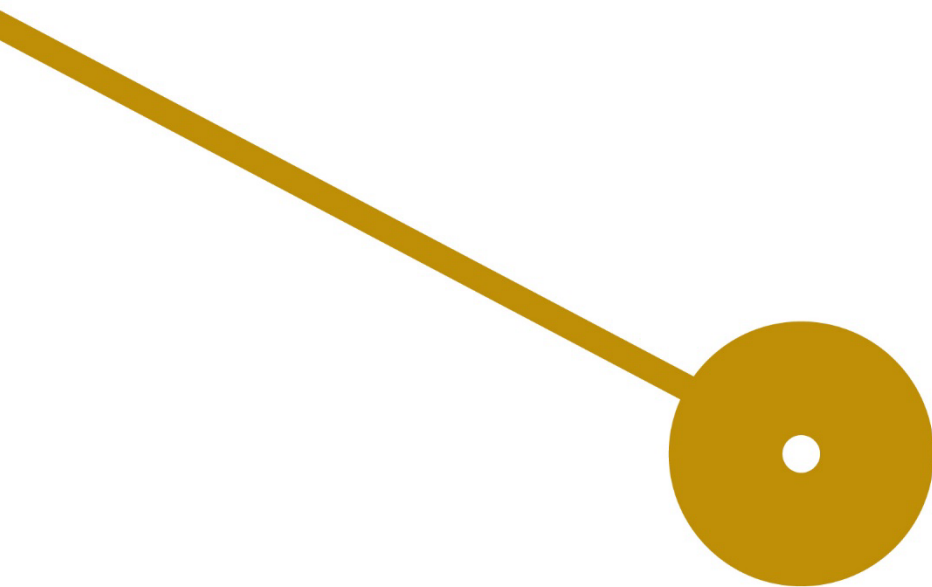


Espacialização Sonora em Performance de DJ

Ana Rita da Silva Costa

06/2025





Espacialização Sonora em Performance de DJ

Ana Rita da Silva Costa

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

Professores Orientadores
Inês Salselas
Marco Conceição

06/2025

À minha família próxima — à minha mãe, aos meus irmãos, Ana e Guilherme, ao meu grande companheiro de vida, Miguel Sampaio, e ao meu pai, que, ainda que longe, me ajudou a tornar isto possível.

À minha segunda família: os meus amigos. Por serem presença, riso, abrigo. Por trazerem felicidade contínua e apoio incondicional — sem eles, nada teria o mesmo brilho.

E, acima de tudo, a mim mesma. Pela coragem de continuar, pela determinação em perseguir os meus sonhos, e pelo esforço diário de acreditar em mim e no meu ikigai.

Agradecimentos

Aos meus professores orientