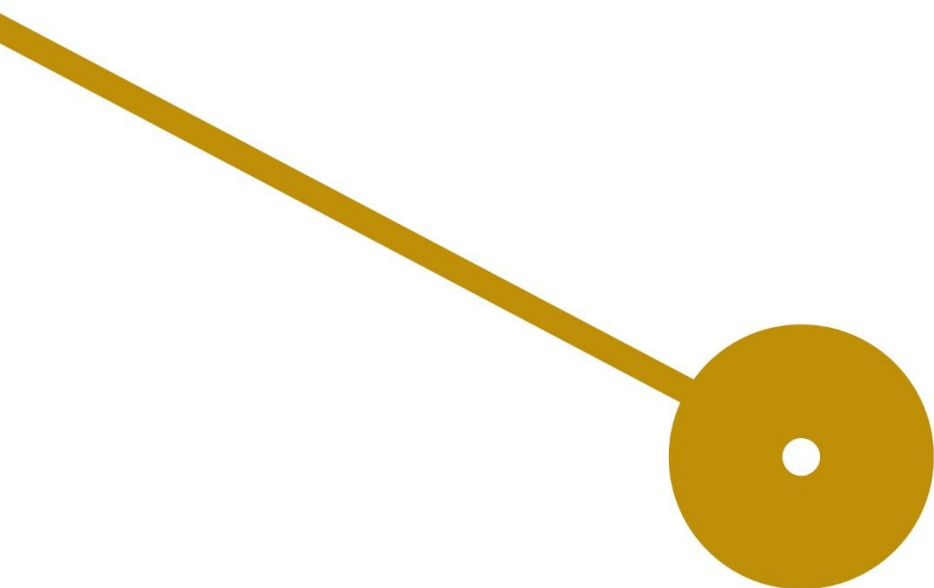




Biblioteca Sonora de Carpintaria: Técnicas de Captação e Documentação Audiovisual

Pedro Miguel Reis Mota

06/2026





Biblioteca Sonora de Carpintaria: Técnicas de Captação e Documentação Audiovisual

Pedro Miguel Reis Mota

Projeto apresentado à Escola Superior de Música e Artes do
Espetáculo como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Artes e Tecnologias do Som

Professor Orientador
Diogo Leichsenring Franco

Agradecimentos

Ao Professor Diogo Leichsenring Franco, pela orientação, disponibilidade e acompanhamento ao longo do desenvolvimento deste projeto.

À minha família, pelo apoio contínuo, pela paciência e pelo incentivo durante todo o percurso acadêmico.

À família da minha namorada Teresa, pelo apoio e pela presença ao longo deste processo.

A todas as pessoas, entre as quais Diogo Lapa e Raquel Nogueira, que contribuíram para a realização das gravações, disponibilizaram ferramentas, equipamentos ou espaços e partilharam conhecimentos relevantes para a concretização deste trabalho.

Resumo

O presente projeto investiga os sons associados às práticas de carpintaria e marcenaria, articulando captação sonora, documentação audiovisual, proteção de microfones e organização de ficheiros destinados a reutilização em contextos de produção audiovisual. A investigação partiu da necessidade de desenvolver uma abordagem adequada ao registo de ferramentas, gestos e materiais em ambiente real de oficina, considerando simultaneamente as condições acústicas do espaço e a presença de poeiras finas suscetíveis de comprometer o equipamento de gravação. A biblioteca sonora resultante reúne 712 ficheiros áudio em formato WAV, exportados a 24 bit e 96 kHz. Cada par ação–ferramenta foi registado através de quatro perspetivas complementares: microfonia de proximidade, configuração *mid-side*, microfone de contacto piezoelétrico e áudio integrado da câmara. Esta estrutura permite representar o detalhe tímbrico da fonte, a relação espacial com a oficina, as vibrações transmitidas pelos materiais e a dimensão documental do processo de captação.

Em paralelo, foram desenvolvidas cápsulas de proteção impressas em 3D e realizados ensaios comparativos com diferentes materiais porosos permeáveis ao ar, incluindo espuma de poliuretano, polipropileno não tecido, filtro HEPA, campo cirúrgico e membranas de ePTFE. Os testes permitiram observar alterações relativas na resposta em frequência introduzidas por cada solução, evidenciando o compromisso necessário entre proteção física e transparência acústica. Entre os materiais analisados, a espuma de poliuretano apresentou a menor interferência tímbrica, enquanto o material de máscara descartável revelou um equilíbrio particularmente relevante entre proteção e preservação da resposta sonora.

A organização dos ficheiros baseou-se no Universal Category System (UCS), complementado por metadados embutidos em Broadcast Wave Format (BWF). A documentação em vídeo associada aos sons torna visíveis ações, as ferramentas, os materiais e o posicionamento dos microfones. O projeto propõe, assim, uma biblioteca sonora contextualizada, orientada para pesquisa, reutilização e análise, aproximando práticas de carpintaria, criação sonora e documentação audiovisual.

Palavras-chave: sons de carpintaria, biblioteca sonora, madeira, captação de som, carpintaria, marcenaria, ePTFE

Abstract

This project investigates the sounds associated with carpentry and joinery practices, combining sound recording, audiovisual documentation, microphone protection, and file organization for reuse in audiovisual production contexts. The research emerged from the need to develop an appropriate approach to recording tools, gestures, and materials in a real workshop environment, while considering both the acoustic conditions of the space and the presence of fine dust capable of compromising recording equipment. The resulting sound library comprises 712 sounds in WAV format, exported at 24-bit and 96 kHz. Each action–tool pair was recorded from four complementary perspectives: close-miking, a Mid-Side configuration, a piezoelectric contact microphone, and the camera’s integrated audio. This structure makes it possible to represent the timbral detail of the source, its spatial relationship with the workshop, the vibrations transmitted through materials, and the documentary dimension of the recording process.

In parallel, 3D-printed protective enclosures were developed and comparative tests were carried out using different air-permeable porous materials, including polyurethane foam, non-woven polypropylene, HEPA filter material, surgical drape material, and ePTFE membranes. The tests made it possible to observe the relative changes in frequency response introduced by each solution, highlighting the necessary compromise between physical protection and acoustic transparency. Among the materials analyzed, polyurethane foam produced the lowest timbral interference, while disposable mask material revealed a particularly relevant balance between protection and preservation of the sound response.

File organization was based on the Universal Category System (UCS), complemented by embedded Broadcast Wave Format (BWF) metadata. The video documentation associated with the sounds makes the actions, tools, materials, and microphone placement visible. The project therefore proposes a contextualized sound library designed for research, reuse, and analysis, bringing together woodworking practices, sound creation, and audiovisual documentation.

Keywords: carpentry sounds, sound library, wood, sound recording, carpentry, joinery, ePTFE

Glossário

Clipping: Distorção que ocorre quando a amplitude de um sinal ultrapassa o limite máximo suportado por uma etapa da cadeia de áudio. No domínio digital, este limite corresponde geralmente a 0 dBFS. Quando é excedido, os picos da forma de onda são truncados, originando componentes harmónicas indesejadas e comprometendo a integridade do registo. O *clipping* pode ocorrer também antes da conversão digital, nomeadamente na cápsula do microfone ou no pré-amplificador.

Headroom: Margem de segurança existente entre o nível máximo atingido por um sinal e o limite máximo suportado pelo sistema de gravação. A preservação de *headroom* permite acomodar transientes inesperados sem provocar saturação ou *clipping*. Esta margem revela-se particularmente importante na captação de ferramentas, cujos níveis sonoros podem variar de forma abrupta durante o contacto com o material.

Normalização: Processo de ajuste da amplitude de um ficheiro de áudio segundo um valor de referência. Existem duas abordagens principais: a normalização de pico, que ajusta proporcionalmente o nível de todo o ficheiro com base no ponto de maior amplitude do sinal, e a normalização de sonoridade (*loudness*), que procura adequar a perceção global de intensidade sonora a um valor de referência. Em ambos os casos, a dinâmica interna do registo é preservada, desde que não seja aplicado processamento adicional, como compressão.

Pré-amplificação: Processo de aumento do nível eléctrico reduzido produzido por um microfone, de modo a torná-lo adequado à conversão e ao registo digital. O pré-amplificador deve elevar o sinal útil sem introduzir ruído ou distorção excessivos. O ajuste do ganho influencia diretamente a relação sinal-ruído (cf. Subcapítulo 2.4.8) e a margem disponível antes da saturação.

Tabela de Siglas e Significados

Siglas	Significado
BBC	British Broadcasting Corporation
BWF	Broadcast Wave Format
CD	Compact Disc
CNC	Computer Numerical Control
DAW	Digital Audio Workstation
DIY	Do It Yourself
dB(A)	Decibéis ponderados A
dBFS	Decibels relative to Full Scale
ePTFE	Expanded Polytetrafluoroethylene
HEPA	High-Efficiency Particulate Air
MS	Mid/Side
ORTF	Office de Radiodiffusion Télévision Française
PCM	Pulse-Code Modulation
PETG	Polyethylene Terephthalate Glycol-modified
PUF	Poeiras Ultrafinas
REW	Room EQ Wizard
SNR	Signal-to-Noise Ratio
TNT	Tecido Não Tecido
TPU-95	Thermoplastic Polyurethane (95)
UCS	Universal Category System
WAV	Waveform Audio File Format

Índice

1. Introdução.....	1
2. Revisão da Literatura.....	5
2.1 Bibliotecas Sonoras Dedicadas a Processos de Carpintaria e Contextos de Oficina.....	5
2.1.1 <i>The Carpenter, Dramatic Cat</i>	5
2.1.2 <i>The Workshop, Stephen Muir</i>	5
2.1.3 <i>Ultimate Wood HD Pro, The Recordist</i>	5
2.1.4 <i>Toolbox, Boom Library</i>	6
2.1.5 <i>Woodwork (DRL), Digital Rain Lab</i>	6
2.1.6 <i>Carpenter's Tools, West Wolf</i>	7
2.1.7 <i>Power Tools (DTA), Double Trouble Audio</i>	7
2.1.8 <i>Carpentry Tools, Sampleso</i>	8
2.2 Plataformas de Repositório Sonoro.....	8
2.3 Proteção de Microfones em Ambientes de Oficina.....	9
2.3.1 Poeiras Ultrafinas (PUF).....	9
2.3.2 Proteção Embutida nos MEMS.....	10
2.3.3 Estruturas de Proteção para Microfones: <i>Windscreens</i> e <i>Blimps</i>	11
2.3.4 Materiais Porosos e Transparência Acústica.....	12
2.4 Fundamentos e Técnicas de Captação Sonora.....	13
2.4.1 Classificação de Microfones segundo o Princípio de Transdução.....	13
2.4.1.1 Microfones Dinâmicos.....	14
2.4.1.2 Microfones de Fita.....	14
2.4.1.3 Microfones Condensadores.....	15
2.4.1.4 Microfones de Contacto.....	15
2.4.2 Classificação segundo o Princípio Acústico: Microfones de Pressão e de Gradiente de Pressão.....	16
2.4.3 Classificação segundo a Resposta Direcional: Padrões Polares.....	17
2.4.4 Microfones de Medição.....	17

2.4.5 Técnicas de Captação Mono e Estéreo	18
2.4.6 Configuração de Captação e Posicionamento dos Microfones.....	19
2.4.7 Nível de Pressão Sonora	19
2.4.8 Relação Sinal-Ruído	20
2.4.9 Modos Próprios de uma Sala.....	20
2.4.10 Frequência de Schroeder.....	21
2.4.11 Campo Direto e Campo Reverberado	21
2.5 Taxonomia e Classificação de sons	21
2.6 Imagem enquanto Documentação do Processo Sonoro.....	25
3. Metodologia	27
3.1 Enquadramento.....	27
3.2 Estrutura Geral do Processo Metodológico	27
3.3 Princípios Base	30
3.4 Elementos Constantes e Elementos Variáveis	30
3.5 Limitações e Contexto de Aplicação.....	30
3.6 Possibilidades de Replicação	31
4. Implementação Técnico-Artística do Projeto	32
4.1 <i>Spotting</i> , Planeamento e Organização Pré-captação	32
4.2 Técnicas de Captação Sonora Utilizadas	34
4.3 Equipamento Técnico de Registo Sonoro e Visual	37
4.4 Proteção dos Diafragmas dos Microfones e Testes de Comparação entre Cápsulas	40
4.5 Processo de Gravação, Edição e Processamento de Áudio	46
4.6 Critérios de Classificação e Organização Sonora.....	51
5. Resultados e Discussão.....	56
5.1 Resultados e Discussão dos Ensaios Comparativos de Materiais Porosos de Proteção.....	56
5.2 Resultados da Biblioteca Sonora e da Documentação Audiovisual	68
5.2.1 Constituição Geral da Biblioteca Sonora	68
5.2.2 Organização dos Ficheiros e Aplicação do UCS	70

5.2.3 Metadados Embutidos e Verificação em Software	71
5.2.4 Documentação Audiovisual dos Processos de Captação.....	72
6. Conclusão e Perspetivas Futuras	75
Referências Bibliográficas	79
Anexos	83
Anexo A - Acesso à Biblioteca Sonora de Carpintaria	83

1. Introdução

A produção de bibliotecas sonoras constitui uma prática recorrente no panorama audiovisual contemporâneo, envolvendo diferentes processos de recolha, seleção e organização de sons capazes de representar eventos, ações ou universos específicos. Esses registos podem resultar do reaproveitamento de som proveniente de documentos audiovisuais ou de captações realizadas de raiz com recurso a microfones, dando origem a catálogos de ficheiros concebidos para escuta, pesquisa e reutilização. Ainda assim, na maioria dos casos, apenas o resultado final é disponibilizado, permanecendo pouco documentados os processos metodológicos que o sustentam, as técnicas de gravação aplicadas, as características acústicas e materiais dos espaços de captação e os critérios de organização dos ficheiros (Castro, 2020; Sepich, 2020; Miró-Charbonnier, 2020).

No âmbito do trabalho da madeira, abrangendo práticas de carpintaria e marcenaria, essa lacuna torna-se ainda mais evidente. A construção de uma biblioteca sonora dedicada a este universo implica o acesso a ferramentas, materiais e espaços oficiais específicos, nem sempre disponíveis aos técnicos de som responsáveis pelo registo. Acresce que a oficina de madeira apresenta condições particulares que colocam exigências adicionais ao processo de captação, desde a presença de poeiras finas até à exposição do equipamento a vibrações, impactos e níveis sonoros elevados. No contexto da classificação ocupacional das partículas em suspensão, estas poeiras podem abranger frações inaláveis até 100 μm , frações torácicas até 15 μm e frações respiráveis até 10 μm , o que evidencia a diversidade dimensional do material particulado presente em ambientes de trabalho com madeira (Silva, 2022). Neste cenário, um dos problemas técnicos centrais prende-se com a vulnerabilidade dos diafragmas dos microfones, que, sem proteção adequada, ficam expostos à infiltração de partículas suscetíveis de comprometer o desempenho e a durabilidade do equipamento. A captação em oficina exige, por isso, não apenas decisões relativas à posição dos microfones ou à escolha das técnicas de gravação, mas também o desenvolvimento de soluções de proteção compatíveis com a preservação da transparência acústica.

A questão central deste projeto surge do cruzamento entre um interesse continuado pela sonoplastia e pela produção sonora, desenvolvido ao longo da Licenciatura em Som e Imagem na Universidade Católica Portuguesa do Porto, e uma prática crescente de trabalho com ferramentas e processos de transformação da madeira. No âmbito da unidade curricular Oficina DIY, surgiu a oportunidade de experimentar diretamente com diferentes máquinas e instrumentos, entre os quais

serras de mesa, serras de esquadria e CNC, tornando mais evidente o potencial sonoro deste universo. A motivação para esta investigação reside, assim, na aproximação entre dois domínios raramente articulados de forma aprofundada: o som e o trabalho da madeira. Parte-se também de uma posição prática sustentada por experiência regular em ambas as áreas, o que permitiu desenvolver o projeto a partir de uma relação direta com os gestos, os materiais, as ferramentas e os problemas concretos de captação em oficina.

Mais do que reunir uma coleção de sons isolados, este projeto procura definir uma abordagem para captar e documentar sonoramente e visualmente o trabalho da madeira em contexto oficial. O objetivo final não reside apenas na gravação de eventos acústicos, mas na construção de um modelo de trabalho que articule captação, documentação, proteção do equipamento, classificação e organização de registos produzidos em ambiente real de oficina. O resultado desse processo materializa-se numa biblioteca sonora com suporte audiovisual, constituída por ficheiros áudio em formato WAV, documentação vídeo associada aos pares ação-ferramenta e ficheiros de análise acústica do espaço, incluindo os registos obtidos no software REW relativos ao perfil acústico da oficina.

A componente visual assume, neste contexto, uma função documental e operacional. Não se limita a acompanhar os sons como complemento ilustrativo, mas permite tornar visíveis os gestos técnicos, a interação entre a ferramenta e o material, o posicionamento dos microfones e as condições espaciais em que cada registo foi produzido. Esta informação revela-se relevante para profissionais de som, uma vez que facilita a interpretação dos ficheiros, permite compreender a origem tímbrica de cada evento e contribui para uma utilização mais informada dos sons em contextos audiovisuais. A documentação em vídeo possibilita ainda a consulta posterior das técnicas de captação adotadas, tornando a biblioteca útil enquanto arquivo sonoro e enquanto recurso metodológico.

Esta contextualização não pretende, contudo, limitar a reutilização criativa dos registos à sua origem material. A eficácia de um som em contexto audiovisual não depende necessariamente da correspondência literal entre o evento registado e a ação que este representa. Em processos de *sound design*, o desconhecimento ou a suspensão temporária da origem de um som pode favorecer associações inesperadas e ampliar as suas possibilidades expressivas. O suporte visual deve, por isso, ser entendido como uma camada complementar de informação, disponível para consulta quando pertinente, sem condicionar a exploração autónoma dos ficheiros sonoros.

Assim, este é um trabalho de investigação aplicada, com uma componente experimental e enquadramento artístico. É aplicada, uma vez que resulta na criação de uma biblioteca sonora estruturada e utilizável em contextos reais. Integra também uma componente exploratória, refletida nos testes de captação e na avaliação de materiais de proteção de microfones. Por último, tem também uma dimensão artística ao abordar o som como um elemento expressivo e documental, ligado à prática da carpintaria e a uma escuta contextualizada.

Relativamente aos seus objetivos principais, este projeto propõe-se a:

- explorar técnicas de captação sonora aplicadas ao desenvolvimento de uma biblioteca sonora em contexto de oficina;
- determinar o material mais adequado para a proteção dos microfones em ambientes com presença de poeiras finas;
- identificar limitações técnicas e operacionais nos sistemas de classificação de sons.

Para esse efeito, definiram-se as seguintes questões orientadoras:

1. Que ferramentas e ações devem ser incorporadas num arquivo sonoro dedicado ao trabalho da madeira?
2. Que técnicas de captação são mais adequadas aos diferentes tipos de som?
3. Que materiais e equipamentos devem ser utilizados no desenvolvimento desta biblioteca sonora?
4. Que critérios de classificação permitem organizar os ficheiros de forma funcional, consistente e útil em contexto audiovisual?

A metodologia estrutura-se em seis eixos principais: o *spotting*, planeamento e organização pré-captação; as técnicas de captação sonora; a seleção do equipamento técnico de registo sonoro e visual; a investigação experimental sobre materiais de proteção dos microfones; os processos de gravação, edição e processamento de áudio; e os critérios de classificação e organização sonora. O trabalho culmina na construção de uma biblioteca sonora com suporte visual, concebida como recurso para o campo

audiovisual e como contributo para a documentação, preservação e valorização sonora das práticas de transformação da madeira. A biblioteca sonora resultante deste projeto encontra-se disponível para consulta e descarregamento no Anexo A.

2. Revisão da Literatura

2.1 Bibliotecas Sonoras Dedicadas a Processos de Carpintaria e Contextos de Oficina

Certas equipas de gravação e produção sonora desenvolvem bibliotecas sonoras comerciais curadas em torno do trabalho com madeira, enquanto outras bibliotecas mais generalistas incluem também registos associados a esse universo, ainda que não se limitem exclusivamente a ele.

2.1.1 *The Carpenter, Dramatic Cat*

A biblioteca sonora mais completa disponível online pertence à equipa *Dramatic Cat*, incluindo uma vasta gama de ferramentas manuais, ferramentas elétricas e ferramentas pneumáticas, explorando os sons provenientes destas em movimento ou em repouso, reunindo uma multiplicidade de zumbidos e impactos. Em termos de equipamento, usaram dois gravadores, Sound Devices MixPre-6 II, Tascam DR-40, e os microfones Sennheiser MKH416, MKH8040, MKH30, RØDE NTG5 e LOM Usi Pro. Compreende 288 ficheiros que resultam em 1483 sons úteis. Não demonstram visualmente as técnicas efetuadas durante o desenvolvimento do projeto, e existem algumas ferramentas que são comercializadas que não constam na biblioteca, como uma plaina industrial, um torno mecânico, uma mesa de tupia, uma serra de fita de bancada, entre outras (Dramatic Cat, 2024).

2.1.2 *The Workshop, Stephen Muir*

A biblioteca *The Workshop*, da equipa *Dreaming Monkey*, dividida em dois volumes, é muito específica e completa, tanto para serras de mesa como para ferramentas elétricas. Para microfones a curta distância usaram-se os Sennheiser MKH816T, Shure SM58 e AKG D112 e à distância o kit Sennheiser MKH416T/MKH30 (Sonniss, s.d.).

2.1.3 *Ultimate Wood HD Pro, The Recordist*

Desenvolvida a partir de 2007, a *Ultimate Wood HD Professional Sound Effects Library* consiste numa coleção alargada de efeitos sonoros associados à madeira, reunindo registos de árvores, troncos, estruturas e objetos de diferentes escalas e contextos. A biblioteca resulta de sessões de gravação realizadas em ambientes

naturais e construídos, incluindo florestas e espaços de foley, explorando ações como impacto, fratura, fricção e deslocamento de materiais lenhosos. Os autores identificam explicitamente o equipamento utilizado, recorrendo a diferentes sistemas de gravação portáteis, como o Sound Devices 702, Fostex FR-2, Sony PCM-D1 e Sony D-50 e a um conjunto diversificado de microfones, entre os quais Sanken CSS-5, Sennheiser MKH-416 e Audio-Technica AT-835ST. O processo foi parcialmente documentado através de registos em vídeo, nos quais são visíveis as ações realizadas e a colocação dos microfones durante as sessões de captação. Embora a biblioteca seja apresentada como contendo cerca de 500 sons, o material organiza-se a partir de 85 ficheiros base, segmentados e distribuídos como múltiplos eventos sonoros derivados (The Recordist, 2007).

2.1.4 *Toolbox, Boom Library*

A biblioteca *Toolbox*, desenvolvida pela *Boom Library*, reúne um conjunto alargado de sons associados a ferramentas manuais e a ações de manipulação, incluindo impactos, fricções, movimentos e cortes, incidindo sobre diversos materiais, entre os quais a madeira. O pack integra mais de 250 ficheiros, abrangendo ferramentas como martelos, chaves de roquete e chaves de fendas, bem como gestos e movimentos associados ao seu manuseamento. As gravações exploram tanto o uso funcional das ferramentas como ações levadas a limites físicos, com o objetivo de obter sons secos e isolados, adequados à integração em contextos de produção audiovisual. A biblioteca encontra-se em conformidade com a norma UCS (ver subcapítulo 2.5) e apresenta metadados incorporados, facilitando a organização e a utilização dos ficheiros em ambientes profissionais (Boom Library, s.d.).

2.1.5 *Woodwork (DRL), Digital Rain Lab*

A coleção *Woodwork (DRL)*, desenvolvida pela *Digital Rain Lab* e disponibilizada através da plataforma *A Sound Effect*, insere-se no mesmo conjunto de bibliotecas comerciais orientadas para sons de ferramentas e materiais associados ao trabalho em madeira. Embora a informação pública permita situar esta biblioteca no domínio dos efeitos sonoros dedicados à madeira, os dados apresentados são reduzidos no que respeita às condições concretas de produção. Não são explicitados abertamente, por exemplo, os microfones utilizados, a configuração de captação, a natureza acústica do espaço, nem a relação entre ações, ferramentas e materiais registados (Digital Rain Lab, s.d.).

2.1.6 *Carpenter's Tools, West Wolf*

A biblioteca *Carpenter's Tools*, da *West Wolf*, apresenta uma aproximação direta ao contexto da carpintaria, organizando 49 ficheiros WAV em torno de ferramentas e máquinas de oficina. A lista de conteúdos indica registos em 24 *bit*, 192 kHz, dois canais, captados em configuração XY com um par de *Neumann KM184*. Entre as fontes registadas encontram-se serras circulares, plainas, lixadoras de cinta, berbequins manuais e sem fios, serra de fita, tico-tico, fresadora, serrote, lima e lixa manual. As descrições dos ficheiros recorrem sobretudo a uma lógica funcional, identificando a ferramenta, a ação e, em vários casos, o contacto com madeira, como arranques, paragens, funcionamento contínuo e trabalho sobre peça. Esta biblioteca é, por isso, particularmente útil enquanto referência comparativa, dado que articula um conjunto variado de ferramentas com uma técnica estéreo definida e um nível técnico elevado de gravação. Ainda assim, a documentação consultada permanece centrada na enumeração dos ficheiros e das ações, sem desenvolver uma reflexão sobre o espaço de captação, a relação entre diferentes perspetivas microfónicas ou a componente visual do processo (*West Wolf*, s.d.).

2.1.7 *Power Tools (DTA), Double Trouble Audio*

A biblioteca *Power Tools (DTA)*, da *Double Trouble Audio*, incide sobre ferramentas elétricas e pequenos motores, reunindo sons de equipamentos como rebarbadoras, lixadoras, serras circulares, ferramentas rotativas multifunções, pistolas de ar quente, tico-ticos e outros dispositivos rotativos. A lista de conteúdos indica que muitos ficheiros foram gravados em estéreo com dois microfones cardioides de pequeno diafragma, surgindo também alguns registos em mono com microfone dinâmico, como no caso da pistola de ar quente. A organização dos ficheiros privilegia variações de comportamento mecânico, como arranques curtos e longos, paragens, funcionamento sustentado, mudanças de velocidade, rotações e movimentos de aproximação ou afastamento. Esta abordagem torna a biblioteca relevante para o presente projeto, sobretudo pela atenção dada aos estados transitórios e contínuos das ferramentas elétricas, aspetos fundamentais na caracterização sonora de máquinas usadas em oficina (*Double Trouble Audio*, s.d.).

2.1.8 *Carpentry Tools, Sampleso*

A biblioteca *Carpentry Tools*, da *Sampleso*, apresenta-se como uma coleção de sons produzidos numa oficina de carpintaria real. Descreve-se como uma coleção de sons de oficina, incluindo martelos e impactos, e indica que os ficheiros são disponibilizados em formato *WAV*, a 44,1 kHz e 24 *bit*, com compatibilidade com *Kontakt 5.0* ou superior. A sua relevância prende-se com a proximidade a gestos elementares da prática oficial, sobretudo ações percussivas e ocorrências sonoras associadas ao contacto direto com materiais e ferramentas. Todavia, apesar dessa proximidade contextual, a informação técnica apresentada é limitada (*Sampleso*, s.d.).

Apesar da existência de bibliotecas dedicadas ou generalistas que incluem sons de madeira e do facto de algumas indicarem os modelos de equipamento que utilizaram, observa-se uma ausência recorrente de informação sobre o processo de captação, as condições espaciais ou as decisões metodológicas subjacentes aos registos, evidenciando uma lacuna que este projeto procura explorar. Não é, contudo, possível estabelecer uma hierarquia absoluta entre estas bibliotecas, uma vez que respondem a objetivos e critérios distintos.

2.2 Plataformas de Repositório Sonoro

No panorama contemporâneo da disponibilização de conteúdos sonoros online, coexistem diferentes modelos de acesso que refletem lógicas distintas de produção, curadoria e circulação do som. De forma geral, é possível distinguir entre repositórios de acesso aberto e plataformas de acesso condicionado, cujas diferenças não se limitam ao regime de utilização, mas se estendem também à natureza dos conteúdos disponibilizados e ao modo como estes são contextualizados.

Os repositórios de acesso aberto assentam, em grande medida, em modelos colaborativos ou institucionais, reunindo contributos provenientes de uma multiplicidade de autores e contextos. Plataformas como o *Freesound* ou o *Internet Archive* disponibilizam vastos conjuntos de registos sonoros sob diferentes regimes de licenciamento, privilegiando a diversidade e a acessibilidade. Contudo, esta abertura traduz-se frequentemente numa heterogeneidade acentuada ao nível da qualidade técnica, da classificação dos ficheiros e da escassa documentação dos processos de captação, dos gestos envolvidos ou das condições materiais em que os sons foram produzidos.

Em oposição, as plataformas de acesso condicionado operam segundo modelos comerciais baseados em subscrição ou licenciamento, como é o caso da *Artlist*. Nestes contextos, os conteúdos são sujeitos a processos de curadoria mais rigorosos, garantindo padrões técnicos consistentes e uma organização orientada para a utilização imediata em contextos audiovisuais profissionais. Ainda assim, esta normalização raramente é acompanhada por uma explicitação dos processos, das técnicas de gravação ou da relação entre gesto, ferramenta e material, privilegiando o resultado final em detrimento do percurso que lhe dá origem. A distinção entre estes dois modelos evidencia não apenas diferentes regimes de acesso, mas também diferentes concepções do som enquanto recurso: ora entendido como material aberto e reutilizável, ora como produto finalizado e pronto a integrar fluxos de produção, permanecendo em ambos os casos uma limitada atenção à documentação aprofundada dos processos de captação sonora.

2.3 Proteção de Microfones em Ambientes de Oficina

2.3.1 Poeiras Ultrafinas (PUF)

A produção de micro-poeiras durante o processamento mecânico da madeira tem sido estudada sobretudo em operações abrasivas, como a lixagem, por constituir um dos momentos de maior libertação de partículas finas para o ar. Vários autores demonstram que este tipo de trabalho não gera apenas poeiras visíveis ou frações granulométricas mais espessas, mas também partículas de dimensão muito reduzida. Num estudo sobre lixagem de carvalho com lixadora orbital manual, Dado et al. (2022) analisaram partículas numa gama entre 10 nm e 10 µm, mostrando que este processo pode gerar simultaneamente partículas ultrafinas e micropartículas, com picos aparentes de concentração em torno de 15 nm e em torno de 0,1 a 1 µm. Os autores verificaram ainda que a granulometria da lixa influencia a concentração gerada, tendo a lixa mais fina, P240, produzido maior concentração média de partículas ultrafinas. Para além da granulometria da lixa, a própria espécie da madeira influencia a dimensão dos grãos produzidos. Pędzik et al. (2020) analisaram nove espécies e concluíram que com recurso a lixa P180 se originam, em média, partículas mais finas do que a lixagem com P60, ao mesmo tempo que demonstraram diferenças significativas entre espécies de madeira dura e de madeira macia. No conjunto analisado, madeiras como o carvalho, a faia, o freixo, a nogueira e o carpino revelaram partículas de menor dimensão média e proporções relevantes de frações finas, incluindo partículas inferiores a 10 µm, enquanto espécies como pinho, abeto e amieiro tenderam a gerar partículas mais grossas.

Num estudo posterior centrado especificamente em madeiras duras, Pędzik et al. (2021) aprofundaram esta questão ao analisar seis espécies de madeira com maior densidade e ao quantificar a presença de partículas $<10\ \mu\text{m}$ e $<2,5\ \mu\text{m}$ no pó produzido por lixagem. Os autores observaram que o carvalho apresentou um conteúdo particularmente elevado de partículas inferiores a $10\ \mu\text{m}$, enquanto a faia evidenciou maior conteúdo relativo de partículas $<2,5\ \mu\text{m}$, sublinhando que diferentes espécies podem representar riscos distintos dentro do mesmo universo de madeiras duras. O estudo conclui que a exposição ao pó resultante da lixagem mecânica destas madeiras deve ser considerada um risco ocupacional sério, salientando ainda a importância metodológica de combinar diferentes técnicas de medição, como a peneiração e a difração laser, para caracterizar de forma mais rigorosa as frações finas do pó.

No seu conjunto, estes estudos permitem sustentar que a lixagem da madeira produz partículas com grande variabilidade dimensional, desde frações micrométricas até partículas ultrafinas na escala dos nanómetros, e que essa distribuição depende quer da granulometria do abrasivo, quer da espécie de madeira processada. Para além da sua relevância em termos de saúde ocupacional, esta informação é também pertinente para projetos de captação sonora em oficina, na medida em que confirma a presença de partículas microscópicas suscetíveis de permanecer em suspensão no ar e de entrarem em contacto com superfícies e mecanismos sensíveis do equipamento. Neste sentido, o problema da poeira fina não deve ser entendido apenas como uma questão ambiental ou laboratorial, mas também como uma condição material concreta que interfere com a durabilidade e a fiabilidade dos dispositivos de registo.

2.3.2 Proteção Embutida nos MEMS

Nos microfones MEMS (*Micro-Electro-Mechanical Systems*), a proteção contra poeiras faz parte do próprio desenho do dispositivo. A miniaturização destes microfones aumenta a vulnerabilidade à entrada de pó, com efeitos na estrutura mecânica e no desempenho acústico. Zhang et al. (2024) indicam que a investigação sobre malhas de proteção para MEMS tem privilegiado a capacidade de bloquear partículas, deixando em segundo plano o impacto dessas malhas na transmissão sonora e na impedância acústica. O estudo de Zhang procura responder a essa lacuna através de simulação por elementos finitos aplicada a diferentes configurações de malhas protetoras. Apresenta-se o e-PTFE como um material adequado para este tipo de proteção, devido à sua permeabilidade acústica, durabilidade e resistência à água. O artigo mostra que o desempenho acústico da malha depende de vários parâmetros: raio das perfurações,

taxa de perfuração, número de perfurações, distribuição geométrica e densidade da membrana. Estes fatores alteram diretamente a impedância acústica e a perda de transmissão sonora, o que confirma que a proteção embutida interfere no comportamento do microfone. Os resultados mostram que, mantendo constante a taxa de perfuração, o aumento do raio das perfurações reduz a impedância acústica e a perda de transmissão sonora. O aumento do número de perfurações produz a mesma tendência. A distribuição retangular das perfurações revelou melhor desempenho acústico do que a distribuição circular. O artigo refere ainda que a redução excessiva da espessura da malha pode melhorar a transmissão sonora, mas compromete a estabilidade estrutural, aumentando o risco de deformação e perda de eficácia ao longo do tempo. Este estudo é relevante porque demonstra um princípio claro: qualquer sistema de proteção contra poeiras introduz consequências acústicas mensuráveis. No caso dos MEMS, essas consequências são tratadas ao nível do próprio desenho do transdutor. Esse enquadramento ajuda a sustentar a necessidade de avaliar, também em contexto de oficina, a relação entre filtragem, durabilidade e transparência acústica na proteção dos microfones usados na captação.

No presente trabalho, o problema coloca-se num contexto distinto, dado que a proteção incide sobre um microfone de escala convencional utilizado em ambiente de oficina.

2.3.3 Estruturas de Proteção para Microfones: *Windscreens* e *Blimps*

A utilização de microfones em ambientes exteriores ou em contextos materialmente exigentes requer frequentemente a aplicação de acessórios destinados a reduzir a influência de fatores externos sobre a captação. Entre as soluções mais comuns encontram-se os *windscreens*, normalmente constituídos por espumas permeáveis ao ar ou até por pelo sintético comprimido, e os sistemas envolventes do tipo *blimp*, concebidos sobretudo para diminuir o ruído provocado pela incidência do vento e limitar a transmissão de vibrações mecânicas resultantes do manuseamento do equipamento. Os *windscreens* de encaixe direto constituem uma solução simples e amplamente difundida. A sua função consiste em criar uma barreira permeável em torno da cápsula, reduzindo o impacto direto das turbulências sobre o diafragma sem impedir a passagem da energia sonora. A Rycote apresenta o *Classic-Softie* como um sistema composto por espuma de célula aberta e uma cobertura exterior integrada em pelo sintético. Esta combinação procura dissipar progressivamente o fluxo de ar antes de

este atingir o microfone, oferecendo simultaneamente uma solução leve, robusta e adequada a contextos de captação em exteriores (Rycote, s.d.).

Os sistemas do tipo *blimp* acrescentam uma estrutura envolvente rígida ou semirrígida, criando uma cavidade de ar em torno do microfone. Um exemplo amplamente comercializado é o RØDE Blimp, concebido para microfones *shotgun*. Este sistema integra uma armação exterior, uma suspensão interna Rycote Lyre destinada a limitar a transmissão de ruído de manuseamento e uma cobertura adicional em pelo sintético, designada *Dead Wombat*. O microfone permanece suspenso no interior da estrutura, sem contacto direto com a superfície exterior, permitindo reduzir a incidência das turbulências e das vibrações mecânicas sobre a cápsula (RØDE Microphones, s.d.).

A impressão 3D tem facilitado o desenvolvimento de soluções personalizadas desta natureza. Num projeto publicado no fórum JWSOUNDGROUP, Hampe (2019) apresenta um *blimp* impresso em 3D para um par de microfones Oktava MK-012 utilizado em gravações estéreo A/B e ORTF. O autor modelou a estrutura em função das dimensões específicas do microfone e procurou limitar a quantidade de material colocada junto da cápsula, reconhecendo que a presença de elementos rígidos nessa zona poderia interferir com o comportamento acústico do sistema. A solução adotada incluiu um mecanismo traseiro de abertura e rosca, permitindo inserir e remover o microfone sem aumentar excessivamente a massa estrutural próxima do transdutor. Existem também modelos disponibilizados em plataformas de partilha de ficheiros para impressão 3D.

2.3.4 Materiais Porosos e Transparência Acústica

Os materiais porosos apresentam uma estrutura sólida atravessada por vazios, canais ou fibras interligadas, permitindo a circulação parcial do ar. Quando uma onda sonora incide sobre este tipo de material, a sua propagação pode ser alterada por mecanismos de dissipação associados ao atrito viscoso e às trocas térmicas que ocorrem no interior dos poros. A resposta acústica resultante não depende exclusivamente da espessura da membrana ou da dimensão nominal das aberturas, sendo condicionada também pela porosidade, pela conectividade interna, pela densidade, pela rigidez e pela resistência ao fluxo de ar (Horoshenkov, 2017).

A tortuosidade constitui igualmente um parâmetro relevante. Este termo descreve o grau de complexidade dos percursos atravessados pelo ar no interior do material. Duas membranas com valores de porosidade aparentemente próximos podem apresentar comportamentos acústicos distintos, caso uma delas possua trajetos

internos mais sinuosos ou uma estrutura fibrosa mais densa. Salissou e Panneton (2006) identificam, entre os principais parâmetros de caracterização dos materiais porosos, a porosidade aberta, a resistência estática ao fluxo de ar, a tortuosidade e os comprimentos característicos associados aos efeitos viscosos e térmicos.

No contexto da proteção de microfones, importa distinguir absorção sonora e transparência acústica. O coeficiente de absorção descreve a proporção de energia sonora absorvida por um material relativamente à energia incidente. Este parâmetro é frequentemente utilizado na caracterização de soluções destinadas ao tratamento acústico de espaços. Uma membrana aplicada sobre um microfone responde a uma finalidade diferente. Deve limitar a passagem de partículas sem alterar significativamente a propagação do som até ao diafragma. A transparência acústica corresponde, neste caso, à capacidade de preservar a resposta do microfone com uma interferência tão reduzida quanto possível.

2.4 Fundamentos e Técnicas de Captação Sonora

A captação sonora constitui um processo de mediação entre um acontecimento acústico e a sua representação técnica. O resultado obtido não depende exclusivamente das características da fonte sonora, mas também do transdutor selecionado, da sua diretividade, da distância de captação, da resposta acústica do espaço e das decisões relativas ao nível de gravação. Estes fatores tornam-se particularmente relevantes num projeto dedicado à documentação sonora de processos de carpintaria, uma vez que as ferramentas registadas apresentam comportamentos acústicos muito distintos: impactos breves, fricções irregulares, ressonâncias estruturais, motores em regime contínuo e variações rápidas de intensidade.

2.4.1 Classificação de Microfones segundo o Princípio de Transdução

Um microfone é um transdutor que converte essencialmente energia acústica num sinal elétrico. Quando uma fonte sonora vibra, provoca pequenas variações na pressão atmosférica do ar envolvente. Ao incidirem sobre o diafragma do microfone, essas variações são transformadas numa tensão elétrica correspondente, passível de registo e processamento posterior. Embora partilhem este princípio geral, os microfones apresentam diferentes mecanismos de transdução e comportamentos distintos, pelo que a sua seleção deve considerar as características da fonte sonora e o contexto específico de captação (Huber, 1988).

2.4.1.1 Microfones Dinâmicos

Os microfones dinâmicos funcionam segundo um princípio eletromagnético, no qual o movimento do diafragma provoca a deslocação de uma bobina no interior de um campo magnético, gerando uma tensão elétrica correspondente às variações de pressão sonora. Este tipo de microfone distingue-se pela sua robustez física, pela capacidade de suportar níveis elevados de pressão sonora e pela ausência de necessidade de alimentação elétrica externa, o que o torna particularmente adequado a contextos de captação exigentes, fontes sonoras intensas e situações de uso prolongado ou menos controlado.

Em comparação com microfones condensadores (cf. subcapítulo 2.4.1.3), os microfones dinâmicos tendem a apresentar menor sensibilidade e uma resposta menos detalhada nas frequências altas e nos transientes rápidos. Esta característica pode limitar a reprodução de sutilezas tímbricas, mas também contribui para uma captação mais controlada em ambientes ruidosos ou com fontes de elevada intensidade. Por esta razão, são frequentemente utilizados em contextos de som ao vivo, amplificação de instrumentos, captação de percussão, amplificadores e fontes mecânicas de grande pressão sonora (Huber, 1988).

2.4.1.2 Microfones de Fita

Os microfones de fita constituem uma variante específica dos microfones dinâmicos, recorrendo a uma fita metálica muito fina suspensa no interior de um campo magnético. A própria fita funciona simultaneamente como diafragma e elemento condutor, vibrando em resposta às variações de pressão sonora e gerando o sinal elétrico correspondente. Devido à sua construção, estes microfones apresentam geralmente um padrão polar bidirecional, ou figura de oito, uma vez que a fita é sensível à pressão exercida nas suas duas faces.

A resposta sonora dos microfones de fita é frequentemente associada a uma reprodução suave das frequências altas e a uma captação natural de fontes acústicas, podendo revelar-se útil quando se pretende evitar uma representação demasiado agressiva ou brilhante do som. No entanto, a sua estrutura é mais delicada do que a dos microfones dinâmicos de bobina móvel, exigindo maior cuidado no manuseamento e na exposição a deslocções bruscas de ar, impactos ou níveis de pressão sonora excessivos. Assim, apesar do seu interesse tímbrico, a sua utilização em ambientes oficiais ou materialmente exigentes requer precauções adicionais (Eargle, 2005).

2.4.1.3 Microfones Condensadores

Os microfones de condensador distinguem-se pela presença de um sistema capacitivo, constituído por um diafragma condutor e uma placa fixa, capaz de transformar as variações de pressão sonora em sinal elétrico. Requerem alimentação elétrica, normalmente fornecida por *Phantom Power*, sendo a variante de 48V a mais comum. Em comparação com microfones dinâmicos, apresentam maior sensibilidade e maior precisão na reprodução do espectro audível, o que lhes permite registar subtilidades tímbricas, transientes e nuances espaciais.

Por serem muito recetivos, podem captar ruído ambiente, reflexões e sons exteriores à fonte principal. São também dispositivos fisicamente mais delicados, podendo sofrer danos com quedas ou impactos (Eargle, 2005).

2.4.1.4 Microfones de Contacto

Os microfones de contacto captam o som através da ligação direta a uma superfície vibrante, em vez de receberem as variações de pressão sonora propagadas pelo ar. São frequentemente fixados ao corpo ressonante de instrumentos ou materiais, convertendo as suas vibrações mecânicas em sinal elétrico. Entre os exemplos mais comuns encontram-se os transdutores piezoelétricos, utilizados, por exemplo, em guitarras eletroacústicas (ver figura 1).

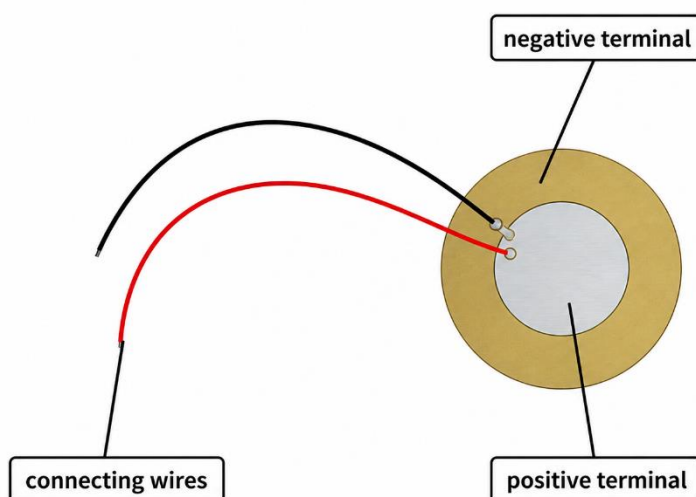


Fig. 1 - Disco Piezoelétrico com Identificação dos Terminais e Fios de Ligação.

A sua principal vantagem é permitir a captação de vibrações internas ou estruturais da fonte sonora, sendo úteis em situações de elevado risco de *feedback*, em contextos acústicos difíceis ou em práticas experimentais de *sound design* e música eletroacústica. No entanto, apresentam geralmente uma resposta em frequência mais limitada e tendem a alterar o timbre da fonte. O resultado sonoro depende fortemente do ponto de fixação e da forma como o microfone é colocado sobre o material (Huber, 1988).

2.4.2 Classificação segundo o Princípio Acústico: Microfones de Pressão e de Gradiente de Pressão

Para além do princípio de transdução, os microfones podem ser distinguidos pelo modo como o diafragma responde ao campo sonoro. Nos microfones de pressão, apenas uma das faces do diafragma se encontra exposta diretamente às variações acústicas. A deslocação do diafragma resulta da diferença entre a pressão sonora exterior e a pressão interna de referência. Como o sistema responde essencialmente ao valor local da pressão, estes microfones apresentam um comportamento tendencialmente omnidirecional, captando sons provenientes de diferentes direções com uma sensibilidade relativamente uniforme.

Nos microfones de gradiente de pressão, ambas as faces do diafragma são expostas ao som através de percursos acústicos distintos. O seu movimento depende da diferença de pressão existente entre a zona frontal e a zona posterior do transdutor. Esta diferença varia consoante o ângulo de incidência da onda sonora. Quando o som atinge lateralmente o microfone, os percursos até às duas faces do diafragma aproximam-se, reduzindo a diferença de pressão e, conseqüentemente, o nível do sinal produzido.

Um microfone baseado exclusivamente no princípio de gradiente de pressão apresenta geralmente um padrão polar bidirecional, também designado figura de oito. A combinação entre componentes de pressão e de gradiente permite obter outros padrões direcionais, entre os quais o cardioide. A distinção entre estes princípios assume relevância prática, uma vez que condiciona a relação entre a fonte sonora, o espaço envolvente e os sons provenientes de direções indesejadas. Interfere também com o desenho de estruturas protetoras, que devem preservar a circulação acústica necessária ao funcionamento original da cápsula (Huber, 1988).

2.4.3 Classificação segundo a Resposta Direcional: Padrões Polares

O padrão polar descreve a variação da sensibilidade de um microfone em função do ângulo de incidência do som. A sua representação gráfica permite compreender de que modo o transdutor responde a fontes posicionadas à frente, nas laterais ou na retaguarda.

Os microfones omnidirecionais apresentam uma resposta relativamente uniforme em diferentes direções. Este comportamento resulta do princípio de pressão, embora a uniformidade possa diminuir nas frequências mais elevadas, quando o comprimento de onda se aproxima das dimensões físicas do próprio microfone. Os microfones cardioides privilegiam a incidência frontal e reduzem a captação proveniente da retaguarda, oferecendo maior separação entre a fonte principal e o ambiente envolvente. O padrão bidirecional, ou figura de oito, apresenta maior sensibilidade nas zonas frontal e posterior e uma rejeição acentuada nas laterais.

Existem ainda microfones com padrões mais direcionais, como os supercardioides e hipercardioides, cuja zona frontal de captação é mais estreita. Os microfones *shotgun* recorrem adicionalmente a um tubo de interferência, concebido para aumentar a rejeição dos sons provenientes de ângulos laterais. A escolha do padrão polar deve considerar a posição da fonte, a mobilidade do gesto, o ruído ambiente e a presença de superfícies refletoras.

O padrão polar não deve ser confundido com a polaridade elétrica. A polaridade elétrica corresponde à orientação positiva ou negativa do sinal transmitido pela cadeia de áudio. Quando dois sinais semelhantes apresentam polaridades opostas e são combinados, podem ocorrer cancelamentos. A inversão de polaridade constitui também uma operação necessária em determinadas técnicas estéreo, como a descodificação do sistema *mid-side* (Huber, 1988).

2.4.4 Microfones de Medição

Os microfones de medição do tipo capacitivo são particularmente adequados à análise acústica devido à sua estabilidade, à resposta relativamente plana numa gama alargada de frequências, ao baixo ruído interno e à reduzida interferência no campo sonoro. O seu funcionamento baseia-se num sistema constituído por um diafragma metálico móvel e uma placa rígida, que formam os elétrodos de um condensador. As variações de pressão sonora provocam deslocações do diafragma e, conseqüentemente, alterações da capacitância, posteriormente convertidas em variações de tensão elétrica. Estas características justificam a utilização deste tipo de

microfone em medições comparativas de resposta em frequência, desde que sejam consideradas as limitações específicas do equipamento e as condições do campo sonoro em que os ensaios são realizados (Milhomem e Soares, 2021).

2.4.5 Técnicas de Captação Mono e Estéreo

A captação mono corresponde ao registo de uma fonte sonora através de um único canal. Esta abordagem permite obter uma representação concentrada no acontecimento acústico, facilitando a edição, o tratamento e a posterior integração do som em diferentes contextos audiovisuais. A captação estéreo acrescenta informação espacial através da articulação entre dois canais, procurando representar diferenças de intensidade e de tempo que contribuem para a perceção da direção, da largura e da profundidade.

As técnicas estéreo podem ser organizadas em configurações espaçadas, coincidentes e quase coincidentes. Nas configurações espaçadas, os microfones são colocados a uma determinada distância entre si. A imagem estéreo resulta sobretudo das diferenças temporais entre os sinais captados. Esta separação pode produzir uma espacialidade ampla, embora aumente a probabilidade de interferências quando os canais são combinados ou reproduzidos em mono.

Nas configurações coincidentes, as cápsulas são colocadas tão próximas quanto possível. Como as diferenças temporais entre os dois canais são reduzidas, a imagem estéreo depende principalmente das diferenças de intensidade. O sistema X/Y constitui um dos exemplos mais comuns: dois microfones direcionais são montados com as cápsulas próximas e orientados segundo ângulos distintos. As configurações quase coincidentes, como ORTF, introduzem uma separação moderada entre os microfones e combinam diferenças temporais e diferenças de intensidade.

A técnica *Mid-Side*, ou M/S, recorre habitualmente a um microfone orientado para a fonte, designado *Mid*, e a um microfone bidirecional colocado lateralmente, designado *Side*. O sinal *Mid* preserva a informação central, enquanto o sinal *Side* regista a componente lateral do campo acústico. A descodificação é realizada através de operações de soma e diferença: o canal esquerdo resulta de $Mid + Side$ e o canal direito de $Mid - Side$. Esta configuração permite ajustar posteriormente a largura estéreo através da relação entre os dois sinais e apresenta uma elevada compatibilidade com reprodução mono (Huber, 1988).

2.4.6 Configuração de Captação e Posicionamento dos Microfones

A configuração de captação resulta da articulação entre o tipo de microfone, o padrão polar, a distância à fonte, o ângulo de incidência e as características acústicas do espaço. A alteração de qualquer um destes elementos pode modificar de forma significativa o equilíbrio tímbrico, a presença das reflexões e a proporção entre o som direto e o ambiente envolvente (ver subcapítulo 2.4.11).

Huber (1988) distingue diferentes abordagens em função da distância de trabalho. A captação distante integra uma proporção mais elevada da resposta acústica do espaço, tornando audíveis reflexões e características ambientais. A captação de proximidade privilegia o som direto e reduz a presença relativa de sons exteriores à fonte. Entre estas duas abordagens, a captação de acentuação permite reforçar uma determinada fonte mantendo alguma integração com o conjunto acústico. A captação de ambiente procura representar deliberadamente o espaço, privilegiando a relação entre a fonte e o local onde o acontecimento sonoro se produz.

A definição da posição do microfone deve considerar igualmente a direcionalidade da própria fonte. No contexto da carpintaria e da marcenaria, uma ferramenta elétrica pode emitir som através de diferentes componentes, como o motor, a lâmina, o abrasivo, a saída de ar ou o ponto de contacto com a madeira. Nas ferramentas manuais, o gesto pode deslocar-se ao longo do material, alterando continuamente a relação entre a fonte e o transdutor. A posição mais adequada não corresponde necessariamente ao ponto mais próximo, mas ao local em que se obtém um equilíbrio satisfatório entre detalhe, estabilidade, segurança operacional e representatividade tímbrica.

2.4.7 Nível de Pressão Sonora

A pressão sonora corresponde à variação instantânea de pressão provocada por uma onda sonora em relação à pressão atmosférica média, sendo expressa em Pascal (Pa). Como os valores absolutos de pressão sonora podem variar muito, é comum recorrer ao nível de pressão sonora (*Sound Pressure Level* – SPL), expresso em decibel (dB), que permite representar essa grandeza numa escala logarítmica. O valor de referência adotado no ar é 20 μ Pa, convencionalmente associado ao limiar de audição humana a 1 kHz. Regra geral, o SPL é calculado a partir do valor eficaz da pressão sonora (*Root Mean Square* – RMS), o que permite descrever de forma mais estável a energia do sinal acústico. Neste enquadramento, uma pressão sonora igual ao valor de

referência corresponde a 0 dB SPL, enquanto 1 Pa equivale aproximadamente a 94 dB SPL (Brüel & Kjær, 2019).

2.4.8 Relação Sinal-Ruído

A relação sinal-ruído, habitualmente representada pela sigla SNR (*Signal-to-Noise Ratio*), descreve a diferença entre o nível do sinal pretendido e o nível dos sons indesejados presentes numa captação. Quando o ruído se aproxima da intensidade da fonte, pode ocorrer um efeito de mascaramento, reduzindo a clareza e a inteligibilidade do registo. Esta relação encontra-se diretamente associada à distância entre a fonte sonora e o microfone. À medida que essa distância aumenta, o nível do som direto diminui e a presença relativa do ambiente torna-se mais evidente (ver subcapítulo 2.4.11). A aproximação do microfone à fonte permite, por isso, privilegiar o acontecimento sonoro pretendido e reduzir a influência do ruído envolvente. Esta decisão deve ser equilibrada com a necessidade de preservar uma representação tímbrica adequada e de garantir uma distância operacional segura.

A SNR depende também da cadeia técnica utilizada. O ruído próprio do microfone, os cabos, os circuitos de pré-amplificação e as condições acústicas do espaço podem interferir com a qualidade do registo. Em fontes de elevada intensidade, como determinadas ferramentas elétricas, o ruído eletrónico tende a assumir uma importância reduzida relativamente ao nível do sinal. Em fontes mais discretas, como fricções leves ou pequenos gestos manuais, a seleção do microfone, a distância e o nível de pré-amplificação tornam-se mais determinantes (Huber, 1988).

2.4.9 Modos Próprios de uma Sala

Em espaços fechados de pequena ou média dimensão, a resposta acústica tende a ser particularmente condicionada nas baixas frequências, uma vez que os respetivos comprimentos de onda se podem aproximar das dimensões físicas da sala. Determinadas frequências excitam ressonâncias próprias do espaço, originando ondas estacionárias resultantes da sobreposição de ondas que percorrem trajetos semelhantes em sentidos opostos. Este fenómeno produz uma distribuição irregular da energia sonora, com zonas de reforço e de atenuação dentro da sala, afetando a uniformidade da escuta e a resposta em frequência do ambiente. A sua influência torna-se mais evidente em espaços com pouca absorção acústica e com proporções geométricas pouco favoráveis, como salas próximas de uma configuração cúbica (Costa, 2013).

2.4.10 Frequência de Schroeder

A frequência de Schroeder corresponde, de forma aproximada, ao limite a partir do qual o comportamento acústico de uma sala deixa de ser dominado por modos próprios isolados e passa a apresentar uma distribuição modal mais densa e estatisticamente mais difusa. Abaixo desta frequência, as dimensões físicas da sala influenciam de forma mais evidente a resposta em frequência, podendo originar reforços ou cancelamentos localizados. Acima dela, a energia sonora tende a distribuir-se de modo mais contínuo no espaço (Skålevik, 2011).

2.4.11 Campo Direto e Campo Reverberado

Num ambiente selado, o som captado num determinado ponto resulta da combinação entre o som direto e o campo reverberado. O som direto corresponde à energia sonora que chega ao microfone pelo percurso mais curto entre a fonte e o recetor, sem reflexões intermédias. O campo reverberado é constituído pelas múltiplas reflexões produzidas em todas as superfícies presentes no espaço. À medida que a distância à fonte aumenta, a componente direta tende a perder intensidade, enquanto a influência das reflexões se torna mais marcante. A distância crítica corresponde ao ponto em que o contributo do som direto e o contributo do campo reverberado se equilibram. Para além desse limite, a captação deixa de representar predominantemente a fonte sonora e passa a integrar de forma mais evidente a resposta acústica do espaço (Ribeiro, 2017).

2.5 Taxonomia e Classificação de sons

A problemática da classificação sonora encontra um dos seus primeiros enquadramentos sistemáticos no pensamento de Pierre Schaeffer. Em *Traité des objets musicaux*, publicado em 1966, Schaeffer propõe o conceito de “objeto sonoro” como unidade autónoma de análise, defendendo a prática da escuta reduzida enquanto suspensão da referência causal. Através da sua tipomorfologia, o autor procura descrever o som segundo características internas: massa, dinâmica, perfil, grão e evolução temporal (ver figura 2).

	Durée démesurée (macro-objets) pas d'unité temporelle		durée mesurée unité temporelle			Durée démesurée (macro-objets) pas d'unité temporelle	
	facture imprévisible	facture nulle	durée réduite micro-objets			facture nulle	facture imprévisible
hauteur masse fixe	ÉCHANTILLONS (En)	Hn	tenue formée	impulsion	itération formée	Zn	ACCUMULATIONS (An)
			N	N'	N''		
hauteur complexe	(Ex)	Hx	X	X'	X''	Zx	(Ax)
masse peu variable	(Ev)	Tx Tn trames particulières	Y	Y'	Y''	Zy pédales particulières	(Ay)
variation de masse imprévisible	unité causale		W	?	causes multiples mais semblables		
	E cas général	T cas général			K cas général	P cas général	Λ cas général
sons tenus				sons itératifs			

Fig. 2 - Tipologia dos Objetos Sonoros de Pierre Schaeffer.

Schaeffer estabelece uma das primeiras tentativas estruturadas de sistematização morfológica do fenómeno acústico. Esta abordagem inaugura uma reflexão fundamental: a classificação sonora não deve limitar-se à identificação da fonte emissora, mas pode centrar-se nas propriedades percetivas do som enquanto entidade independente.

A partir desta base, Michel Chion desenvolve e operacionaliza a herança schaefferiana. Em *Guide des objets sonores* (1983), Chion sistematiza a tipomorfologia, tornando-a mais aplicável em contextos analíticos e pedagógicos. Posteriormente, em *Audio-Vision* (1990), introduz a distinção entre escuta causal, escuta semântica e escuta reduzida, demonstrando que qualquer sistema classificatório depende do regime de escuta mobilizado. Esta distinção é particularmente relevante para a organização de bibliotecas sonoras: classificar por ferramenta corresponde a uma lógica causal; classificar por função comunicativa aproxima-se de uma escuta semântica; classificar por textura, dinâmica ou morfologia aproxima-se da escuta reduzida. Chion evidencia, assim, que a taxonomia sonora não é neutra, mas reflete uma decisão metodológica e epistemológica sobre o estatuto do som.

Por sua vez, Brandon LaBelle desloca a discussão para uma dimensão cultural e espacial do fenómeno sonoro. Em *Background Noise* (2006) e, de forma mais desenvolvida, em *Acoustic Territories* (2010), investiga o som enquanto meio relacional que constrói territórios, identidades e formas de pertença no quotidiano urbano. Entende

a escuta como prática que liga corpo, espaço e comunidade, sublinhando que qualquer processo de organização sonora participa também na construção de narrativas culturais. Neste sentido, a classificação não é apenas técnica, mas discursiva: ao decidir o que agrupar, nomear ou destacar, define-se implicitamente o que é considerado relevante dentro de um determinado ecossistema sonoro.

Torna-se pertinente observar como estas reflexões se traduzem em sistemas práticos de classificação utilizados na indústria e em arquivos institucionais. Existem vários sistemas de classificação de sons, pertencendo e respondendo a ecossistemas e necessidades diferentes.

O sistema *Universal Category System* (UCS) nasce da necessidade industrial de organizar milhares de sons para uso funcional em jogos, cinema e audiovisual, organizando o som em grandes grupos padronizados, permitindo uma pesquisa rápida, consistência entre bibliotecas e compatibilidade com normas de metadados (Universal Category System, s.d.). Esta padronização possibilita que diferentes bibliotecas partilhem uma linguagem comum, facilitando o trabalho colaborativo em contextos profissionais. Paralelamente, trata-se de um sistema altamente escalável, capaz de acomodar grandes volumes de ficheiros, mantendo a sua legibilidade e eficiência. A sua organização hierárquica em árvore contribui para uma navegação clara e intuitiva, sendo orientada sobretudo para a aplicação prática e para a rapidez na localização de conteúdos sonoros (ver figura 3). Apesar de se manter ativo e sujeito a atualizações, o UCS não constitui um sistema em evolução científica contínua, sendo antes sustentado por uma comunidade profissional ligada à sua aplicação prática. Apresenta-se como uma estrutura relativamente estabilizada, que não responde de forma imediata à emergência de novas abordagens teóricas ou metodológicas. Pode ser entendido como um sistema dominante no contexto industrial, particularmente eficaz enquanto ferramenta de organização e gestão de conteúdos sonoros.

UCS	
Hierarquia:	Categoria funcional → Subcategoria → Fonte/Objeto → Ação → Estado → Descritores
Exemplo:	WATRBubl_GlassCup Pour Bubble Short Close Liquid Glass.wav

Fig. 3 – Exemplo de Estrutura de Classificação do Sistema UCS.

A figura 4 apresenta um excerto da lista de categorias da versão 8.2.1 do UCS, com destaque para a categoria *TOOLS* e para algumas das suas subcategorias. Este recorte permite observar a forma como o sistema organiza grupos sonoros através de categorias principais, subcategorias, abreviaturas normalizadas, descrições funcionais e listas de sinónimos.

 UCS v8.2.1 Category List					
8.2.1 adds no new categories, but fixes one typo in the list for WOOD-HANDLE which should be WOODHndl.					
Category	SubCategory	CatID	CatShort	Explanations	Synonyms - Comma Separated
TOOLS	GARDEN	TOOLGrdn	TOOL	Hand tools used in a garden. rakes, hoes, etc. Also see MACHINES-GARDEN for powered m	Broom, Cultivator, Edger, Fork, Garden, Hand
TOOLS	HAND	TOOLHand	TOOL	Hand tools, not requiring power. Hammers, wrenches, pliers. See also TOOLS-GARDEN.	Allen, Bar, Chisel, Clamp, Cutter, Drill, File, Fil
TOOLS	MISC	TOOLMisc	TOOL	Tool sounds not fitting another category in this list.	Miscellaneous
TOOLS	PNEUMATIC	TOOLPneu	TOOL	Air tools, such as jackhammers, air ratchets, nail guns. The air-wrench sound in a tire shop.	Air, Chisel, Compressor, Drill, Grinder, Gun, G
TOOLS	POWER	TOOLPowr	TOOL	Tools that require power. A sander, electric drill, dremel tool, circular saw.	Air, Angle, Belt, Circular, Compressor, Drill, Dr
TOYS	ELECTRONIC	TOYElec	TOY	Remote controlled car, slot cars. Any kids toy that required power. See also AIRCRAFT-REM	Car, Controlled, Device, Digital, Entertainmen
TOYS	MECHANICAL	TOYMech	TOY	Wind up robots, things like that. Toys with some mechanism or mechanical component.	Box, Erector, Jack-in-the-Box, Kaleidoscope, N
TOYS	MISC	TOYMisc	TOY	Toy sounds not fitting another category in this list.	Action, Animal, Ball, Blocks, Building, Constru
TRAINS	BRAKE	TRNBrake	TRN	Screeching metallic train brake wheels, subway brakes. Usually a piercing sound.	Bake, Brake, Brakes, Braking, Breaks, Grind, H
TRAINS	CLACK	TRNClak	TRN	Train clacks isolated, constant clacking of trains passing or running.	Clack, Clattering, Clickety-Clack, Railway, Rattl
TRAINS	DOOR	TRNDoor	TRN	Train doors, sliding doors in passenger or freight trains. Some overlap with general DOORS	Access, Boxcar, Cab, Caboose, Car, Coach, Do
TRAINS	DIESEL	TRNDiesl	TRN	Freight trains, large commercial diesel locomotives.	Diesel, Diesel-Electric, Diesel-Powered, Freigh
TRAINS	ELECTRIC	TRNElec	TRN	Commuter trains, elevated trains, light rail, SUBWAYS have their own category.	City, Commuter, Inter-City, Light, Line, Magle
TRAINS	HIGH SPEED	TRNHspd	TRN	Hi-Tech trains, Maglev, monorails, Hyperloops, bullet trains.	350, AGV, AVE, Brightline, Bullet, CRH, Eurost

Fig. 4 – Recorte da Lista de Categorias do UCS.

Neste recorte da lista completa da versão 8.2.1, observa-se com maior clareza a forma como o sistema estrutura a classificação sonora através de vários níveis de organização. O UCS organiza aqui cada entrada por meio de campos complementares, nomeadamente a categoria principal (Category), a respetiva subcategoria (SubCategory), as abreviaturas normalizadas (CatID e CatShort), uma descrição funcional (Explanations) e uma lista de sinónimos associados. No recorte da tabela apresentado, verifica-se que *TOOLS* inclui subdivisões como *GARDEN*, *HAND*, *PNEUMATIC* e *POWER*, cada uma acompanhada por uma explicação que delimita o tipo de sons que nela pode ser incluído. O sistema define, assim, critérios classificativos mais precisos, distinguindo, por exemplo, ferramentas manuais de ferramentas elétricas ou pneumáticas.

No contexto da organização de arquivos sonoros institucionais, destaca-se a prática desenvolvida pela BBC, cuja abordagem privilegia uma estrutura temática e contextual orientada para a produção radiofónica e televisiva. Ao contrário de sistemas taxonómicos estritamente normalizados, como o UCS, a organização da BBC assenta numa lógica editorial, agrupando sons segundo cenários, ambientes, situações narrativas e tipos de ação (ver figura 5). Esta metodologia reflete uma preocupação

funcional com a utilização prática dos sons em contextos mediáticos, privilegiando a inteligibilidade e a rapidez de pesquisa em função do uso narrativo.

BBC	
Hierarquia:	Fonte → Tipo → Material → Ação → Estado / Variação temporal
Exemplo:	Drill, Electric, Screwdriver, Wood, Screwing, Start Run Stop

Fig. 5 – Exemplo de Estrutura de Classificação do Sistema BBC.

Para além dos enquadramentos teóricos e dos sistemas industriais amplamente difundidos, existem outras tentativas de normalização da descrição sonora que evidenciam abordagens distintas ao problema classificatório. O padrão MPEG-7 Audio, desenvolvido no contexto académico e tecnológico, propõe uma descrição do som através de descritores matemáticos e parâmetros acústicos objetivos, como *Spectral Centroid* (por exemplo, 2.4 kHz) ou *Temporal Envelope* (impulsive), privilegiando a análise quantitativa do sinal. Contudo, esta abordagem não contempla dimensões como ferramenta, gesto ou material, reduzindo o fenómeno sonoro à sua representação espectral e temporal.

Em contraste, o sistema de catalogação do Institut National de l’Audiovisuel (INA) aproxima-se mais de modelos arquivísticos como o da BBC, organizando os sons segundo categorias descritivas que integram contexto e função, por exemplo: *Menuiserie*, *Raboteuse électrique*, *Bois massif*, *Fonctionnement continu*. Na prática profissional contemporânea, muitos softwares e plataformas de gestão sonora adotam modelos híbridos, combinando metadados técnicos com categorias funcionais e descritivas, como acontece na plataforma *Soundly*. Esta coexistência de lógicas técnica, causal, contextual e funcional revela que a organização sonora tende a operar num espaço intermédio entre a precisão analítica e a inteligibilidade prática.

2.6 Imagem enquanto Documentação do Processo Sonoro

A utilização conjugada de áudio, vídeo, fotografia e informação textual insere-se numa abordagem multimodal da documentação. Grasseni et al. (2022) salientam que os materiais audiovisuais e digitais não devem ser entendidos como entidades inteiramente separadas, uma vez que a construção de conhecimento pode resultar da articulação entre diferentes modos de observação, escuta e mediação. Neste

enquadramento, a imagem não desempenha apenas uma função ilustrativa. Permite registrar acontecimentos transitórios e regressar posteriormente aos elementos observados, possibilitando uma leitura mais detalhada dos gestos, das ações e das relações espaciais presentes no momento da captação. O vídeo assume particular relevância na documentação de processos que se desenvolvem no tempo, na medida em que preserva a sequência do acontecimento e permite analisar a sua evolução.

Winick e Bartis (2016) incluem os conhecimentos e competências associados a ocupações tradicionais entre os elementos passíveis de documentação cultural, salientando a importância de recolher materiais capazes de preservar as condições concretas em que essas práticas ocorrem. Os autores defendem uma abordagem que pode integrar gravações áudio, vídeo, fotografias, notas de campo e ficheiros digitais, entendidos como componentes complementares de uma coleção. A associação entre registo visual e organização arquivística contribui também para aumentar a legibilidade futura da coleção. Winick e Bartis sublinham que as decisões tomadas no momento da recolha influenciam diretamente a acessibilidade posterior dos materiais, uma vez que um arquivo perde parte da sua utilidade quando não preserva informação suficiente sobre a origem e as circunstâncias de produção dos seus conteúdos.

No domínio da investigação artística, Lösel e Zimper (2021) defendem que o vídeo pode participar em diferentes momentos do processo de investigação, desde a recolha e análise de dados até à comunicação dos resultados. Os autores propõem uma sequência na qual um acontecimento é transformado num documento audiovisual, posteriormente enriquecido através de informação complementar, selecionado e integrado num formato de apresentação ou publicação. Este modelo evidencia que o vídeo não corresponde a uma reprodução neutra da realidade, mas a uma forma de mediação sujeita a escolhas de enquadramento, duração, seleção e edição. A documentação visual deve, por isso, ser orientada por critérios claros, adequados à natureza do objeto registado e às finalidades da coleção.

A ausência de documentação visual limita a compreensão das decisões técnicas subjacentes aos ficheiros disponibilizados, sobretudo quando não são indicados o posicionamento dos microfones, a distância relativamente à fonte, o modo de utilização da ferramenta ou as características materiais do suporte. A imagem pode contribuir para colmatar esta lacuna, oferecendo uma leitura mais transparente do processo e permitindo que os sons sejam analisados como resultados de uma interação concreta entre gesto, matéria, técnica de captação e espaço acústico.

3. Metodologia

3.1 Enquadramento

A metodologia desenvolvida neste trabalho resultou de uma prática de captação sistemática em contexto oficial, mas foi pensada desde o início como um modelo que pudesse ser reutilizado noutros projetos semelhantes.

Mais do que descrever apenas o processo seguido nesta biblioteca sonora, o objetivo passou pela estruturação de um conjunto de procedimentos que pudessem ser aplicados a diferentes contextos de registo, nomeadamente outras práticas artesanais, industriais ou performativas, mantendo consistência ao nível da captação, organização e documentação.

Neste sentido, trata-se de uma metodologia que envolve a prática técnica e artística, a experimentação e a documentação, assumindo um carácter aplicado, mas permitindo a repetição e a consistência.

3.2 Estrutura Geral do Processo Metodológico

O processo organiza-se em seis etapas principais, concebidas como um sistema iterativo e modular:

1. Planeamento (spotting): identificação das ferramentas, ações e materiais a registar, bem como definição do tipo de sons a capturar;
2. Escolha das técnicas de captação: definição das abordagens microfónicas a utilizar, incluindo diferentes perspetivas (proximidade, estéreo, piezoelétrico, áudio de referência);
3. Configuração de equipamento: montagem e configuração do sistema de gravação, incluindo posicionamento de microfones, níveis e organização do espaço;
4. Proteção de microfones (componente experimental): teste de diferentes materiais de proteção, avaliando o impacto na resposta sonora e na proteção física;
5. Gravação e processamento: registo dos sons, seguido de edição, tratamento, normalização e preparação dos ficheiros;
6. Organização e catalogação: classificação dos sons, definição de nomes, aplicação de metadados (UCS e BWF) e integração da documentação audiovisual.

Estas etapas são repetidas de forma consistente para cada ferramenta e ação, garantindo a uniformidade da biblioteca e a comparabilidade entre registos.

A Figura 6 sintetiza o processo metodológico de produção da Biblioteca Sonora, organizando de forma sequencial as várias etapas adotadas para o tratamento de cada evento sonoro. Este fluxo corresponde a um ciclo repetido para cada registo ou grupo de registos produzidos no projeto, assegurando consistência entre diferentes ferramentas e modos de captação. O processo inicia-se na fase de *spotting*, entendida como o momento de identificação prévia do som a captar, da ação a realizar e da ferramenta envolvida. Segue-se a seleção das técnicas e perspetivas de captação adequadas a cada par ação–ferramenta. Esta decisão determina os sistemas de registo a utilizar em cada situação, considerando as características da fonte sonora, a natureza do gesto e a pertinência de cada perspetiva microfónica. Procede-se depois ao posicionamento dos microfones e do restante equipamento, bem como à aplicação das cápsulas de proteção contra poeiras, antes da gravação dos *takes* necessários e da geração dos ficheiros brutos de captação. Estes são depois importados para a DAW utilizada no projeto, onde se realiza a descodificação *Mid-Side*, o tratamento corretivo dos registos piezoelétricos e, quando pertinente, a análise espectral de apoio à descrição sonora. A partir desse ponto, o diagrama introduz uma bifurcação entre ficheiros com e sem imagem associada. Esta distinção não resulta de uma diferença de valor entre os registos sonoros, mas do facto de nem todas as unidades de captação exigirem documentação visual autónoma (cf. subcapítulo 4.5). No contexto deste projeto, considerou-se suficiente assegurar pelo menos um registo vídeo representativo para cada par ação-ferramenta, de modo a tornar visíveis as condições de gravação, o posicionamento do equipamento e o gesto executado. Assim, quando existe imagem associada, os materiais áudio e vídeo são importados para o software de edição de vídeo, sincronizados e editados. Nestes casos, realiza-se também a normalização e a exportação final diretamente no software Adobe Premiere, evitando uma etapa intermédia de exportação e posterior importação para o Reaper. Quando essa documentação visual não se revela necessária, os ficheiros áudio seguem diretamente para a definição dos seus limites temporais, respetivo corte e normalização para o pico máximo de -3 dB. Em ambos os percursos, o processo converge posteriormente na catalogação segundo o UCS e na atribuição de metadados em BWF, culminando na organização final da biblioteca sonora com o áudio já catalogado.

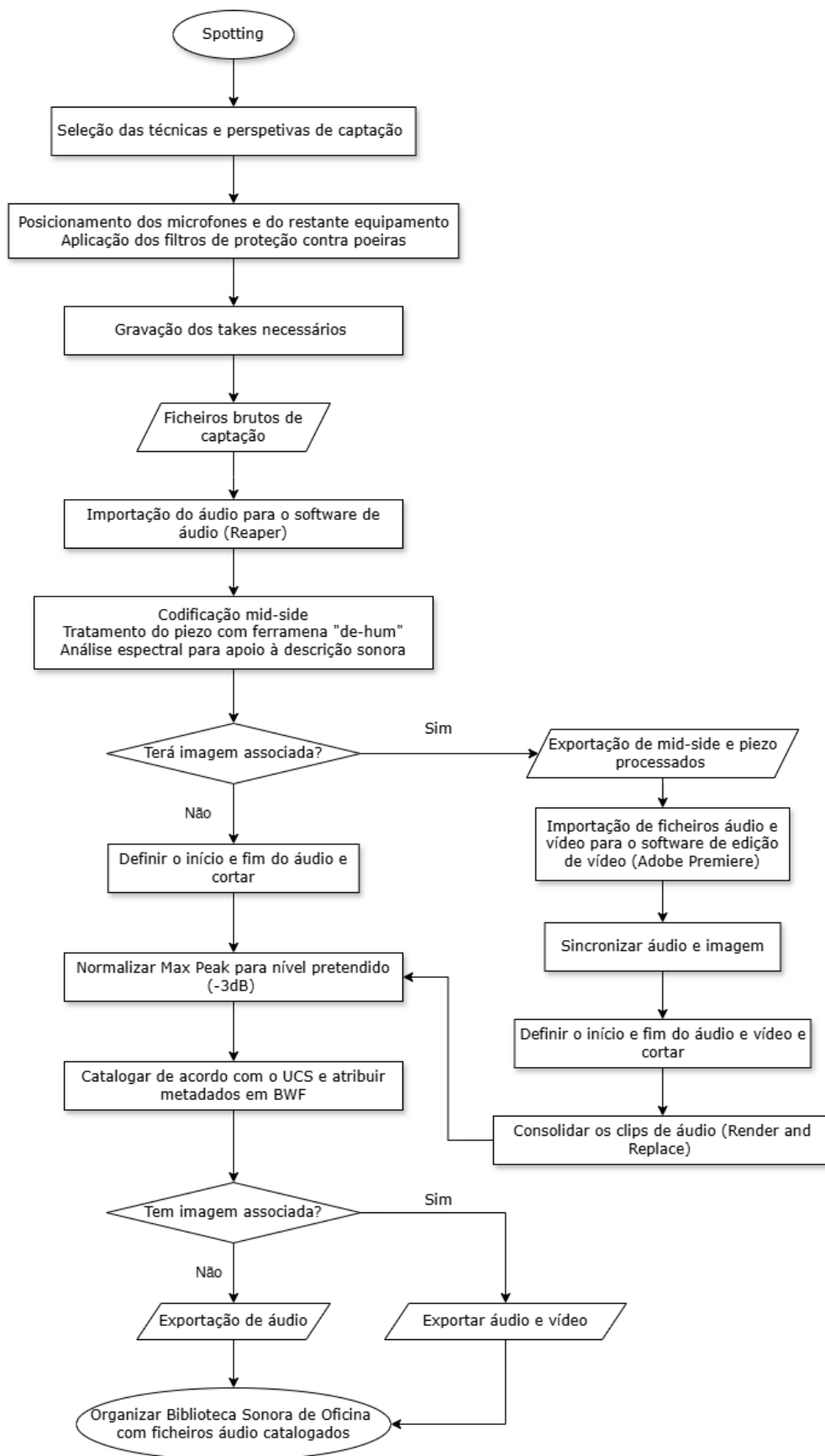


Fig. 6 – Fluxograma do Processo de Desenvolvimento da Biblioteca Sonora em Contexto de Oficina.

3.3 Princípios Base

A metodologia assenta em quatro princípios fundamentais:

- Consistência: repetir o mesmo método para permitir a comparação entre sons;
- Multiperspetiva: registar cada ação com diferentes tipos de captação;
- Contextualização: complementar o áudio com vídeo e metadados;
- Reutilização: organizar os ficheiros de maneira a facilitar a pesquisa, a análise e a aplicação em contextos futuros.

3.4 Elementos Constantes e Elementos Variáveis

Para manter alguma estabilidade no processo, há elementos que se mantêm constantes e outros que variam.

a. Constantes:

- Estrutura do processo (as seis etapas);
- Tipos de captação utilizados;
- Lógica de organização e catalogação;
- Formato e qualidade dos ficheiros.

b. Variáveis:

- Espaço e condições acústicas;
- Ferramentas e materiais;
- Posicionamento específico dos microfones;
- Materiais usados na proteção.

Esta distinção permite adaptar o método a outros contextos sem perder consistência.

3.5 Limitações e Contexto de Aplicação

A metodologia funciona melhor em contextos relativamente controlados, como oficinas artesanais, onde é possível planear e repetir as condições de captação.

No entanto, existem limitações, nomeadamente:

- Interferência de ruído exterior;
- Características acústicas do espaço;

- Ausência de testes laboratoriais na componente experimental associada aos materiais de proteção de microfones;

Por isso, os resultados devem ser interpretados dentro destas condições, sobretudo no que diz respeito à comparação entre materiais.

3.6 Possibilidades de Replicação

Apesar de ter sido desenvolvida no contexto da carpintaria, esta abordagem pode ser aplicada a outros casos, tais como:

- Criação de bibliotecas sonoras especializadas;
- Documentação de práticas técnicas ou artesanais;
- Projetos de sound design e arte sonora;
- Arquivo e preservação sonora para fins patrimoniais.

A estrutura do processo permite a adaptação a diferentes escalas de projeto, podendo ajustar-se às especificidades de cada contexto.

4. Implementação Técnico-Artística do Projeto

4.1 Spotting, Planeamento e Organização Pré-captação

O processo começou com a identificação dos sons que seriam captados. Neste projeto, o termo *spotting* é utilizado por aproximação à prática audiovisual, designando a fase de identificação, localização e organização dos elementos sonoros necessários a uma obra. A experiência prévia em projetos de cinema e televisão tornou evidente a importância de associar o número (ou título) dos ficheiros de áudio à respetiva identificação dos vídeos, assim como anotar observações diretas sobre possíveis interferências sonoras externas que ocorreram durante a rodagem, priorizando os takes mais limpos de acordo com o pretendido. A informação da data e hora são um auxiliar à correspondência posterior entre ficheiros. Delineou-se, assim, uma tabela com estes parâmetros, estando um exemplo preenchido representado na figura 7.

Ferramenta/Máquina	Ação/Descrição	Nº Áudio	Nº Vídeo	Observações	Data/Hora
Compressor de Ar	Idle, Liga/Desliga	001	101	Take 2	30/04/26 11:05
Compressor de Ar	Roda a válvula	004	104	Take 1	30/04/26 11:11
Compressor de Ar	Dispara Ar Contínuo	007	107	Take 3	30/04/26 11:15
Compressor de Ar	Maneio Rodas	005	105	Take 2	30/04/26 11:23
Compressor de Ar	Dispara Ar Rápido	008	108	Take 2 - Câmara	30/04/26 11:29
					30
Serra de Mão Eq.	On/Off	011	111	Take 2	30/04/26 11:56
Serra de Mão Eq.	Corta Pino	014	114	Take 1 - Câmara	30/04/26 12:03
Serra de Mão Eq.	Corta Canelão	017	117	Take 4 - Ambulância no final?	30/04/26 12:15
Serra de Mão Eq.	Corta MDF	015	115	Take 2	30/04/26 12:23
Serra de Mão Eq.	Corta Contraplaca	016	116	Take 2	30/04/26 12:31
Serra de Mão Eq.	Ajuste Ângulo	013	113	Take 1	30/04/26 12:37
Serra de Mão Eq.	Reixa Dixo	012	112	Take 1	30/04/26 12:45
Caixa de Anúncios	Manuseamento	003	84	Take 2	08/05/26 10:51
Fita Métrica	Manuseamento	021	100	Take 1	08/05/26 10:54
Marcelo	Marcelo Pufuso	019	98	Take 3	08/05/26 11:15
Notas para wavs: Podem-se ouvir passos no início de alguns dos sons da serra de mão esquecidas?					

Fig. 7 – Digitalização de Tabela de Registo de Áudio e Vídeo Gravado Utilizada.

A tabela incluiu ainda um campo específico para observações sobre os diferentes takes. Esta opção revelou-se importante porque nem todos os registos apresentavam a mesma utilidade técnica. Um primeiro take podia conter ruído exterior, saturação, execução imprecisa, desequilíbrio de nível ou uma interação menos representativa entre ferramenta e material. A gravação de múltiplos takes aumenta, por isso, a margem de escolha no processo de edição, permitindo selecionar versões mais depuradas ou mais adequadas ao objetivo de cada som. No final de cada folha que continha a tabela foi também reservado um espaço mais amplo para notas livres, destinado ao registo de ideias surgidas durante a gravação de cada ferramenta, ou breves conclusões.

Em consonância com o propósito estabelecido, tanto os sons determinados como as ações respetivas concretizaram-se maioritariamente na decisão de respeitar os gestos tradicionais da carpintaria e marcenaria, dando prioridade a estes relativamente à experimentalidade. Contudo, procurou-se explorar qualidades tímbricas e expressivas menos evidentes, orientadas para uma abordagem mais exploratória, com o objetivo de diferenciar a biblioteca de abordagens mais padronizadas, através do manuseamento imprevisível e mistura dos instrumentos de trabalho. As ferramentas pneumáticas, elétricas e manuais selecionadas resultaram da sua aquisição desde o início da minha relação de trabalho com madeira e da sua obtenção ao longo do desenvolvimento do projeto, assim como do empréstimo por terceiros.

A organização dos sons resultou de uma combinação entre conhecimento prático da oficina e escuta ativa e exploratória. Em ferramentas motorizadas, houve a preocupação em captar diferentes estados de funcionamento, incluindo *idle*, arranque, paragem e velocidades ou regimes de rotação adequados ao material trabalhado. Esta atenção tornou-se particularmente relevante porque foram explorados materiais com comportamentos distintos, como pinho maciço, carvalho maciço, contraplacado e MDF. A resistência do material, a velocidade da ferramenta, o tipo de lâmina, broca ou abrasivo e a força aplicada influenciam diretamente o resultado sonoro de cada ação, induzindo a novas distinções de sons. As ferramentas elétricas, pneumáticas e manuais foram, por isso, tratadas segundo as suas funções próprias e as interações específicas que possibilitavam. A segmentação dos sons por ferramenta resultou também da preferência, comum em práticas de *sound design*, por um acesso mais direto e diversificado às amostras sonoras. Esta opção foi igualmente confirmada em conversas informais com profissionais da área, que destacaram a utilidade de ficheiros mais específicos, em detrimento de registos extensos que exigem maior tempo de audição e seleção.

Para além dos sons diretamente associados à utilização de ferramentas, o conceito da biblioteca sonora integra também registos centrados no manuseamento da madeira. Sons de deslocação, queda, empilhamento e lançamento de retalhos e sobras de corte, bem como outras interações físicas entre elementos lenhosos, enquadram-se neste parâmetro.

A oficina encontra-se num armazém, em ambiente urbano, relativamente perto de uma zona central, o que a torna particularmente exposta a interferências sonoras exteriores. Persiste uma presença de aviões a passar no céu, a cada cinco minutos, aproximadamente, assim como todo o tráfego rodoviário. Acresce ainda o facto de a cobertura do armazém ser em chapa, o que intensifica significativamente o impacto acústico da chuva no interior do espaço. Em dias de precipitação, este fenómeno tornou-se claramente audível nas gravações, o que comprometeu a qualidade e a consistência dos registos. Por essa razão, sempre que possível, as sessões de captação foram agendadas para dias de melhor tempo atmosférico. A organização dos períodos de gravação esteve também dependente da disponibilidade do equipamento requisitável através da ESMAE. Dado que este material é partilhado por vários estudantes, a sua reserva teve de ser planeada com antecedência. Esta condicionante influenciou diretamente a calendarização das sessões e obrigou a uma gestão mais rigorosa do tempo de captação.

Uma vez definidos os sons, as ferramentas e as condições de cada sessão, procedeu-se à escolha das técnicas de captação mais adequadas a cada par ação-ferramenta. Essa etapa, desenvolvida no subcapítulo seguinte, permitiu estruturar cada registo a partir de diferentes perspetivas microfónicas.

4.2 Técnicas de Captação Sonora Utilizadas

Com base nas configurações de microfones usadas por norma para gravação de bibliotecas sonoras, dividiu-se cada par ação-ferramenta por quatro registos sonoros distintos:

- Microfonia de Proximidade (mono);
- Ambiente (estéreo);
- Microfone de contacto (mono);
- Áudio captado pelo dispositivo de vídeo (estéreo).

A inclusão de um registo obtido por microfonia de proximidade (mono) justifica-se pela sua utilização recorrente enquanto prática padrão. Este tipo de captação

permite um maior isolamento da fonte sonora, favorecendo a preservação do máximo detalhe tímbrico possível, nomeadamente ao nível dos transientes e das micro-variações resultantes do gesto e da interação com a ferramenta. Reduz significativamente a influência das reflexões do espaço envolvente, aumentando a relação entre som direto e refletido (ver subcapítulo 2.4.11). Desta forma, o *close-mic* constitui um registo de referência fundamental, tanto para a análise comparativa com os restantes modos de captação utilizados como para a versatilidade futura do material sonoro no contexto de utilização em criação sonora. Embora esta perspetiva tenha sido captada a aproximadamente 30 cm da fonte sonora, os registos apresentam ainda uma componente residual de reflexão da oficina. Esta característica resulta das dimensões do espaço e da natureza das atividades registadas, não comprometendo a designação de *close-mic*, uma vez que o objetivo consistiu em privilegiar a captação do som direto relativamente ao campo reverberante. A proximidade do microfone à fonte sonora permitiu maximizar a relação sinal-ruído (ver subcapítulo 2.4.8) e reduzir significativamente a influência acústica do espaço quando comparada com as restantes perspetivas de captação. A utilização de uma cápsula de microfone *shotgun* foi considerada para este contexto mas não passou de uma hipótese. Apesar da sua elevada diretividade, a natureza dinâmica dos gestos associados à carpintaria implicaria o reposicionamento constante do microfone para acompanhar os movimentos das ferramentas durante a execução das tarefas. Como a metodologia adotada assenta num sistema de quatro perspetivas estacionárias gravadas em simultâneo, a utilização de um *shotgun* introduziria dificuldades operacionais e reduziria a repetibilidade do processo de captação.

Para a captação de ambiente, a técnica mais adequada para este caso é o sistema MS, fundamentando-se pela sua natureza enquanto técnica de microfones com cápsulas coincidentes baseada exclusivamente em diferenças de intensidade, garantindo elevada coerência de fase e estabilidade da imagem estéreo (cf. Subcapítulo 2.4.5). Tal como demonstrado por de Clercq (2000), a técnica MS é matematicamente equivalente a configurações coincidentes do tipo X/Y, podendo ambas ser convertidas entre si através de simples operações de soma e diferença, não introduzindo atrasos temporais ou *comb filtering*. Esta relação de equipolência assegura que o campo estéreo resultante apresenta uma representação espacial rigorosa e compatível com reprodução em mono. Para além disso, esta técnica distingue-se pela flexibilidade pós-captação, permitindo ajustar, em fase de edição ou mistura, a relação entre som direto e som refletido através da variação do nível do canal Side, sem comprometer a integridade do sinal Mid. Embora estudos de avaliação subjetiva indiquem que técnicas

como o X/Y possam ser preferidas em situações onde a clareza e a dominância do som direto são prioritárias (Moylan, 2007), reconhece-se que o M/S oferece maior controle sobre a percepção de espaço e profundidade, tornando-se particularmente adequado quando o ambiente é entendido como um elemento variável e interpretativo da escuta. Assim, a escolha do MS neste projeto não visa maximizar uma espacialização fixa, mas antes permitir uma gestão consciente e reversível da dimensão espacial do som ambiente, tomando os ajustes necessários conforme o par ação-ferramenta em questão.

A utilização de um microfone de contacto piezoelétrico insere-se numa abordagem experimental e artística, orientada para a captação de fenómenos sonoros menos convencionais, menos acessíveis através de microfones aéreos. Ao privilegiar o contacto direto com o material, permite o registo de vibrações estruturais e micro-eventos sonoros que não se propagam de forma significativa no ar, revelando uma camada sonora frequentemente ausente em bibliotecas tradicionais. No contexto deste projeto, a madeira assume um papel central enquanto material vibratório, sendo particularmente adequada à captação por contacto devido às suas propriedades ressonantes e à sua capacidade de transmitir energia mecânica de forma rica e diferenciada (Mandal e Banerjee, 2022). A utilização do piezoelétrico reduz de forma significativa a influência do espaço acústico, enfatizando a relação direta entre gesto, ferramenta e material. Este registo complementa os restantes modos de captação utilizados.

A distância a que a câmara foi posicionada permite um registo estável, sem ocorrência de distorção. Este sinal pode apresentar, contudo, uma maior presença de ruído de fundo e encontra-se condicionado pelo processamento interno da câmara, nomeadamente pela atuação do limitador e pela eventual compressão dinâmica dos picos de maior intensidade. Esta opção revela-se particularmente relevante em contextos de produção audiovisual, como cinema ou televisão, onde o áudio da câmara funciona como um backup fiável em caso de falha dos restantes sistemas de captação. Para além da sua função de segurança, o áudio da câmara apresenta uma identidade tímbrica própria, caracterizada, neste caso, por uma menor presença de frequências graves e por uma resposta menos detalhada quando comparada com microfones dedicados. A sua preservação permite, assim, uma leitura comparativa e pedagógica entre diferentes níveis de qualidade, evidenciando as diferenças entre sistemas integrados e microfones de gama profissional. Considerando que cada par ação-ferramenta é registado simultaneamente em áudio e vídeo, este registo constitui ainda

um ponto de referência audiovisual coerente, reforçando a dimensão documental e crítica da biblioteca sonora.

A introdução das características dimensionais da oficina na ferramenta AMROC, disponibilizada pela plataforma amcoustics ([link: https://amcoustics.com/tools/amroc](https://amcoustics.com/tools/amroc)), permite obter um conjunto de parâmetros acústicos teóricos do espaço. A sala apresenta um volume de 37,37 m³, com 5,16 metros de comprimento, 2,84 metros de largura e 2,55 metros de altura, uma frequência de Schroeder de 150,23 Hz (ver subcapítulo 2.4.10) e uma distância crítica estimada em 0,76 m (ver subcapítulo 2.4.11). A posição do microfone de proximidade terá de ser colocado a uma distância à fonte abaixo deste valor e ajustado conforme o necessário para reduzir ao máximo a influência da oficina. A distância das cápsulas do par MS à fonte será maior que este valor, para alcançar um maior número de reflexões do ambiente. Tanto o microfone de contacto como o da câmara não são relevantes para este princípio. A figura seguinte demonstra estes parâmetros e sintetiza visualmente o perfil acústico teórico da oficina.

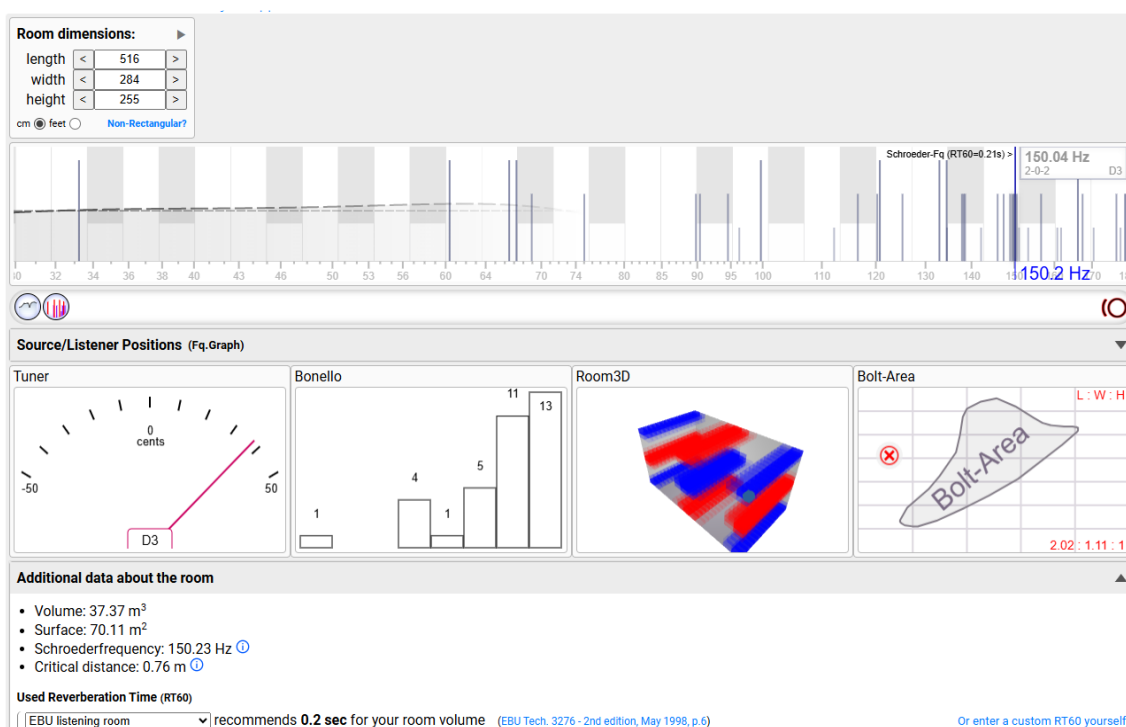


Fig. 8 – Perfil Acústico Teórico da Oficina Obtido na Ferramenta AMROC, com Indicação da Frequência de Schroeder, Volume da Sala e Distância Crítica Estimada.

4.3 Equipamento Técnico de Registo Sonoro e Visual

De forma a sistematizar os recursos mobilizados ao longo das sessões de gravação, apresenta-se na figura 9 o equipamento técnico utilizado.

Equipamento da Cadeia Principal de Captação Sonora e Visual		
Equipamento	Modelo	Qtd.
Gravador	Zoom F6	1
Corpo de microfone	AKG SE 300 B	3
Cápsula Cardioide	AKG CK91	2
Cápsula Figura-8	AKG CK94	1
Microfone	Piezoelétrico, 27 mm	1
Câmara	Sony a6100	1
Tripés	Não especificado	3
Acessório de montagem	Adaptador Mid-Side para AKG SE 300 B	1
Acessório de Ligação	Cabo XLRf-XLRm (10 m)	4
Armazenamento	Cartão SD	2

Fig. 9 – Lista de Material Usado nas Sessões de Gravação.

Para a gravação simultânea de quatro canais de áudio, recorreu-se a um Zoom F6, montado num tripé, de forma a facilitar o acesso ao gravador ao longo do ciclo de captação. A escolha deste gravador enquadra-se no projeto por permitir a gravação simultânea de quatro canais independentes, correspondentes às principais perspetivas sonoras definidas. Esta capacidade permitiu registar cada ação de forma sincronizada, preservando a relação temporal entre as diferentes captações e evitando a necessidade de repetir o mesmo gesto para cada microfone.

Quanto à captação do sinal mono principal, utilizou-se um AKG SE 300 B com cápsula CK91, por se tratar do modelo de melhor qualidade disponível para requisição através da ESMAE, instituição que disponibilizava três corpos compatíveis e um conjunto alargado de cápsulas. A possibilidade de ativar uma atenuação de 10 dB permitiu aproximar mais o diafragma da fonte sonora, favorecendo a obtenção de registos com maior ataque e definição.

Relativamente à captação estéreo, recorreu-se ao mesmo sistema modular da AKG, combinando as cápsulas CK91 e CK94 em configuração *Mid-Side*. Para a configuração *Mid-Side*, recorreu-se igualmente a um adaptador compatível com os corpos AKG SE 300 B, permitindo montar os dois microfones num único tripé e assegurar maior estabilidade e coerência no posicionamento da técnica.

Para a captação por contacto, utilizou-se um microfone piezoelétrico de 27 mm de diâmetro, protegido com uma camada de borracha selante UHU em torno dos seus componentes, com o objetivo de reforçar a sua durabilidade e reduzir a exposição a poeiras e pequenos impactos e fixado às diversas superfícies com fita de pintor. Foram

ainda utilizados cabos com 10 metros de comprimento XLR fêmea e XLR macho nas extremidades, de modo a garantir maior liberdade de posicionamento e manobra do equipamento no interior da oficina.

A utilização de tripés foi essencial para garantir estabilidade e repetibilidade no posicionamento dos microfones ao longo das sessões. Para além de permitirem ajustar altura, ângulo e distância relativamente à fonte sonora, os pés em borracha contribuíram para aumentar a aderência ao pavimento e reduzir parcialmente a transmissão de vibrações mecânicas provenientes do chão, devido aos impactos e deslocações de materiais que pudessem introduzir vibrações indesejadas na estrutura de suporte dos transdutores.

A documentação visual foi realizada com uma câmara Sony a6100, alimentada através de uma bateria falsa ligada à corrente, solução adotada para evitar interrupções causadas por falhas de bateria durante gravações prolongadas.

Por fim, foram utilizados dois cartões SD: um destinado à câmara e outro ao gravador Zoom F6, assegurando a separação entre os suportes de registo áudio e vídeo e facilitando a organização do material captado.

A definição desta cadeia técnica permitiu estruturar o processo de captação sonora e visual da biblioteca. Contudo, uma vez que parte da investigação, enquanto estudo exploratório, incidiu também sobre a proteção dos microfones em contexto oficial, foi necessário recorrer a um conjunto complementar de equipamentos destinados aos ensaios comparativos das cápsulas de proteção. Estes recursos, apresentados na figura 10, foram utilizados para medir e comparar a resposta em frequência do corpo da cápsula e dos diferentes materiais de membrana testados.

Equipamento Complementar para Ensaios de Proteção Acústica		
Equipamento	Modelo	Qtd.
Corpo de microfone	AKG SE 300 B	1
Microfone	AKG CK91	1
Microfone	Behringer ECM8000	1
Monitor	KRK Rokit 5 G4	1
Computador portátil	LG Gram	1
Interface Áudio	Steinberg UR22	1
Tripés	Não especificado	2
Acessório de Ligação	Cabo XLRf-XLRm (10 m)	2

Fig. 10 – Equipamento Complementar Utilizado nos Ensaios de Resposta em Frequência das Cápsulas de Proteção.

Para os testes comparativos entre os diferentes materiais de proteção discutidos no subcapítulo 4.4, utilizou-se um microfone Behringer ECM8000, escolhido pela sua natureza omnidirecional e pela resposta em frequência relativamente linear, características adequadas à observação comparativa das variações introduzidas pelo corpo da cápsula e pelas membranas testadas. Este microfone funcionou, assim, como transdutor de medição para uma primeira avaliação relativa da transparência acústica das soluções desenvolvidas. No entanto, o sistema AKG SE 300 B com cápsula CK91 manteve-se como referência prática do projeto, uma vez que a proteção foi concebida sobretudo para o microfone utilizado na captação efetiva da biblioteca sonora. Em conjunto com estes microfones, recorreu-se a uma coluna KRK Rokit 5 G4 como fonte sonora, permitindo reproduzir sinais de teste e comparar a resposta obtida em cada configuração. Estes equipamentos foram ligados através de cabos de áudio a uma interface de áudio, o modelo UR22, da Steinberg, e a um computador portátil, responsável pela execução do software REW, pelo registo dos testes e por todo o processamento de áudio e vídeo.

O subcapítulo seguinte aborda o desenvolvimento e teste das cápsulas de proteção concebidas para esse contexto.

4.4 Proteção dos Diafragmas dos Microfones e Testes de Comparação entre Cápsulas

A captação sonora em contexto de oficina de madeira coloca desafios específicos à integridade e fiabilidade do equipamento de gravação, decorrentes da presença contínua de micro-poeiras resultantes dos processos de corte, lixagem e fresagem. Uma percentagem destas partículas apresenta uma dimensão microscópica, podendo infiltrar-se nos mecanismos internos, nomeadamente o diafragma de microfones, comprometendo o desempenho das cápsulas, a resposta em frequência e, a médio-longo prazo, a durabilidade do equipamento (Brüel & Kjær, 2014). Neste contexto, a proteção dos sistemas de captação não constitui apenas uma preocupação prática, mas um elemento integrante da metodologia de gravação.

A literatura confirma a presença consistente de frações finas no pó gerado pela lixagem da madeira. No caso do carvalho, Dado et al. (2022) identificaram partículas numa gama entre 10 nm e 10 µm durante a lixagem com lixadora orbital manual, com picos aparentes de concentração em torno de 15 nm e na gama micrométrica. Pędzik et al. (2020) mostram que a proporção de partículas inferiores a 10 µm varia consoante a espécie e a granulometria da lixa, podendo atingir 12,58% no caso da faia lixada com

uma folha de lixa P180. Num estudo posterior centrado em madeiras duras, Pędzik et al. (2021) reportam conteúdos de partículas inferiores a 10 µm entre 2,8% e 8,9%, e de partículas menores que 2,5 µm até 1,9%.

No presente projeto, as sessões de gravação e ensaio decorreram sobretudo com madeira de pinho e de carvalho, duas espécies com densidades de 500-600 kg/m³ e de 600-900 kg/m³ a 12% de humidade, respetivamente (Pinto, 2014). A partir da literatura consultada, a incidência percentual mais relevante para esta investigação situa-se nas frações inferiores a 10 µm, por conjugarem permanência em suspensão, facilidade de infiltração e maior probabilidade de contacto com componentes sensíveis do equipamento. No caso do carvalho, esta questão assume uma maior importância.

Perante este problema, a definição da membrana protetora foi tratada como um processo desenvolvido em paralelo com a captação e com o próprio desenvolvimento do projeto. Os materiais foram sendo testados à medida que a biblioteca sonora avançava, sem interromper as sessões de gravação. Esta decisão resultou de uma necessidade prática e metodológica. Não seria adequado adiar o início das captações até à identificação da membrana ideal, uma vez que alguns materiais com maior potencial de filtragem, como o *ePTFE* em folha fina, são produtos de nicho, com disponibilidade limitada e tempos de encomenda prolongados. Assim, optou-se por iniciar o projeto de investigação com uma solução provisória e funcional, baseada em espuma de poliuretano (PU), por se tratar de um material universalmente usado em gravações, de aplicação simples, custo reduzido e comportamento já estabilizado em contexto áudio. Em adição, foram sendo testados outros materiais para a membrana da cápsula, entre os quais camadas de Polipropileno (PP) não tecido e filtro *HEPA*, com o objetivo de avaliar progressivamente o equilíbrio entre capacidade de filtragem e transparência acústica. Importa sublinhar que a capacidade efetiva de retenção de poeiras não foi avaliada em laboratório através de ensaios de passagem de partículas. A adequação dos materiais enquanto barreira física foi considerada a partir das propriedades indicadas pelos fornecedores, nomeadamente porosidade, espessura, composição e uso previsto em contextos de filtragem ou proteção. Assim, os testes realizados neste projeto incidiram sobretudo sobre a transparência acústica das membranas, e não sobre a certificação da sua eficiência de filtração.

O desenvolvimento da proteção exigiu a conceção de um corpo capaz de se adaptar e fixar de forma estável ao microfone, sem comprometer em excesso a transparência acústica do conjunto. Com esse propósito, foi adquirida uma impressora *3D Bambu Lab P1S* e realizado um breve curso formativo em modelação 3D no âmbito

do software *Shapr3D*, o que permitiu desenvolver um protótipo funcional ajustado ao AKG SE 300 B com cápsula CK91, assim como ao Behringer ECM8000, sendo este último usado para analisar possíveis ressonâncias da estrutura impressa. O desenho final resultou de várias iterações de impressão e ensaio, orientadas por critérios práticos de montagem, rigidez estrutural, compatibilidade com diferentes materiais de membrana e redução da massa e espessura do corpo (ver figura 11).

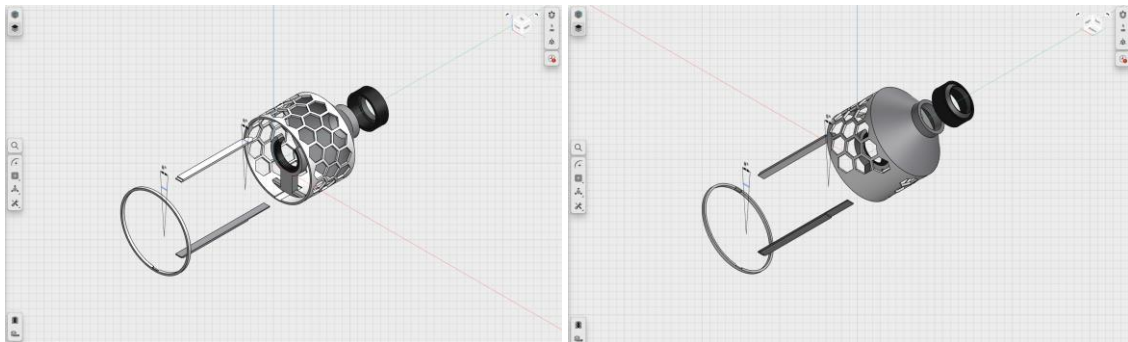


Fig. 11 – Screenshots do Protótipo Digital da Cápsula de Proteção Desenvolvido para o AKG SE 300 B com Cápsula CK91/CK94.

O corpo principal da cápsula foi impresso em PETG, escolhido pelo seu uso universal e bom alcance de estabilidade e resistência (Prusa Research, s.d.). As diferentes partes surgem separadas no modelo porque tiveram de ser impressas individualmente, em função da lógica construtiva da própria impressora e da necessidade de respeitar a deposição do material em camadas, de baixo para cima. Após a impressão, e apesar da existência de encaixes desenhados digitalmente, algumas uniões foram reforçadas com cola bicomponente (A + B) para plásticos, de modo a melhorar a estabilidade do conjunto em uso. Às superfícies de suporte interiores em que o corpo do AKG SE 300 B entrava em contacto com o plástico foram acrescentadas anilhas impressas em TPU com o propósito de limitar o efeito ruidoso de possíveis turbulências, representadas por cor negra na figura 12.

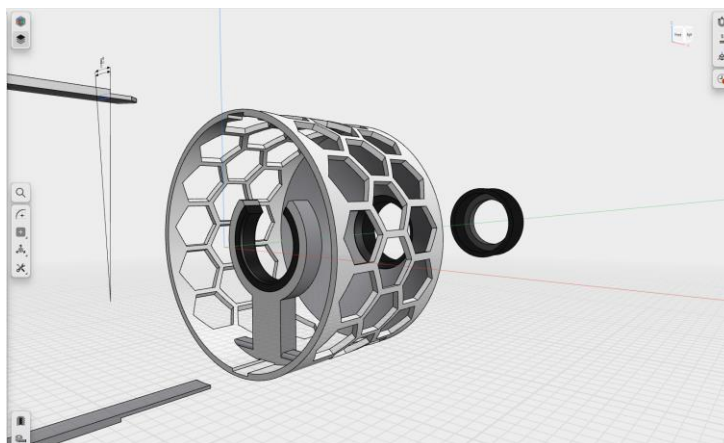


Fig. 12 – Captura de Ecrã do Protótipo Digital da Cápsula de Proteção Desenvolvido para o AKG SE 300 B com Cápsula CK91/CK94.

No que tange às dimensões, o revestimento de plástico dispõe de 12,2 cm de comprimento (excluindo a anilha traseira de TPU), e 6,3 cm de diâmetro exterior. O desenho procurou preservar cerca de 2 cm de espaçamento entre a cápsula exterior e a cápsula original do microfone, evitando o contacto direto entre a membrana filtrante e a cabeça do transdutor. Dado que o AKG SE 300 B com cápsula CK91 apresenta um diâmetro e uma geometria diferentes do Behringer ECM8000, tornou-se necessário desenvolver duas versões dimensionais da cápsula, alterando apenas o diâmetro dos orifícios por onde passa o microfone.

A geometria da peça foi definida a partir de uma lógica de estrutura celular aberta, procurando conciliar rigidez, baixa massa e elevada área livre para a passagem do som. Esta decisão encontra paralelo na literatura sobre estruturas do tipo *honeycomb*, onde se salienta que estas configurações apresentam elevada porosidade e baixa densidade relativamente ao material de base, mantendo uma relação favorável entre rigidez, resistência e capacidade de absorção de energia. Qi et al. (2021) referem ainda a eficiência geométrica da configuração hexagonal, associada à maximização do espaço interno com menor consumo de material. Embora o presente protótipo tenha uma escala e uma função distintas das estruturas analisadas nesse estudo, estes princípios foram transpostos como orientação conceptual para o desenho de uma cápsula leve, aberta e estruturalmente estável. De um ponto de vista geral, procurou-se manter a estrutura o mais fina possível, para reduzir obstruções físicas no percurso da onda sonora e limitar sombras acústicas. Esse foi o motivo da adoção de dois braços estruturais delgados no suporte frontal, definidos a partir de várias impressões prévias. Esta preocupação encontra apoio em Eargle (2005), ao mostrar que elementos

colocados na frente da cápsula, como grelhas, *baffles* e outras estruturas protetoras, alteram a resposta em frequência, o amortecimento do diafragma e o comportamento *on-axis* e em campo difuso. A cápsula foi reutilizada com diferentes materiais de membrana, o que permitiu comparar soluções distintas sem alterar a geometria. O espaçamento entre a membrana e a cabeça do microfone foi também considerado na construção projetada. A existência de um pequeno volume de ar entre a barreira exterior e a cápsula procurou evitar uma interação demasiado abrupta entre a membrana filtrante e a zona sensível do microfone. Qualquer *windscreen* aplicado a microfones de gradiente de pressão deve preservar uma cavidade interna livre na região do elemento transdutor. Deste modo, permite que o efeito de gradiente se estabeleça diretamente nesse elemento, evitando alterar a circulação acústica necessária à formação do padrão polar da cápsula, possibilitando que o som chegue às diferentes faces e aberturas do diafragma de acordo com o desenho original do microfone (Eargle, 2005). Embora o presente protótipo não tenha sido desenvolvido para controlo do vento, uma vez que todas as gravações decorreram em ambiente interior, o mesmo princípio revela-se pertinente para a proteção contra poeiras, evitando o contacto direto entre a membrana e a cápsula rígida e mantendo um espaço de ar funcional capaz de reduzir alterações bruscas no comportamento acústico local. Para cada material, cortou-se um círculo com cerca de 6,3 cm de diâmetro, correspondente à abertura frontal da cápsula, e um retângulo destinado a ser dobrado, culminando num cilindro sem uma das bases, permitindo a sua inserção. Esse cilindro era depois encaixado sobre o corpo impresso, envolvendo a zona frontal e lateral da cápsula. Na extremidade traseira, junto ao final do corpo, foi utilizado um elástico para reforçar o fecho do conjunto e reduzir possíveis aberturas laterais. Este sistema permitiu trocar os materiais de membrana sem alterar o corpo principal da cápsula, mantendo constante a geometria de suporte durante os testes comparativos.

Após a definição do corpo da cápsula, tornou-se necessário comparar os diferentes materiais de membrana utilizados ao longo do projeto. A seguinte tabela representada na figura 13 reúne os materiais testados e algumas das suas propriedades físicas.

Material	Proteção declarada	Espessura
Espuma de Poliuretano	$\sim 10 \mu\text{m}$	5 mm
Polipropileno Não-tecido multicamada (Máscara cirúrgica descartável)	$\sim 0,3 \mu\text{m}$	0.6 mm
Campo Cirúrgico TNT Descartável e Estéril	TNT 10–100 μm + filme impermeável	0.3 mm
HEPA (Classe M)	$\sim 0,3\text{--}1 \mu\text{m}$	0.5 mm
ePTFE	$\sim 1 \mu\text{m}$	0.3 mm
ePTFE	$\sim 10 \mu\text{m}$	0.3 mm

Fig. 13 – Materiais de Membrana Testados e Respetivas Propriedades Físicas

A seleção dos materiais testados resultou de uma combinação entre disponibilidade prática, potencial de retenção de partículas, permeabilidade ao ar, flexibilidade e facilidade de aplicação no protótipo. Foram privilegiados materiais associados, direta ou indiretamente, à proteção contra poeiras ou partículas em suspensão, mesmo quando não concebidos especificamente para uso em microfones. A espuma de poliuretano foi incluída por ser amplamente utilizada em proteções acústicas; o polipropileno não tecido e o filtro HEPA foram considerados pelo seu uso em sistemas de filtragem; e o ePTFE foi testado pelo seu potencial enquanto membrana fina, porosa e resistente, ainda que mais difícil de obter em folha adequada ao projeto.

A comparação entre materiais de membrana foi realizada com recurso ao software *REW*, através de medições repetidas da resposta em frequência do sistema. Como microfone de medição utilizou-se um Behringer ECM8000, colocado a 1 metro da coluna KRK Rokit 5 G4. Previamente à realização dos ensaios, foi efetuada uma calibração de *loopback* da interface de áudio, visando caracterizar a resposta em frequência e a distorção intrínseca da cadeia eletrónica, permitindo gerar um ficheiro de compensação. Desta forma, assegurou-se que os resultados obtidos representam exclusivamente o comportamento acústico do protótipo, eliminando artefactos, desvios de fase ou colorações tonais provenientes dos pré-amplificadores e conversores da interface. A fonte captada, nivelada com a referência de 75 dB SPL aconselhada pelos desenvolvedores do programa utilizado, consistiu num *sweep*, um sinal de teste acústico cuja frequência varia de forma contínua e exponencial ao longo do tempo, reproduzido duas vezes por medição, dos 20 Hz aos 20 kHz (espectro audível). Para cada condição testada foram realizadas três medições, tendo sido considerada a média dos resultados, com o objetivo de reduzir desvios pontuais e obter uma leitura mais realista. As medições foram efetuadas em várias configurações de referência e comparação: microfone sem cápsula, microfone com cápsula PETG sem membrana aplicada e

microfone com o mesmo corpo de cápsula equipado com cada um dos materiais analisados. Este procedimento permitiu isolar, por etapas, o efeito do corpo da cápsula e o efeito específico de cada membrana sobre a resposta em frequência. Estes ensaios devem ser entendidos como testes comparativos e não como medições anecoicas absolutas. Os resultados permanecem condicionados pela resposta acústica do espaço, pela coluna utilizada, pelo posicionamento físico do sistema e pela repetibilidade possível do enquadramento de medição.

Este procedimento permitiu enquadrar a investigação sobre proteção dos microfones como uma linha metodológica desenvolvida em paralelo com a produção da biblioteca sonora. O subcapítulo seguinte retoma essa dimensão operacional, descrevendo o modo como os sons foram gravados, editados e processados até à sua preparação para catalogação.

4.5 Processo de Gravação, Edição e Processamento de Áudio

Antes de cada captação, procedeu-se à preparação imediata do espaço e do sistema de gravação. Esta etapa consistiu na montagem dos microfones nos respetivos tripés, na definição da altura, ângulo e distância em relação à fonte sonora e na verificação da estabilidade dos suportes. A configuração *Mid-Side* foi geralmente colocada entre 1 e 2 metros da fonte, mantendo-se numa posição relativamente estável ao longo das sessões, com alterações sobretudo ao nível do ângulo de incidência, ajustado em função da ferramenta e da direção principal de projeção sonora. O microfone de proximidade foi, por sua vez, posicionado habitualmente a cerca de 30 cm ou menos da fonte, sendo reajustado com maior frequência por se destinar à captação do detalhe tímbrico e transitório de cada ação.

O microfone piezoelétrico foi utilizado apenas nas ações em que existia uma amostra ou superfície de madeira diretamente envolvida. Nestes casos, era fixado na própria madeira, de modo a captar a vibração estrutural produzida pela interação entre ferramenta, gesto e material. Quando a ação se focava apenas na interação sob o corpo da ferramenta, esta perspetiva de captação foi aplicada no sentido de registar genericamente a vibração da ferramenta. Nestes casos, a localização do piezo foi decidida caso a caso, em função do interesse tímbrico, expressivo ou conceptual da vibração produzida. A fixação foi realizada com fita de pintura, por permitir uma adesão suficiente para manter o contacto durante a captação, sem ser demasiado agressiva para a proteção em borracha selante aplicada previamente ao transdutor.

Após o posicionamento dos microfones, segundo as distâncias previamente definidas para cada situação de registo, procedeu-se à realização de um ensaio técnico com o objetivo de avaliar o nível sonoro recebido por cada cápsula e ajustar adequadamente o ganho no gravador para evitar saturação, preservar a dinâmica do gesto registado e garantir uma relação sinal-ruído adequada. Sempre que possível, foram também consultadas as especificações técnicas das ferramentas utilizadas, nomeadamente os valores de pressão sonora indicados pelos fabricantes, como referência complementar para a definição inicial dos níveis de gravação. A título de exemplo, segundo o manual da serra circular manuseada no projeto, o nível de pressão sonora emitido no ar é de 98,99 dB(A), enquanto o nível de potência sonora é de 109,99 dB(A), com uma incerteza declarada de 3 dB(A) (Enventor, 2021). Concluído este teste preliminar, iniciou-se a captação propriamente dita. O material era escutado de forma imediata para confirmar a sua integridade técnica e verificar a eventual presença de falhas, ruídos parasitas ou desequilíbrios de nível.

As gravações brutas foram realizadas em formato WAV, a 32 bit float e 96 kHz. A opção por este valor de *bit depth* é indicada ao contexto oficial, uma vez que diferentes ferramentas podiam produzir variações bruscas de intensidade sonora, dificultando a previsão exata dos níveis de entrada. Este formato ofereceu maior margem de segurança na captação, permitindo recuperar em pós-produção sinais com picos excessivos, desde que a distorção não tivesse ocorrido fisicamente na cápsula do microfone ou no estágio analógico de entrada. A frequência de amostragem de 96 kHz foi adotada por corresponder a um padrão técnico de alta qualidade em gravação sonora, frequentemente utilizado em contextos profissionais e em bibliotecas sonoras, assegurando uma resolução temporal superior à de formatos mais comuns de distribuição.

No final de cada sessão, os ficheiros brutos armazenados nos cartões SD do gravador e da câmara foram transferidos para o software de edição e organização sonora *Reaper*, que funcionou como estação principal de preparação dos materiais.

Foi neste *DAW* que se realizou a primeira fase de tratamento técnico, incluindo a codificação do sistema *Mid-Side*, a correção dos registos do microfone piezoelétrico e a análise espectral de determinadas ocorrências (ver figura 14).

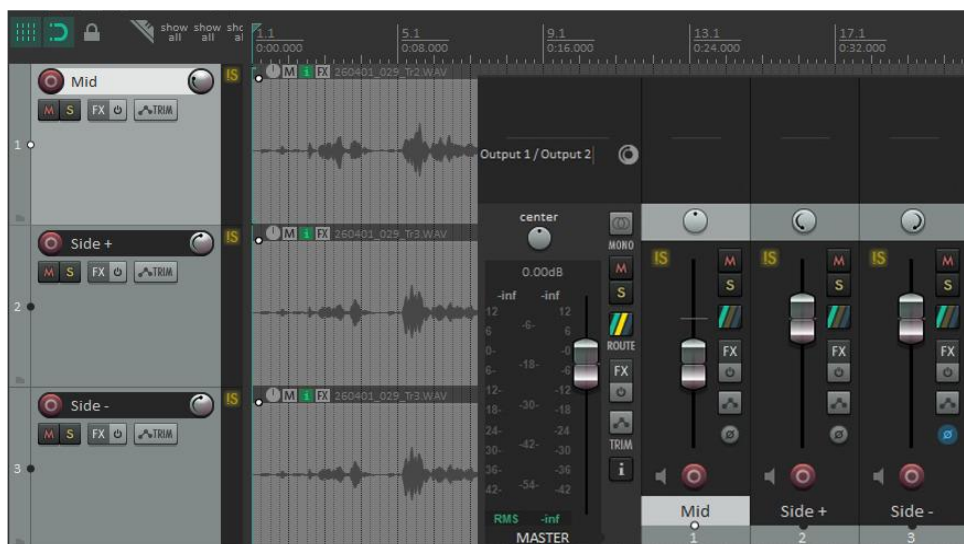


Fig. 14 – DAW Reaper e Codificação Mid-Side.

No caso da captação em *Mid-Side*, recorreu-se à conversão dos sinais provenientes das cápsulas CK91 e CK94, dispostas coincidentemente. O processo consistiu na criação de duas cópias do sinal da cápsula em figura de oito, invertendo-se a polaridade na segunda cópia. O sinal correspondente ao microfone central manteve-se ao centro do panorama estéreo, enquanto as duas versões do sinal lateral foram distribuídas para os extremos esquerdo e direito, respetivamente. Esta configuração permitiu reconstruir a imagem estéreo e ajustar a sua largura através da relação de ganho entre os canais *Mid* e *Side*, parâmetro que foi definido individualmente em função das características tímbricas, espaciais e mecânicas de cada ferramenta, antes de ser exportado o ficheiro em questão. A biblioteca final privilegiou a exportação de uma versão estéreo consolidada procurando evitar confusão na interpretação das diferentes faixas. A opção por disponibilizar o ficheiro MS já decodificado assegura uma escuta direta e funcional, mantendo a coerência espacial da técnica. Quando necessário, a decodificação deste tipo de sinal pode ser realizada com ferramentas específicas, como decodificadores disponíveis em software. A seguinte figura mostra um dos *plugins* da *Zoom* que demonstra através de um diagrama as vias de decomposição do ficheiro estéreo.

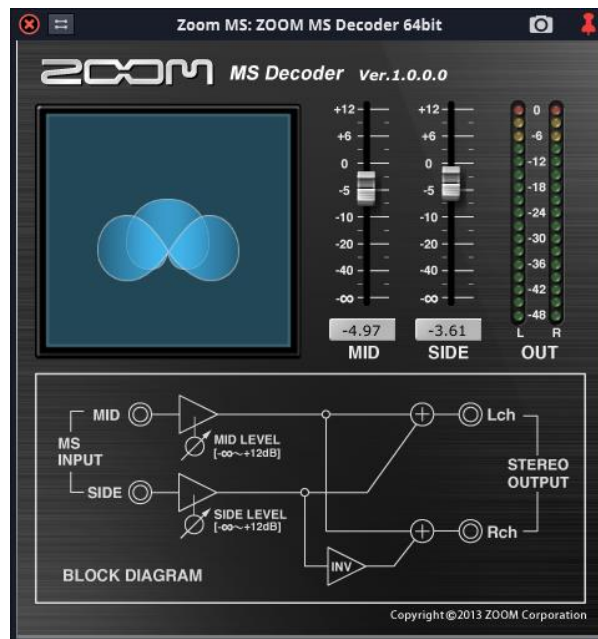


Fig. 15 – Exemplo de Descodificador MS utilizado para Controlo da Relação entre os Canais.

A resposta do microfone piezoelétrico evidencia particular sensibilidade em torno da sua frequência de ressonância, situada aproximadamente na região dos 4 kHz. Por se tratar de um transdutor passivo, este não recebeu *Phantom Power* (+48V DC). Durante a escuta e inspeção espectral dos registos, verificou-se também a presença de uma componente subgrave contínua em torno dos 50 Hz, residual e desprovida de interesse à ação captada. Para atenuar esse elemento indesejado, foi aplicado um processamento corretivo do tipo *de-hum*, baseado na utilização de filtros *notch* sucessivos sobre a frequência fundamental e as respetivas harmónicas, preservando a inteligibilidade e a utilidade do material captado.

Reconheceu-se a importância de integrar, sempre que pertinente, informação relativa à eventual tonalidade predominante de determinadas gravações. Esta opção surgiu também a partir do contacto com um profissional da área do som, membro da *Pulsar Sound Studios*, que referiu a utilidade prática desse tipo de indicação em bibliotecas destinadas a reutilização em contextos de *sound design*. Nesse sentido, uma das etapas do trabalho em *DAW* consistiu na observação espectral, com o objetivo de identificar frequências dominantes ou centros tonais relevantes para a descrição e futura pesquisa dos ficheiros.

Após esta fase de preparação inicial, o fluxo de trabalho divergia consoante o registo fosse ou não selecionado para integrar o conjunto final de vídeos demonstrativos. Embora todos os eventos sonoros tenham sido acompanhados por

captação de vídeo, estabeleceu-se como critério que seria suficiente exportar um vídeo representativo por ferramenta, uma vez que o objetivo principal da componente visual não era documentar exaustivamente todas as variações, mas tornar visíveis a disposição dos microfones, o contexto espacial, a ferramenta utilizada e as condições gerais de gravação. Quando existia documentação visual considerada pertinente, os ficheiros preparados no *Reaper*, nomeadamente o registo de proximidade, o sinal do piezo já corrigido, a versão estéreo descodificada de MS e o microfone incorporado da câmara, eram exportados para o *Adobe Premiere Pro*. Neste software procedeu-se à sincronização entre imagem e som, seguida da definição dos limites temporais de cada excerto. Apesar do *Reaper* permitir exportação de vídeo, o *Adobe Premiere Pro* foi utilizado por oferecer um fluxo de trabalho mais eficiente na edição visual dos excertos, nomeadamente à inserção de legendas que indicam a perspetiva de captação, a identificação dos microfones utilizados e a técnica aplicada, assim como ao tratamento de cor da imagem e ajustes gerais.

A delimitação dos clips de vídeo permitiu selecionar com precisão o início e o fim relevantes de cada ocorrência, eliminando segmentos redundantes, preparações do gesto, silêncios excessivos ou partes tecnicamente menos úteis. Esta seleção foi feita com atenção adicional aos transientes iniciais e finais presentes nos clips de áudio, de modo a evitar cortes abruptos em ataques, caudas de ressonância ou variações rápidas de amplitude relevantes para a identidade sonora da ação. Os clips foram submetidos à ação de *Render and Replace*, de forma a que o excerto editado passasse a funcionar como unidade autónoma na *timeline*. Esta última ação revelou-se importante para a etapa seguinte de padronização do nível sonoro, uma vez que evitou que a análise do pico máximo fosse influenciada por trechos exteriores ao segmento efetivamente selecionado. Nos casos em que determinado registo não foi selecionado para exportação em vídeo, o processo era mais direto e a definição dos limites temporais realizava-se no próprio *Reaper*, sem ter de passar para o *software* de edição de imagem.

A normalização foi aplicada, em ambos os percursos, com um valor máximo de -3 dBFS. Esta decisão teve dois objetivos principais. Em primeiro lugar, permitiu manter uma margem de segurança relativamente ao limite digital de 0 dBFS, reduzindo o risco de distorção acidental em exportações, conversões, reprodução noutros sistemas ou processamento adicional. Em segundo lugar, estabeleceu um critério técnico uniforme para o conjunto da biblioteca, facilitando a audição comparativa, a consistência entre ficheiros e a sua reutilização em diferentes contextos profissionais, artísticos ou pedagógicos.

Não foi aplicado qualquer processo de redução artificial da reverberação através de ferramentas de dereverberação no sinal do *close-mic*. Esta decisão procurou preservar a integridade do sinal captado e evitar artefactos associados ao processamento excessivo. Deste modo, os ficheiros disponibilizados mantêm as características acústicas originais do espaço de gravação, permitindo que futuros editores de som decidam autonomamente o grau de tratamento mais adequado às necessidades de cada projeto.

Antes da exportação definitiva, tornava-se necessário definir os critérios de catalogação e os campos de metadados a preencher. Essa dimensão será desenvolvida no subcapítulo seguinte, 4.6 Critérios de Classificação e Organização Sonora, onde se explicita o modo como o sistema UCS foi utilizado para a construção dos nomes dos ficheiros, bem como os critérios adotados no preenchimento de metadados BWF, de modo a assegurar compatibilidade e legibilidade em softwares de pesquisa e gestão de bibliotecas como o *Soundminer* ou o *Mutant*.

4.6 Critérios de Classificação e Organização Sonora

No contexto desta investigação, a classificação UCS permite tornar o conjunto de sons pesquisável, utilizável e metodologicamente coerente, assegurando consistência entre gravações realizadas com diferentes ferramentas, ações e técnicas de captação. Para além disso, facilita a identificação rápida do conteúdo de cada ficheiro, reduz ambiguidades na interpretação dos sons e favorece a sua reutilização futura em contextos de sound design, arquivo, ensino ou investigação. Deste modo, a catalogação funciona como uma ponte entre a fase de captação e o uso posterior da biblioteca, transformando registos brutos num acervo documental estruturado, coerente e transmissível. A opção por não desenvolver um sistema de classificação inteiramente novo decorre, antes de mais, do facto de esse não constituir o objetivo principal desta investigação. O foco do projeto centra-se na construção, exploração e documentação de uma biblioteca sonora de carpintaria, e não na criação de uma taxonomia original. O desenvolvimento de um sistema classificativo próprio implicaria um processo adicional de validação, incluindo testes de comparação com modelos já existentes e demonstração da sua aplicabilidade para outros utilizadores e contextos. Uma estrutura criada de raiz teria provavelmente menor legibilidade externa, podendo fazer sentido apenas no interior deste projeto. O recurso a uma norma já reconhecida permite aumentar a interoperabilidade da biblioteca, facilitando a sua compreensão, leitura e eventual reutilização por outros profissionais.

Neste sentido, a escolha do UCS justificou-se pela sua adequação às necessidades concretas da investigação. Oferece uma estrutura estável e reconhecível, suficientemente sólida para servir de base à organização da biblioteca e a sua flexibilidade permite adaptações pontuais ajustadas à especificidade de uma biblioteca especializada em sons de carpintaria e marcenaria, sem comprometer a clareza, a consistência ou a legibilidade do sistema adotado.

No contexto deste projeto, as subdivisões mais recorrentes foram HAND e POWER, por corresponderem de forma mais direta ao conjunto de ferramentas manuais e elétricas registadas ao longo do processo de captação. Para explicitar a forma como o modelo avançado de nomeação do UCS foi aplicado nesta investigação, apresenta-se de seguida a estrutura dos campos que compõem o nome do ficheiro, bem como um exemplo concreto retirado da biblioteca desenvolvida:

Modelo avançado de nomeação do UCS	CatID	UserCategory	VendorCategory	FXName	CreatorID	SourceID	UserData
Exemplo de aplicação utilizado	TOOLPowr	(vazio)	(vazio)	Drill Driver 6mm Bit Pinewood	PCARDIN	WWSL	CLOSEMIC

Fig. 16 – Exemplo de Aplicação do Modelo Avançado de Nomeação do UCS a um Ficheiro da Biblioteca Sonora do Presente Projeto.

Para uma leitura mais rigorosa da figura apresentada, importa começar por explicitar o significado de cada um dos campos que integram o modelo.

- **CatID:** define a categoria/subcategoria;
- **UserCategory:** categoria definível pelo utilizador;
- **VendorCategory:** categoria definível pelo fornecedor ou fabricante;
- **FXName:** descreve o efeito sonoro, através de uma breve descrição;
- **CreatorID:** identifica quem criou, gravou ou desenhou este som;
- **SourceID:** indica para que projeto, obra ou biblioteca este som foi criado;
- **UserData:** qualquer informação adicional, como localização, microfone ou identificador único.

Uma vez explicitada a função de cada campo, importa agora observar o modo como estes foram materializados num caso concreto de aplicação.

- **TOOLPowr:** corresponde ao *CatID*, identificando a categoria e subcategoria associadas a uma ferramenta que requer corrente elétrica;

- **(vazio)** em *UserCategory* e *VendorCategory*: indica que não foi introduzida uma categoria adicional definida pelo produtor da biblioteca;
- **Drill Driver 6mm Bit Pinewood**: corresponde ao *FXName*, descrevendo de forma sintética a ferramenta utilizada, a especificidade da broca e o material trabalhado;
- **PCARDIN**: corresponde ao *CreatorID*, identificando o autor responsável pela gravação e organização do som;
- **WWSL**: corresponde ao *SourceID*, sendo uma abreviatura para a biblioteca *WoodWork Sound Library*;
- **CLOSEMIC**: corresponde ao *UserData*, indicando a perspetiva ou técnica de captação utilizada neste ficheiro.

Os campos *UserCategory* e *VendorCategory* foram deixados vazios de forma deliberada, pois a sua utilização poderia tornar os nomes dos ficheiros excessivamente extensos, reduzindo a sua legibilidade prática. A este aspeto junta-se o facto de que as categorias e subcategorias do UCS, em articulação com o campo *FXName* e com o *UserData*, se revelaram suficientes para distinguir a natureza da ferramenta, a ação, o material e a perspetiva de captação. A opção pelo inglês na construção dos nomes dos ficheiros decorreu da sua maior compatibilidade com práticas correntes em bibliotecas sonoras comerciais e em *softwares* de pesquisa utilizados internacionalmente em contextos de *sound design* e pós-produção. Esta escolha procurou aumentar a legibilidade externa da biblioteca e facilitar a sua eventual reutilização por utilizadores não lusófonos.

Uma vez que cada ferramenta foi organizada a partir de quatro perspetivas de captação distintas, o resultado final da biblioteca traduz-se na multiplicação de ficheiros associados a uma mesma ação sonora. A figura apresentada abaixo exemplifica esse processo através do caso da fita métrica, em que um único gesto registado foi desdobrado em várias versões correspondentes a *Close-Mic*, *Piezo*, *MS* e *Cam* (áudio da câmara). Esta opção permitiu preservar separadamente as qualidades tímbricas, espaciais e documentais de cada registo, em vez de as condensar numa única versão final. Deste modo, cada ferramenta passou a estar representada por um conjunto mais alargado de ficheiros, oferecendo ao utilizador diferentes perspetivas de escuta e maiores possibilidades de análise, seleção e reutilização do material sonoro.

TOOLHand_Tape Measure Extend Retract Snap_PCARDIN_WWSL_C LOSEMIC
TOOLHand_Tape Measure Extend Retract Snap_PCARDIN_WWSL_PIEZO
TOOLHand_Tape Measure Extend Retract Snap_PCARDIN_WWSL_MS
TOOLHand_Tape Measure Extend Retract Snap_PCARDIN_WWSL_CAM

Fig. 17 – Exemplo da Organização de uma mesma Ação Sonora em Quatro Perspetivas Distintas de Captação.

Relativamente ao formato dos ficheiros, optou-se pela utilização de ficheiros WAV com metadados em *BWF (Broadcast Wave Format)*, preenchidos na janela de exportação do *Premiere Pro*, ou, nos casos sem exportação de imagem, diretamente no *Reaper*.

O formato *BWF*, como extensão do padrão *WAVE*, permite conservar áudio *PCM* (representação digital padrão de som analógico, sem compressão, usada em CDs, estúdios e formatos como *WAV*) juntamente com informação descritiva mínima considerada necessária para contextos profissionais de arquivo, intercâmbio e pós-produção. Deste modo, o *BWF* constituiu a base técnica que possibilitou associar os dados de catalogação ao próprio ficheiro sonoro, em vez de os manter apenas numa listagem externa.

Após a exportação final dos ficheiros, recorreu-se ainda ao software *MUTANT*, na sua versão gratuita, como ferramenta de verificação. A sua utilização teve como objetivo confirmar se os metadados se encontravam corretamente embutidos nos ficheiros finais, assegurando que a informação inserida durante a fase de catalogação permanecia acessível e legível no resultado exportado.

A descrição constitui um dos metadados mais importantes no contexto da biblioteca sonora, por concentrar o maior nível de detalhe sobre cada ficheiro e por poder determinar, de forma decisiva, a sua seleção ou rejeição por parte de um *sound designer*. No presente projeto, a descrição organizou-se segundo uma hierarquia progressiva que parte da identificação causal do som e avança para a sua caracterização material, temporal, morfológica, técnica e espacial. Tomando como exemplo o ficheiro *TOOLHand_Spray_Can_Varnish_Shake_Spray_PCARDIN_WWSL_CAM*, cuja descrição em *BWF* é “Misc tool, Varnish spray can, Spraying, Pinewood, Continuous spray pass, Light hiss, Diffuse spray texture, Atonal, Camera mic, Room reflections”, observa-se que os primeiros elementos identificam a categoria geral, a ferramenta e a ação, respondendo a uma lógica de escuta causal próxima da distinção formulada por Michel Chion. Em seguida, a referência a “Pinewood” introduz a matéria

sobre a qual a ação incide, reforçando a relação entre gesto, ferramenta e material. A expressão “Continuous spray pass” descreve o comportamento temporal do evento, enquanto “Light hiss”, “Diffuse spray texture” e “Atonal” deslocam a atenção para qualidades internas do som, aproximando-se da perspectiva tipomorfológica de Pierre Schaeffer, centrada na descrição perceptiva do objeto sonoro. Por fim, “Camera mic” e “Room reflections” acrescentam informação sobre a perspectiva de captação e sobre a inscrição do som num contexto técnico e acústico específico. Esta dimensão espacial e situada aproxima-se de leituras como as de Brandon LaBelle, na medida em que reconhece o som como ocorrência relacionada com um espaço, uma prática e uma condição de escuta, e não apenas como uma fonte isolada. Desta forma, a descrição funciona simultaneamente como instrumento de pesquisa prática e como síntese estruturada das qualidades mais relevantes do áudio.

Com este procedimento, a biblioteca deixou de ser apenas um conjunto de ficheiros áudio exportados, passando a constituir um acervo organizado segundo uma lógica de pesquisa, identificação e reutilização. O capítulo seguinte apresenta e discute os principais resultados do projeto de investigação.

5. Resultados e Discussão

O presente capítulo apresenta e discute os principais resultados obtidos ao longo do desenvolvimento do projeto, articulando a análise técnica dos ensaios comparativos com a concretização prática da biblioteca sonora. Numa primeira fase, são analisados os testes realizados com a cápsula de proteção e com os diferentes materiais porosos aplicados sobre os dois modelos de microfones previamente referidos, procurando observar de que modo cada solução interfere na resposta frequencial do sistema de captação. Estes resultados permitem avaliar a relação entre proteção física do equipamento e transparência acústica, uma questão central num contexto oficial marcado pela presença de poeiras finas e partículas em suspensão. Numa segunda fase, são apresentados os resultados relativos às gravações realizadas, à organização dos ficheiros, à documentação audiovisual e à aplicação dos critérios de catalogação definidos ao longo da metodologia.

5.1 Resultados e Discussão dos Ensaios Comparativos de Materiais Porosos de Proteção

A análise foi estruturada de forma progressiva. Num primeiro momento, caracteriza-se a resposta frequencial da oficina onde decorreram os ensaios, de modo a enquadrar as condições acústicas de medição. Em seguida, observa-se o efeito do corpo da cápsula sem qualquer material poroso aplicado, permitindo distinguir a influência da estrutura impressa em PETG da influência específica das membranas. Por fim, comparam-se os resultados obtidos com os diferentes materiais testados, incluindo ePTFE, espuma de poliuretano, filtro HEPA, campo cirúrgico e material de máscara descartável. Importa sublinhar que estes ensaios não foram realizados em condições anecoicas, pelo que os resultados não devem ser interpretados como medições absolutas da resposta de cada material. Pelo contrário, devem ser entendidos como medições comparativas em contexto real de oficina, mantendo constantes a coluna, o microfone, a distância, a posição e o corpo da cápsula. Esta abordagem permite avaliar diferenças relativas entre configurações, aproximando o teste das condições efetivas em que as soluções de proteção poderiam ser utilizadas durante a captação sonora da biblioteca.

A disposição física do sistema de medição encontra-se representada na figura 18. A configuração manteve constante a posição relativa entre a coluna KRK Rokit 5 G4 e o microfone de medição, de modo a assegurar que as diferenças observadas nas

medições resultassem sobretudo da presença da cápsula e dos materiais porosos testados, e não de alterações no posicionamento do sistema. Esta configuração serviu de base tanto para a caracterização da resposta frequencial da oficina como para os ensaios comparativos entre materiais.



Fig. 18 – Configuração Experimental Utilizada nos Ensaio Comparativos em REW, com Altifalante de Referência e Microfone de Medição.

Antes da comparação direta entre materiais, tornou-se necessário compreender o comportamento acústico do próprio espaço de ensaio. Para esse efeito, a figura 19 apresenta a resposta frequencial da oficina medida com o microfone Behringer ECM8000. Esta medição funciona como perfil acústico de referência e permite articular os resultados experimentais com os parâmetros teóricos previamente obtidos através do AMROC. A visualização das respostas em frequência foi realizada com suavização de 1/6 de oitava no REW. Esta opção permite reduzir oscilações muito estreitas e facilitar a leitura comparativa entre medições, preservando ainda detalhe suficiente para observar alterações relevantes introduzidas pela cápsula e pelos materiais testados.



Fig. 19 – Resposta Frequencial da Oficina Utilizada nos Ensaio Acústicos, Obtida através do Microfone de Medição ECM8000.

Os resultados apresentados na figura 19 demonstram coerência com os cálculos realizados na ferramenta AMROC da resposta medida. Abaixo dos 150 Hz, a curva apresenta variações acentuadas, com reforços e atenuações pronunciadas. Este comportamento é compatível com a influência dos modos próprios da oficina de pequena dimensão, onde os comprimentos de onda das baixas frequências se aproximam das dimensões físicas do espaço. O pico visível na região dos 60 Hz pode ser relacionado com a dimensão transversal da oficina, enquanto as oscilações entre cerca de 80 Hz e 150 Hz resultam da interação entre diferentes modos da sala. A partir da região próxima da frequência de Schroeder, a resposta torna-se progressivamente mais estável. Embora continuem a existir pequenas variações de nível, a zona dos médios e agudos apresenta uma distribuição mais regular, sendo por isso mais relevante para a avaliação da transparência acústica dos materiais testados.

Antes da aplicação dos diferentes materiais porosos, foi necessário avaliar o impacto acústico do próprio corpo da cápsula impressa. A figura 20 apresenta a montagem do microfone com a cápsula de proteção aplicada, permitindo observar a relação entre o transdutor, a estrutura exterior em PETG e a zona frontal destinada à colocação da membrana.

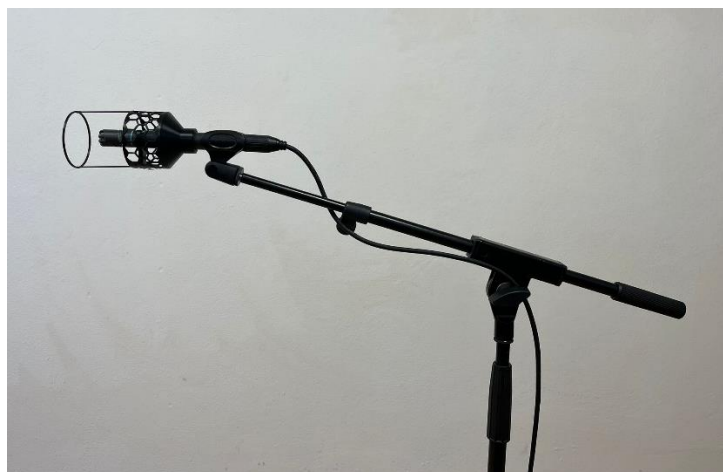


Fig. 20 – Montagem do Microfone com a Cápsula de Proteção Impressa em 3D Aplicada durante os Ensaios Comparativos.

Resultante da primeira comparação experimental, é representada na figura 21 a medição em que a curva vermelha corresponde à resposta frequencial do microfone ECM8000 sem cápsula e a curva verde representa a resposta do mesmo microfone com a cápsula de proteção em PETG aplicada, ainda sem qualquer material poroso ou membrana filtrante.



Fig. 21 – Comparação da Resposta Frequencial do Microfone ECM8000 sem Cápsula e com Cápsula de Proteção sem Material Poroso.

A comparação entre as duas curvas permite avaliar isoladamente a influência do corpo da cápsula sobre a resposta em frequência, antes da introdução dos materiais de proteção. De forma geral, observa-se uma elevada proximidade entre ambas as medições ao longo de quase todo o espectro audível. Esta semelhança sugere que a

estrutura em PETG, por si só, não introduz uma coloração acústica significativa, pelo menos nas condições de ensaio adotadas. Nas frequências altas, observa-se uma pequena diferença entre as curvas, especialmente acima de aproximadamente 8 kHz, onde a presença da cápsula parece introduzir ligeiras alterações na resposta, mas nunca ultrapassando uma diferença superior a 2 dB. Estes resultados indicam que o desenho da cápsula apresenta um comportamento acusticamente aceitável enquanto estrutura de suporte. Contudo, este confronto bilateral teve sobretudo a função de avaliar a influência acústica do corpo impresso, antes da aplicação de qualquer material poroso. Apesar de o ECM8000 ter sido utilizado como microfone de medição, o foco prático do desenvolvimento da cápsula recaiu sobre o AKG CK91, uma vez que o design da proteção foi concebido em função da geometria e do comportamento direcional deste condensador cardióide.

A etapa seguinte consistiu em repetir a comparação com a cápsula do CK91. Como se observa na figura 22, a diferença entre a resposta do microfone sem e com cobertura, é ainda menos expressiva. Induz-se que quando esta é aplicada ao microfone para o qual foi projetado, introduz uma interferência acústica muito reduzida.

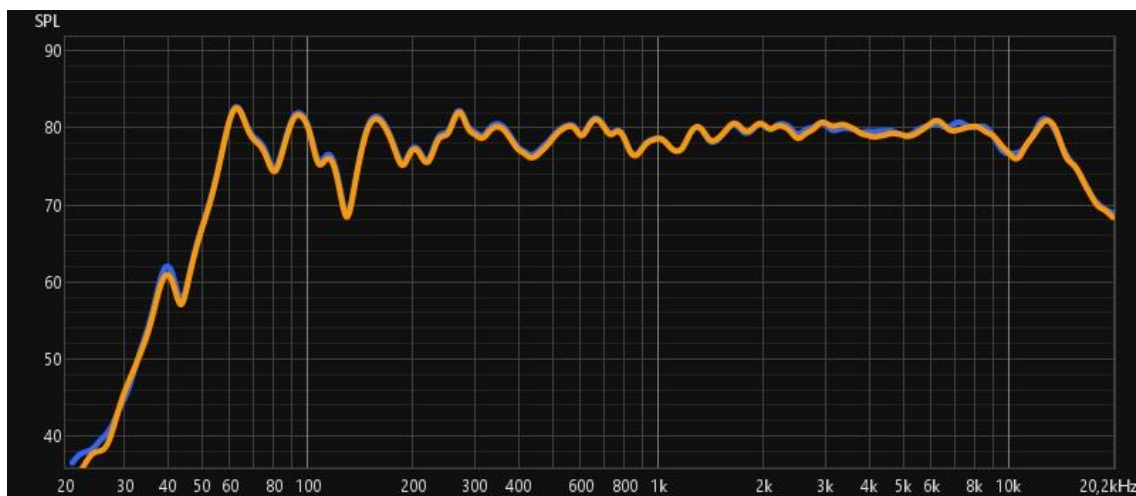


Fig. 22 – Comparação da Resposta Frequencial do Microfone AKG CK91 sem Cápsula e com Cápsula de Proteção sem Material Poroso.

Para facilitar a leitura gráfica, a resposta do CK91 sem cápsula foi representada a azul, tanto no gráfico anterior como nos seguintes, funcionando como referência base, enquanto a resposta do mesmo microfone com o corpo de proteção em PETG, ainda sem qualquer material poroso aplicado, foi representada a laranja. Ao contrário do que se verificou na comparação com o ECM8000, observa-se aqui uma sobreposição ainda

mais evidente entre as duas curvas. Em nenhum ponto da zona analisada a disparidade ultrapassa o valor de 1 dB, o que indica que o corpo impresso introduz uma alteração acústica reduzida quando aplicado ao microfone para o qual foi concebido. A zona em que a diferença se torna mais relevante situa-se em torno dos 7,2 kHz, onde se observa uma pequena variação entre as duas respostas.

Após a validação do corpo impresso, procedeu-se à aplicação dos diferentes materiais porosos sobre a cápsula de proteção. A figura 23 apresenta o conjunto de protótipos utilizados nesta fase, evidenciando a diversidade de membranas testadas e a repetição da mesma lógica construtiva em cada amostra. Esta apresentação visual permite compreender que a comparação incidiu sobre a variação do material aplicado, mantendo-se constante a geometria geral da cápsula e o princípio de montagem.



Fig. 23 - Cápsulas de Proteção com Diferentes Membranas Porosas Testadas nos Ensaios Comparativos.

A partir desta validação inicial do corpo impresso, procedeu-se à comparação dos diferentes materiais porosos aplicados sobre a cápsula de proteção. Nas figuras 24 a 29, a curva azul corresponde à resposta de referência do AKG CK91 sem cápsula, enquanto a segunda curva de cada gráfico representa a resposta do mesmo microfone com o corpo protetor revestido pelo material em análise.

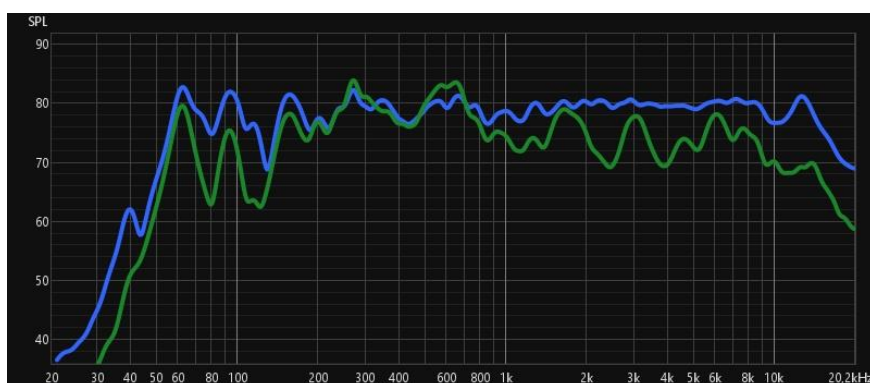


Fig. 24 – Comparação da Resposta Frequencial do AKG CK91 com Revestimento em ePTFE de 1 µm de Porosidade Aplicado na Cápsula de Proteção.

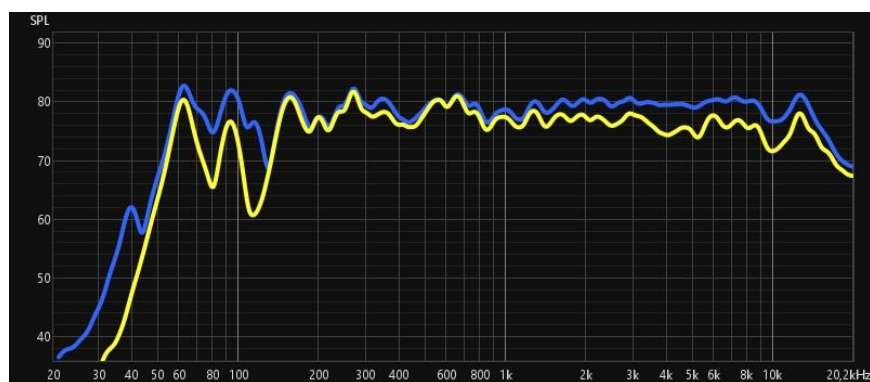


Fig. 25 – Comparação da Resposta Frequencial do AKG CK91 com Revestimento em ePTFE de 10 µm de Porosidade Aplicado na Cápsula de Proteção.

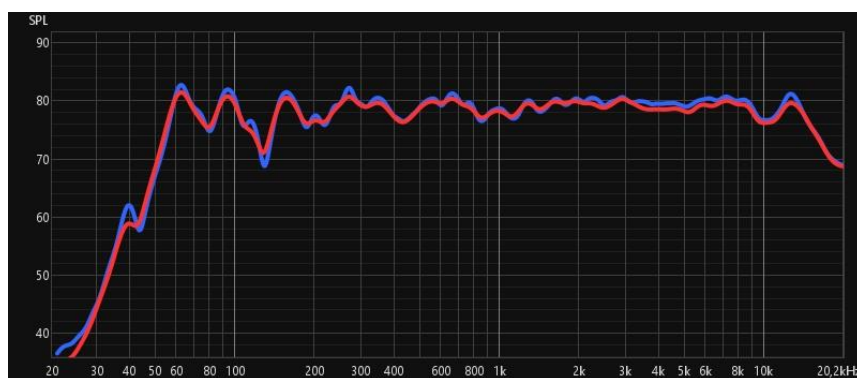


Fig. 26 - Comparação da Resposta Frequencial do AKG CK91 com Revestimento em Espuma de Poliuretano Aplicado na Cápsula de Proteção.

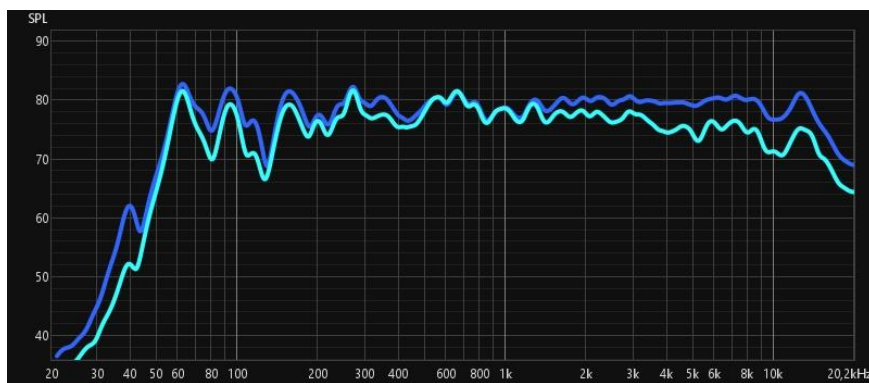


Fig. 27 – Comparação da Resposta Frequencial do AKG CK91 com Revestimento em Filtro HEPA (Classe M) Aplicado na Cápsula de Proteção.

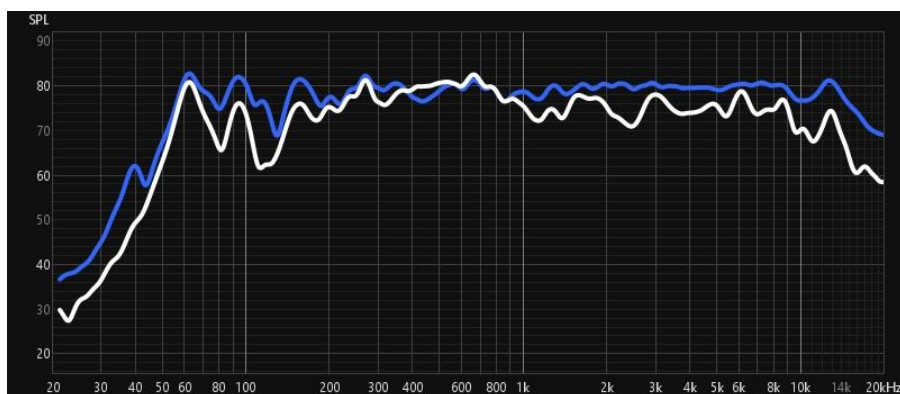


Fig. 28 – Comparação da Resposta Frequencial do AKG CK91 com Revestimento em Campo Cirúrgico Aplicado na Cápsula de Proteção.



Fig. 29 – Comparação da Resposta Frequencial do AKG CK91 com Revestimento em Material de Máscara Descartável Aplicado na Cápsula de Proteção.

Na figura 24, correspondente ao ePTFE de 1 μm , verifica-se uma atenuação mais evidente. Embora a curva acompanhe parcialmente a tendência geral da referência, surgem diferenças significativas em várias zonas do espectro. Por volta dos 70 Hz acontece um contraste acentuado de 13 dB. Aos 600 Hz surge uma pequena ressonância, com um breve aumento relativo de 4 dB. Existem também zonas críticas situadas nos 2,5 kHz, 4 kHz e 11 kHz, com uma diferença de cerca de 10 dB. Este comportamento sugere que, apesar do seu interesse enquanto barreira contra partículas finas, o ePTFE de menor porosidade introduz uma interferência acústica mais marcada, associada à maior resistência à passagem do ar e à menor área efetiva de transmissão sonora.

A figura 25 apresenta o resultado obtido com ePTFE de 10 μm . Em comparação com o ePTFE de 1 μm , observa-se uma aproximação substancialmente maior à resposta de referência. A curva mantém-se mais estável ao longo da maior parte do espectro analisado, com diferenças pontuais menos acentuadas e uma menor tendência de atenuação nas frequências altas. Na região dos graves, observa-se uma variância expressiva em torno dos 70 Hz, com um desvio aproximado de 10 dB entre as duas curvas. A variação mais acentuada ocorre, porém, perto dos 114 Hz, onde se regista uma atenuação de cerca de 16 dB. A partir desta zona, a resposta passa a apresentar um comportamento mais regular, com perdas mais homogêneas ao longo do espectro. Esta diferença entre os dois tipos de ePTFE evidencia a importância da porosidade na transparência acústica da membrana: uma abertura de poro superior tende a permitir maior passagem de energia sonora, reduzindo a coloração introduzida pelo material.

Na figura 26, relativa à espuma de poliuretano, observa-se uma das respostas mais próximas da curva de referência. A diferença entre as duas medições é reduzida ao longo de quase todo o espectro analisado, mantendo-se uma forte sobreposição entre as curvas. Este resultado confirma o comportamento esperado deste tipo de material, amplamente utilizado em proteções acústicas, precisamente pela sua elevada permeabilidade ao ar e reduzida interferência tonal. Embora a espuma de poliuretano possa não apresentar a mesma capacidade de retenção de partículas finas que materiais concebidos especificamente para filtração, demonstrou ser uma solução acusticamente transparente, funcionando como referência prática para a comparação com os restantes revestimentos.

A figura 27 mostra a resposta obtida com filtro HEPA de Classe M. A curva apresenta um comportamento relativamente próximo da referência nas baixas e médias frequências, embora se observe uma ligeira perda de energia nas frequências mais

altas, sobretudo a partir dos 1,3 kHz. Este resultado sugere que o filtro HEPA de Classe M introduz alguma resistência acústica, previsível num material concebido para retenção de partículas, mas sem provocar uma alteração tão acentuada como a observada no ePTFE de 1 µm. Assim, o filtro HEPA de Classe M apresenta-se como uma solução intermédia: potencialmente mais eficaz enquanto barreira física do que a espuma de poliuretano, mas com maior impacto na resposta em frequência.

Na figura 28, correspondente ao campo cirúrgico bicamada, observa-se uma das alterações mais expressivas entre os materiais testados. Este material é constituído por duas camadas distintas. Possui uma camada superior em TNT de polipropileno e uma camada inferior em filme de polietileno. A presença desta película plástica impermeável ajuda a explicar a maior atenuação observada, sobretudo nas frequências médias e altas. Ao contrário dos materiais mais permeáveis, o campo cirúrgico não funciona apenas como uma estrutura porosa aberta, mas como uma barreira composta, com uma camada plástica que dificulta a passagem livre da energia sonora. Por esse motivo, apesar do seu potencial enquanto material de resguardo físico, revelou-se acusticamente menos adequado para este tipo de aplicação.

A figura 29 apresenta o resultado obtido com material de máscara descartável. A resposta mantém-se relativamente próxima da curva de referência em várias zonas do espectro, embora apresente pequenas diferenças nas frequências médias e uma ligeira atenuação nas frequências mais altas. O seu comportamento situa-se entre a espuma de poliuretano e os materiais de filtragem mais restritivos. Por ser um material fino, flexível e concebido para permitir passagem de ar, apresenta uma transparência acústica aceitável. No entanto, a sua composição em camadas e a função de retenção de partículas introduzem alguma alteração na resposta, ainda que menos severa do que a observada no campo cirúrgico bicamada, tornando-se numa das melhores opções das amostras testadas.

Após a análise individual dos materiais testados, a seguinte tabela (ver figura 30) sistematiza os resultados comparativos obtidos, reunindo a atenuação média aproximada, a faixa de frequência mais afetada e uma observação sintética sobre o comportamento acústico de cada material. Esta organização permite uma leitura direta das diferenças entre soluções e facilita a identificação dos materiais com maior transparência acústica no contexto dos ensaios realizados.

Material testado	Atenuação média aproximada	Faixa de frequência mais afetada	Observação
ePTFE 1 µm	≈ 4,2 dB	12 kHz – 20 kHz, com atenuação média próxima de 9,7 dB	Material com interferência acústica marcada. Apresenta perdas evidentes nos agudos e desvios relevantes entre 2 kHz e 20 kHz, sugerindo maior resistência à passagem do ar.
ePTFE 10 µm	≈ 2,3 dB	8 kHz – 12 kHz, com atenuação média próxima de 4,5 dB	Mais transparente do que o ePTFE de 1 µm. A maior porosidade reduz a atenuação global, embora continue a introduzir perdas visíveis nas frequências altas.
Espuma de poliuretano	≈ 0,4 dB	4 kHz – 8 kHz, com atenuação média próxima de 0,9 dB	Material acusticamente mais transparente entre os testados. A curva mantém-se muito próxima da referência ao longo de quase todo o espectro analisado.
Filtro HEPA (Classe M)	≈ 2,8 dB	8 kHz – 12 kHz, com atenuação média próxima de 5,7 dB	Solução intermédia. Mantém comportamento relativamente controlado nas frequências médias, mas introduz uma perda mais clara nas frequências altas.
Campo cirúrgico	≈ 4,0 dB	12 kHz – 20 kHz, com atenuação média próxima de 10,0 dB	Um dos materiais com maior interferência acústica. A resposta apresenta perdas acentuadas nos agudos, possivelmente associadas à menor permeabilidade e à presença de uma camada plástica.
Material de máscara descartável	≈ 1,5 dB	8 kHz – 12 kHz, com atenuação média próxima de 3,9 dB	Apresenta um compromisso favorável entre transparência acústica e potencial de proteção. Introduce alguma perda nos agudos, mas mantém uma resposta mais equilibrada do que o HEPA, o campo cirúrgico e o ePTFE de 1 µm.

Figura 30 – Síntese Comparativa da Resposta Acústica dos Materiais Porosos Aplicados na Cápsula de Proteção do AKG CK91.

Os resultados demonstram que a transparência acústica dos materiais não depende apenas da sua espessura ou da dimensão nominal dos poros, mas de um conjunto de fatores associados: densidade da estrutura, tortuosidade dos poros, rigidez, tensão de aplicação, percentagem de área aberta, distância à cápsula do microfone e eventual tendência do material para vibrar com a pressão sonora. Entre os materiais testados, a espuma de poliuretano apresentou a resposta mais próxima da referência, sendo a solução acusticamente mais transparente. O ePTFE de 10 µm revelou também um desempenho favorável, com menor interferência do que o ePTFE de 1 µm. O filtro HEPA e o material de máscara descartável apresentaram resultados melhores do que o esperado, conciliando alguma capacidade de barreira com uma alteração moderada da resposta. O campo cirúrgico bicamada revelou-se o menos transparente acusticamente, devido à sua estrutura composta por TNT de polipropileno e filme de polietileno, cuja camada plástica reduz a passagem livre do som. Deste modo, a escolha do material mais adequado não pode ser definida apenas pela resposta frequencial. A espuma de poliuretano apresenta o melhor comportamento acústico, mas oferece menor garantia enquanto barreira contra poeiras finas. Materiais como o ePTFE de 10 µm, o filtro HEPA ou o material de máscara descartável podem representar soluções mais equilibradas quando se considera simultaneamente a necessidade de resguardo físico do microfone e a preservação aceitável da transparência acústica. A escolha do tipo de proteção pode ser relacionada também com a intenção artística de quem

conceptualiza o trabalho a realizar, podendo não haver preocupação em preservar o timbre de cada ferramenta utilizada.

A figura 31 apresenta uma comparação complementar realizada com a espuma de poliuretano, com o objetivo de perceber se a forma de aplicação do material interfere de modo relevante na resposta frequencial do AKG CK91. Ao contrário dos gráficos anteriores, que comparam diferentes materiais aplicados no corpo de proteção, esta medição incide sobre o mesmo material em duas configurações distintas. A curva amarela corresponde à espuma de poliuretano aplicada sobre a cápsula impressa em PETG, enquanto a curva vermelha representa a espuma colocada diretamente em contacto com a cápsula original do microfone.



Fig. 31 – Comparação da Resposta Frequencial da Espuma de Poliuretano Aplicada na Cápsula de Proteção e em Configuração Convencional.

De forma geral, observa-se uma elevada proximidade entre as duas respostas, com diferenças pouco expressivas ao longo da maior parte do espectro audível. Este resultado indica que, no caso da espuma de poliuretano, a introdução do corpo impresso entre o material e o microfone não altera de forma significativa o comportamento acústico global da proteção. A resposta mantém-se particularmente estável nas frequências médias, onde as duas curvas praticamente se sobrepõem, sugerindo que a espuma conserva uma boa transparência acústica tanto em aplicação convencional como quando integrada no sistema de proteção desenvolvido.

Após a análise dos ensaios comparativos de proteção dos microfones, torna-se necessário deslocar a discussão do comportamento técnico dos materiais para a

concretização prática da biblioteca sonora. Os testes anteriores permitiram compreender de que modo diferentes soluções de proteção interferem na resposta frequencial do sistema de captação e que compromissos se estabelecem entre transparência acústica e resguardo físico do equipamento. Contudo, esses resultados constituem apenas uma parte do projeto. A sua relevância concretiza-se sobretudo quando articulada com o processo de gravação, organização, catalogação e documentação audiovisual dos sons produzidos em contexto de oficina.

5.2 Resultados da Biblioteca Sonora e da Documentação Audiovisual

A segunda dimensão dos resultados centra-se na concretização da biblioteca sonora desenvolvida ao longo do projeto. Este subcapítulo apresenta, por isso, os resultados relativos à estrutura final da biblioteca, às ferramentas e ações registadas, às perspetivas de captação audiovisual utilizadas, à aplicação do sistema UCS e à integração de metadados em formato BWF.

5.2.1 Constituição Geral da Biblioteca Sonora

A biblioteca sonora desenvolvida, intitulada *WoodWork Sound Library*, é constituída por 712 ficheiros de áudio, exportados em formato WAV, com resolução de 24 bit e frequência de amostragem de 96 kHz. A captação foi realizada em 32-bit float no gravador Zoom F6, de modo a garantir maior margem de segurança perante variações bruscas de nível durante as sessões. No entanto, a exportação final foi realizada em 24 bit, por corresponder a um formato mais convencional em bibliotecas sonoras profissionais, com elevada qualidade de reprodução, boa compatibilidade em contextos de edição e menor peso de armazenamento.

Cada par ação-ferramenta foi organizado segundo as quatro perspetivas de captação definidas na metodologia (*close-mic*, *mid-side*, piezoelétrico e microfone da câmara). Esta divisão permitiu que uma mesma ação fosse disponibilizada a partir de diferentes modos de escuta, distinguindo o detalhe tímbrico da fonte, a presença espacial da oficina, a vibração estrutural do material e o registo documental associado à imagem. Assim, a biblioteca não se limita a apresentar uma versão única de cada som, mas disponibiliza um conjunto de perspetivas complementares sobre o mesmo evento sonoro.

As ferramentas registadas foram organizadas em três grupos principais: ferramentas elétricas, ferramentas pneumáticas e ferramentas manuais. No grupo das

ferramentas elétricas foram incluídas uma multi-ferramenta, um tico-tico, uma serra circular, uma lixadeira de detalhe, uma lixadeira roto-orbital, uma rebarbadora, uma lixadeira de cinta, uma aparafusadora, uma serra de mesa, uma mini serra circular, uma plaina elétrica, uma tupia, uma fresadora, um aspirador, uma serra de meia esquadria e uma CNC a laser. No grupo das ferramentas pneumáticas foram registados um compressor de ar a óleo e uma pistola de pregar pneumática. O conjunto de ferramentas manuais integrou um martelo, um serrote, uma chave estrela, uma agrafadora, uma caixa de ferramentas, grampos, uma espátula, um lápis, um esquadro, um formão, um alicate de corte, um alicate universal, uma lata de verniz em spray, uma braçadeira de canto, um x-ato, uma escova de aço e uma lima plana.

Produziram-se dez registos experimentais destinados à exploração tímbrica das ferramentas utilizadas ao longo do projeto. Estes sons foram classificados na categoria TOOLMisc e identificados segundo a nomenclatura "TOOLMisc_Multiple Tools Experimental Texture". Os registos resultam da combinação e manipulação não convencional de múltiplas ferramentas, privilegiando comportamentos sonoros imprevisíveis, texturas complexas e gestos desvinculados da função prática dos objetos. Ao contrário dos restantes conteúdos da biblioteca, estes ficheiros não possuem documentação visual associada. Esta decisão pretendeu estabelecer uma reflexão crítica sobre a relação entre fonte sonora e percepção auditiva. Ao remover a referência visual, apenas para este nicho de sons, procura-se não deixar de incentivar abordagens criativas centradas nas propriedades acústicas do som e não na identificação imediata da sua origem material.

Para além das ações diretamente associadas ao uso de ferramentas, foram igualmente registadas operações de manuseamento de madeira sem intervenção instrumental, incluindo a deslocação, queda, empilhamento e lançamento de retalhos e sobras de corte. Estes acontecimentos sonoros constituem uma componente recorrente do ambiente de trabalho em carpintaria e complementam a representação acústica dos processos documentados.

As ações registadas procuraram representar tanto o funcionamento próprio das ferramentas como a sua interação com diferentes materiais. Nas ferramentas elétricas, foram captados estados como *idle*, arranque, paragem, funcionamento contínuo e variações de velocidade. Em vários casos, foi ainda registado o comportamento da ferramenta através da variação contínua de velocidade, identificada nos ficheiros como *varispeed*, permitindo documentar alterações graduais de rotação e a sua influência na textura sonora. Quando a ferramenta foi aplicada sobre madeira, a velocidade utilizada

foi definida de acordo com o tipo de corte, a resistência do material e a prática habitual de utilização. Os materiais trabalhados incluíram MDF, contraplacado, pinho maciço e carvalho maciço, entre outros casos pontuais. Esta diversidade permitiu observar diferenças relevantes na resposta sonora de cada ferramenta, sobretudo ao nível da densidade, do ataque, da rugosidade e da ressonância do material. Em determinadas ações, foi também distinguida a direção do gesto em relação ao veio da madeira, recorrendo à diferenciação entre “*with the grain*” e “*across the grain*”. Esta distinção revelou-se pertinente, uma vez que o corte, a fricção ou o desgaste no sentido do veio produzem uma resposta tímbrica diferente da ação realizada perpendicularmente ao veio, alterando a tonalidade, a resistência mecânica percebida e a textura do som.

O serrote assumiu um papel particular dentro da biblioteca. Ao contrário das ferramentas elétricas, não possui um som próprio em repouso ou em funcionamento autónomo, dependendo integralmente da ação manual e do contacto com a madeira. Por essa razão, foi utilizado como ferramenta de comparação entre diferentes espécies, permitindo escutar de forma mais evidente a influência material do suporte cortado. Através desta ferramenta, foram registadas variações entre madeiras como pinho, carvalho, faia e mogno, entre outras, tornando audível a relação entre densidade, veio, resistência ao corte e qualidade tímbrica produzida pelo gesto manual.

5.2.2 Organização dos Ficheiros e Aplicação do UCS

A organização final dos ficheiros confirmou a adequação geral do sistema UCS ao universo sonoro trabalhado. Uma vez que a biblioteca incide sobre ferramentas e ações associadas à carpintaria, a maioria dos registos pôde ser integrada de forma direta na categoria TOOLS, recorrendo às subcategorias correspondentes às ferramentas elétricas, manuais e pneumáticas. Deste modo, os ficheiros foram distribuídos sobretudo entre categorias como TOOLPowr, TOOLHand e TOOLPneu, permitindo manter uma estrutura coerente com a lógica definida na metodologia. Não obstante essa pertinência, a especificidade da biblioteca exigiu que a maior parte da informação relevante fosse colocada nos campos seguintes do nome do ficheiro, sobretudo no FXName e no UserData. As categorias do UCS identificam a natureza geral da fonte sonora, mas não distinguem, por si só, elementos fundamentais para este projeto, como o tipo de madeira, a direção do gesto em relação ao veio, a espessura do material, a velocidade da ferramenta ou a perspetiva de captação. Por essa razão, a estrutura final dos nomes teve de articular a classificação com uma descrição funcional mais detalhada.

Durante a organização final, tornou-se também evidente que a pré-catalogação não conseguia antecipar todas as distinções relevantes. Algumas ações previstas inicialmente revelaram-se demasiado semelhantes entre si depois da escuta, não justificando uma separação excessiva. Noutros casos, ocorreu o inverso. Certas distinções sonoras aparentemente secundárias, como a direção do corte em relação ao veio da madeira, ou no domínio da alteração da espécie trabalhada, produziram resultados sonoros suficientemente distintos para justificar ficheiros autónomos, mesmo que somente para mostrar a existência dessa diferença a ouvintes sem conhecimento prévio do material. Este aspeto demonstrou que a classificação não pôde ser definida apenas antes da gravação, tendo dependido também da escuta posterior e da avaliação crítica do material captado.

O principal limite encontrado não esteve, portanto, na integração dos sons nas categorias UCS, mas na relação entre a normalização do sistema e a especificidade material do projeto. O sistema usado universalmente permitiu organizar a biblioteca de forma compatível com práticas profissionais, mas a sua estrutura funcional mostrou-se parcialmente limitada para representar, sozinha, a complexidade acústica da carpintaria. A informação relativa ao gesto, à madeira, à direção do veio e à técnica de captação teve de ser acrescentada através da nomeação e dos metadados.

5.2.3 Metadados Embutidos e Verificação em Software

A verificação dos ficheiros finais foi realizada no software *Explorer*, da *Sound Particles*, permitindo confirmar se os metadados permaneciam legíveis após a exportação. Como se observa na figura 32, o software apresenta simultaneamente a lista dos ficheiros, a forma de onda, os parâmetros técnicos e os campos BWF incorporados. Esta visualização permitiu confirmar a presença de informação como a duração, o número de canais, a frequência de amostragem, a descrição, a categoria e outros campos associados à origem e criação do ficheiro.

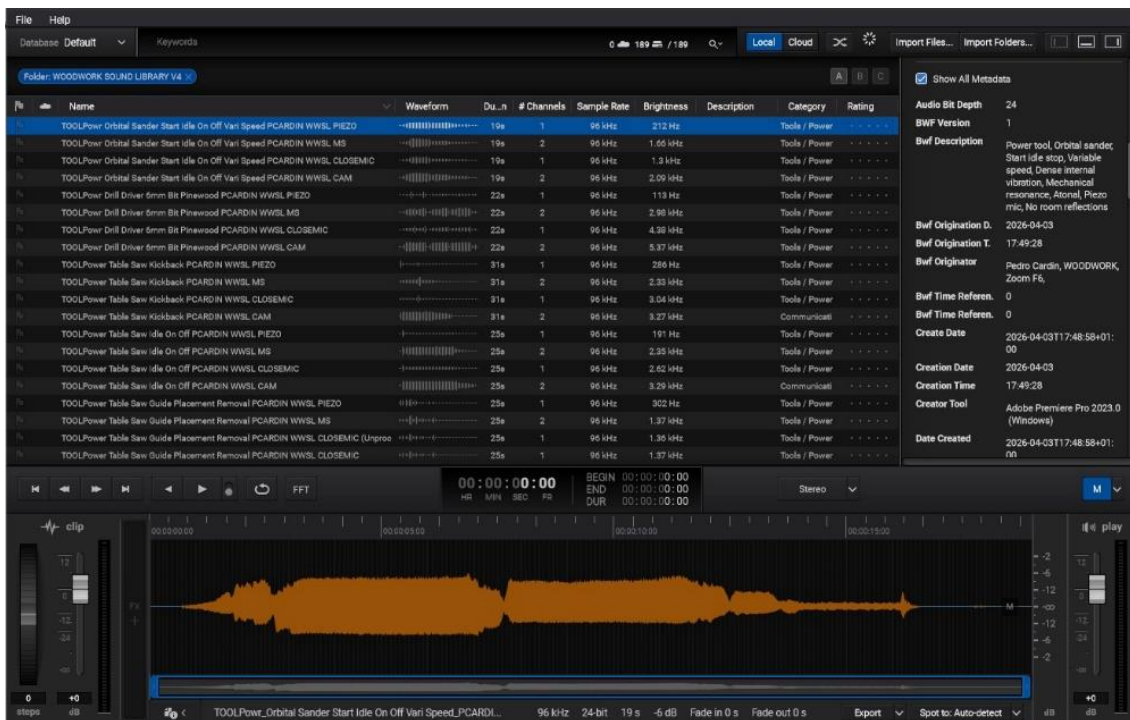


Fig. 32 – Integração e Verificação dos Ficheiros Finais da Biblioteca Sonora no Explorer da Sound Particles.

A utilização deste software demonstrou que os metadados ficaram acessíveis e funcionais num ambiente de pesquisa e escuta. Este aspeto é relevante porque aproxima a biblioteca de um contexto real de utilização, no qual um sound designer, editor de som ou investigador não consulta apenas os ficheiros através do nome, mas também através da descrição, categoria, forma de onda e propriedades técnicas. A legibilidade dos metadados reforça, assim, a utilidade prática da biblioteca, permitindo uma pesquisa mais rápida e uma interpretação mais precisa de cada som. A verificação revelou igualmente a importância da descrição BWF enquanto campo complementar à nomeação. Enquanto o nome do ficheiro precisava de se manter relativamente curto e funcional, a descrição permitiu incluir informação mais detalhada sobre o comportamento sonoro. Elementos como “variable speed”, “dense internal vibration”, “mechanical resonance”, “atonal”, “piezo mic” ou “no room reflections” acrescentam uma camada interpretativa que não seria viável integrar integralmente no nome do ficheiro.

5.2.4 Documentação Audiovisual dos Processos de Captação

A documentação audiovisual constituiu uma dimensão complementar da biblioteca sonora, orientada para a contextualização dos ficheiros áudio e dos respetivos

processos de captação. A sua função principal não foi produzir um objeto videográfico autónomo, mas sim tornar visíveis os gestos técnicos, os materiais utilizados, as ferramentas registadas e o posicionamento dos microfones em cada situação de gravação.

Os vídeos finais foram organizados com legendas integradas, indicando a perspetiva de captação, o microfone utilizado e a ferramenta em uso. Ao identificar visualmente perspetivas como *close-mic*, *mid-side*, piezoelétrico ou áudio de câmara, os vídeos ajudam o consumidor a compreender que cada ficheiro não corresponde apenas a uma variação técnica abstrata, mas a um modo específico de escuta e documentação da mesma ação. Para evitar a repetição excessiva dos enquadramentos e poder ter maior margem de expressão visual, procurou-se variar a composição de elementos entre planos gerais, planos médios, *close-ups* e planos de detalhe.

A figura seguinte apresenta dois exemplos de vídeo produzidos para a biblioteca sonora, nos quais são visíveis a ação registada, a ferramenta utilizada e a indicação da perspetiva de captação correspondente.



Fig. 33 – Exemplos da Documentação Audiovisual Produzida para a Biblioteca Sonora, com Indicação da Perspetiva de Captação e da Ferramenta Registada.

A edição visual foi realizada de forma funcional, privilegiando a clareza da informação apresentada. O tratamento de cor foi aplicado de modo automático e discreto, uma vez que o objetivo não era construir uma estética visual elaborada, mas assegurar uma leitura clara do processo de captação. A imagem foi, por isso, trabalhada como suporte metodológico e documental, mantendo uma relação subordinada ao som e à explicitação técnica da biblioteca.

Relativamente à organização dos vídeos finais, a disponibilização individual dos vídeos por ferramenta revelou-se mais adequada do que a compilação num único

ficheiro extenso. A separação por ferramenta, ação ou exemplo representativo facilita a consulta, reduz o tempo de procura e aproxima a documentação audiovisual da lógica de pesquisa aplicada aos ficheiros sonoros. Um vídeo único poderia funcionar como demonstração geral do projeto, mas teria menor utilidade prática enquanto ferramenta de consulta. Assim, a documentação audiovisual acompanha a biblioteca sonora como um conjunto de registos acessíveis, diretamente relacionados com os sons catalogados.

A concretização desta componente visual reforçou uma das intenções do projeto. Contraria a tendência de disponibilizar bibliotecas sonoras apenas como resultados finais, sem acesso aos processos técnicos que lhes deram origem. O conceito aproximou-se de uma lógica de biblioteca audiovisual, na medida em que a imagem não surge apenas como complemento ilustrativo, mas como parte integrante da documentação do som.

6. Conclusão e Perspetivas Futuras

O presente projeto procurou investigar, desenvolver e documentar uma biblioteca sonora dedicada ao universo da carpintaria, articulando captação de áudio e vídeo, classificação sonora e proteção de microfones em contexto oficial.

A realização das gravações em ambiente citadino demonstrou ser problemática. A proximidade de rotas aéreas, a circulação de ambulâncias e outros ruídos exteriores obrigaram a múltiplas interrupções e repetição de takes, condicionando diretamente o planeamento das sessões de gravação. Para além do ruído exterior, a própria oficina apresentou limitações acústicas associadas às suas superfícies refletoras e à ausência de tratamento especializado.

Os ensaios acústicos realizados provaram que as dimensões da oficina e o seu comportamento espacial corresponderam, de forma geral, às previsões observadas através da análise em AMROC. As reflexões, ressonâncias e acumulações em determinadas zonas frequenciais confirmaram que o espaço não se comporta como um ambiente neutro, influenciando a perceção e a resposta sonora das gravações realizadas no seu interior.

A divisão das gravações em quatro perspetivas de captação exibiu um dos aspetos mais relevantes do projeto. Funcionaram como modos distintos de escuta sobre uma mesma ação. Cada perspetiva exigiu abordagens específicas de edição, limpeza e tratamento, evidenciando características particulares do gesto, da ferramenta e do espaço. O *close-mic* privilegiou o detalhe tímbrico e a proximidade, o *mid-side* preservou a relação espacial com a oficina, o piezoelétrico tornou audíveis vibrações estruturais menos acessíveis à captação aérea, e o áudio de câmara reforçou a dimensão documental e visual da biblioteca. Verificou-se ainda que os ajustes realizados na componente relativa ao ambiente (MS) não necessitaram de alterações radicais entre diferentes ferramentas ou ações, mantendo um comportamento relativamente consistente ao longo das gravações.

A investigação em torno das cápsulas de proteção confirmou que a relação entre proteção física e transparência acústica constitui um equilíbrio inevitável. Os diferentes materiais porosos apresentaram resultados globalmente coerentes com as suas propriedades físicas, produzindo alterações distintas na resposta em frequência dos microfones. Entre os materiais testados, o material de máscara descartável de três camadas revelou um equilíbrio particularmente interessante entre proteção e preservação tímbrica, demonstrando potencial para futuras utilizações em contexto

oficial. A experiência prática do projeto permitiu concluir que não existe uma solução universalmente ideal. Quanto maior a proteção física proporcionada pelo material, maior tende a ser a interferência acústica introduzida. Assim, a escolha da membrana deverá depender da intenção de cada projeto, do grau de exposição a poeiras e da importância atribuída à transparência sonora. O desenvolvimento das cápsulas permitiu ainda observar que pequenas alterações geométricas influenciam o comportamento acústico do sistema. A adoção de aberturas hexagonais foi orientada pelo objetivo de reduzir potenciais acumulações ressonantes e favorecer uma distribuição estrutural mais uniforme da superfície da cápsula. Deu-se a melhoria na estabilidade da resposta em frequência.

A aplicação do *Universal Category System* mostrou-se adequada para estruturar a biblioteca sonora, sobretudo devido à predominância de ferramentas elétricas, pneumáticas e manuais no conjunto de sons registrados. As categorias principais permitiram separar eficazmente os diferentes grupos de ferramentas, enquanto os restantes campos do sistema, aliados aos metadados BWF, possibilitaram especificar ações, materiais, perspetivas de captação e comportamentos sonoros particulares. A utilização combinada do UCS com descrições mais detalhadas demonstrou que a organização de uma biblioteca sonora não depende apenas da categorização geral das fontes, mas também da clareza e consistência dos dados associados a cada ficheiro.

No conjunto, o projeto demonstrou que uma biblioteca sonora de carpintaria pode funcionar simultaneamente como ferramenta técnica, arquivo documental e espaço de investigação artística. Para além da recolha de sons, o trabalho procurou explicitar os processos de produção, as decisões metodológicas e as condições materiais que deram origem aos ficheiros finais, contribuindo para uma abordagem mais transparente e contextualizada da criação de bibliotecas sonoras.

Como perspetivas futuras, considera-se pertinente continuar o desenvolvimento das cápsulas de proteção através da experimentação com novos materiais porosos, incluindo soluções especificamente concebidas para equilibrar filtragem, resistência física e transmissão sonora. O desenvolvimento de membranas com maior transparência acústica e respostas de frequência mais controladas poderá contribuir para uma captação mais fiel em contextos oficiais, onde a presença de poeiras, partículas e impactos exige dispositivos de proteção adaptados às condições de trabalho. Poderá também ser relevante desenvolver cápsulas modulares, compatíveis com diferentes modelos de microfone e técnicas de captação, explorando sistemas de

encaixe mais rápidos, estruturas facilmente substituíveis e configurações que permitam testar múltiplas membranas de forma comparativa.

A evolução das próprias ferramentas de carpintaria constitui igualmente uma linha de continuidade para o projeto. Modelos com diferentes regimes de rotação, potência, voltagem, peso e modos de vibração poderão ampliar o vocabulário sonoro da biblioteca, introduzindo novas dinâmicas acústicas e comportamentos materiais. Neste sentido, a biblioteca poderá ser expandida através da gravação de novas ferramentas, máquinas industriais, dispositivos personalizados e contextos oficiais distintos, contribuindo para a criação de um futuro segundo volume da coleção. A crescente acessibilidade a tecnologias de fabrico digital, como a impressão 3D, poderá ainda permitir a conceção de ferramentas, acessórios ou dispositivos específicos para a exploração de gestos e sonoridades não contemplados pelos modelos industriais padronizados.

Paralelamente, a integração de técnicas de pesquisa assistida por inteligência artificial e *machine learning* poderá transformar os modos de acesso, navegação e organização de bibliotecas sonoras. A pesquisa por similaridade tímbrica, reconhecimento de padrões ou descrições semânticas poderá complementar os sistemas de classificação existentes, desde que apoiada por metadados consistentes e por uma documentação contextualizada dos registos. Neste enquadramento, a biblioteca sonora de carpintaria deve ser entendida como uma estrutura em expansão, suscetível de atualização e reconfiguração à medida que evoluem as tecnologias, os interesses artísticos e os contextos de produção. A possibilidade de desenvolver volumes adicionais reflete, assim, não apenas o crescimento quantitativo do acervo, mas também a abertura a novas abordagens críticas, técnicas e experimentais no registo sonoro das práticas de transformação da madeira.

Referências Bibliográficas

- Boom Library. (s.d.). Toolbox – Professional tool sound effects library. Boom Library. <https://www.boomlibrary.com/sound-effects/toolbox/>.
- Brüel & Kjær (2014). *Handling and cleaning condenser microphones* (BR 8037–11).
- Brüel & Kjær (2019). *Microphone handbook: Vol. 1. Theory* (BE 1447–12). Brüel & Kjær A/S.
- Castro, J. D. A. de. (2020). *Engaging researchers in research data management: Creating metadata models for multi-domain dataset description* [Doctoral thesis, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto / INESC TEC].
- Chion, M. (1983). *Guide des objets sonores: Pierre Schaeffer et la recherche musicale*. INA-GRM/Buchet-Chastel.
- Chion, M. (1990). *L’audio-vision: Son et image au cinéma*. Nathan.
- Costa, A. F. F. A. P. (2013). *Desenvolvimento de absorsores sonoros para baixas frequências* [Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto]. Repositório Aberto da Universidade do Porto.
- Dado, M., Salva, J., Schwarz, M., Vanek, M., & Bustin, L. (2022). *Effect of grit size on airborne particle concentration and size distribution during oak wood sanding*. *Applied Sciences*, 12(15), Article 7644. <https://doi.org/10.3390/app12157644>.
- de Clercq, T. O. (2000). *A more realistic view of mid/side stereophony* (Master’s thesis, New York University). New York University.
- Digital Rain Lab (s.d.). *Woodwork (DRL)* [Biblioteca de efeitos sonoros]. A Sound Effect. Consultado em 2 de maio de 2026, em <https://www.asoundeffect.com/sound-library/woodwork-drl/>.
- Double Trouble Audio (s.d.). *Power tools (DTA)* [Biblioteca de efeitos sonoros]. A Sound Effect. Consultado em 2 de maio de 2026, em <https://www.asoundeffect.com/sound-library/power-tools-dta/>.
- Dramatic Cat. (2024). *The Carpenter – sound effects library*. <https://dramaticcat.com/b/XmA4E>.
- Eargle, J. (2005). *The microphone book* (2nd ed.). Focal Press.
- Enventor (2021). *Owner’s manual & safety instructions: Circular saw, model 76301*.

Grasseni, C., Barendregt, B., de Maaker, E., De Musso, F., Littlejohn, A., Maeckelbergh, M., Postma, M., & Westmoreland, M. R. (2022). *Audiovisual and digital ethnography: A practical and theoretical guide*. Routledge.

Hampe, J. (2019, 28 de agosto). *3D printed blimp* [Publicação em fórum]. JWSOUNDGROUP. <https://jwsoundgroup.net/index.php?/topic/34162-3d-printed-blimp/>.

Horoshenkov, K. V. (2017). A review of acoustical methods for porous material characterisation. *International Journal of Acoustics and Vibration*, 22(1), 92–103.

Huber, D. M. (1988). *Microphone manual: Design and application*. Howard W. Sams & Company.

LaBelle, B. (2006). *Background noise: Perspectives on sound art*. Continuum.

LaBelle, B. (2010). *Acoustic territories: Sound culture and everyday life*. Continuum.

Lösel, G., & Zimper, M. (Eds.). (2021). *Research video handbook: Filming, researching, annotating*. Birkhäuser.

Mandal, D., & Banerjee, S. (2022). *Surface acoustic wave (SAW) sensors: Physics, materials, and applications*. *Sensors*, 22(3), 820. <https://doi.org/10.3390/s22030820>.

Milhomem, T. A. B., & Soares, Z. M. D. (2021). *Microfones de medição: princípio de funcionamento e principais características*. 11.º Congresso Brasileiro de Metrologia.

Miró-Charbonnier, I. (2020). Antes y después de digitalizar: una visión crítica de la gestión de colecciones sonoras en España. *Cuadernos de Documentación Multimedia*, 31, e70756.

Moylan, W. (2007). *Understanding and crafting the mix: The art of recording* (2nd ed.). Focal Press.

Pinto, C. D. P. (2014). Caracterização das propriedades físicas e mecânicas da madeira de pinho bravo e de freixo do nordeste transmontano [Tese de mestrado, Instituto Politécnico de Bragança].

Pędzik, M., Stuper-Szablewska, K., Sydor, M., & Rogoziński, T. (2020). *Influence of grit size and wood species on the granularity of dust particles during sanding*. *Applied Sciences*, 10(22), Article 8165. <https://doi.org/10.3390/app10228165>.

Pędzik, M., Rogoziński, T., Majka, J., Stuper-Szablewska, K., Antov, P., Kristak, L., Kminiak, R., & Kučerka, M. (2021). *Fine dust creation during hardwood machine sanding*.

Applied Sciences, 11(14), Article 6602. <https://doi.org/10.3390/app11146602>.

Prusa Research. (s.d.). *PETG*. Prusa Knowledge Base. Consultado em 2 de junho de 2026, em https://help.prusa3d.com/article/petg_2059

Qi, C., Jiang, F., & Yang, S. (2021). Advanced honeycomb designs for improving mechanical properties: A review. *Composites Part B: Engineering*, 227, Article 109393. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2021.109393>.

Ribeiro, R. S. de V. (2017). *Desenho acústico de um espaço* [Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto]. Repositório Aberto da Universidade do Porto. <https://hdl.handle.net/10216/208244>.

RØDE Microphones. (s.d.). *Blimp: Windshield and shock mount system*. Consultado em 1 de junho de 2026, em <https://rode.com/en-nl/products/blimp>.

Rycote. (s.d.). *Classic-Softies*. Consultado em 1 de junho de 2026, em <https://rycote.com/products/windshields/slip-on-systems/classic-softies/>.

Salissou, Y., & Panneton, R. (2006). Comparison of methods for characterizing sound absorbing materials. *Canadian Acoustics*, 34(3), 32–33. <https://jcaa.caa-aca.ca/index.php/jcaa/article/view/1808>.

Sampleso (s.d.). *Carpentry tools* [Biblioteca de efeitos sonoros]. Sampleso. Consultado em 2 de maio de 2026, em <https://www.sampleso.com/shop/carpentry-tools-percussive-tools-collection/>.

Schaeffer, P. (1966). *Traité des objets musicaux: Essai interdisciplines*. Éditions du Seuil.

Sepich, J. (2020). Oír o escuchar: Una experiencia para el tratamiento y la gestión de documentos sonoros en la universidad. *Documentación de las Ciencias de la Información*, 43, 95–103.

Silva, A. I. A. da. (2022). Avaliação da exposição ocupacional a agentes químicos - poeiras de madeira e cinza, numa central elétrica de 14,75 MW a biomassa florestal [Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto].

Skålevik, M. (2011). *Schroeder frequency revisited*. Forum Acusticum 2011. akuTEK.

Sonniss. (s.d.). Stephen Muir. Sonnis. Consultado em 2 de maio de 2026, em <https://sonniss.com/vendors/smuir/>.

The Recordist. (2007). Ultimate Wood HD Professional Sound Effects Library.

<https://therecordist.com/product/ultimate-wood-hd-pro/>.

Universal Category System. (s.d.). *Universal Category System*. Consultado em 15 de junho de 2026, em <https://universalcategorysystem.com/>

West Wolf. (s.d.). Carpenter's tools [Biblioteca de efeitos sonoros]. A Sound Effect. Consultado em 2 de maio de 2026, em <https://www.asoundeffect.com/sound-library/carpenters-tools/>.

Winick, S., & Bartis, P. (2016). *Folklife and fieldwork: An introduction to cultural documentation* (4th ed.). American Folklife Center, Library of Congress.

Zhang, S., Li, J., Yuan, J., Li, Z., Yuan, Z., Qin, S., Zhao, Z., Tan, H., Luo, R., Zhao, Y., Li, J., Gao, W., Li, Z., & Zhao, L. (2024). Modeling and Optimization of MEMS Microphone Dust Protection Mesh improved for Acoustic Performance using Finite Element Method Simulation. In J. Xu, & J. P. Davim (Eds.), *Third International Conference on New Materials, Machinery, and Vehicle Engineering, NMMVE 2024* Article 134201F (Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering; Vol. 13420). SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.3055243>.

Anexos

Anexo A - Acesso à Biblioteca Sonora de Carpintaria

A Biblioteca Sonora de Carpintaria desenvolvida no âmbito deste projeto encontra-se disponível para consulta e descarregamento através do seguinte endereço: https://drive.google.com/drive/folders/1Da4IZA-ggwIFqHbVSYEjmohuJ3frl3jN?usp=drive_link.

O conteúdo disponibilizado inclui os ficheiros áudio finais em formato WAV, organizados segundo os critérios de catalogação descritos no presente trabalho. A estrutura da biblioteca reflete a organização por ferramentas, ações e perspetivas de captação, permitindo a consulta autónoma dos ficheiros e a sua reutilização em contextos de investigação, criação sonora, sound design e produção audiovisual.

Adicionalmente, encontra-se disponível um segundo endereço dedicado aos conteúdos audiovisuais produzidos durante o processo de recolha: https://drive.google.com/drive/folders/1eFATfsnhrlqy2k5_Onm0y12tH8fHsOq?usp=sharing.

Este repositório reúne os vídeos associados aos registos sonoros selecionados, funcionando como complemento visual da biblioteca e permitindo uma melhor compreensão dos contextos de utilização das ferramentas, dos gestos técnicos observados e das condições de captação descritas ao longo do projeto.

ESCOLA
SUPERIOR
DE MÚSICA
E ARTES
DO ESPETÁCULO
POLITÉCNICO
DO PORTO

P.PORTO

M

MESTRADO
ARTES E TECNOLOGIAS DO SOM

Biblioteca Sonora de Carpintaria: Técnicas de Captação e
Documentação Audiovisual
Pedro Miguel Reis Mota

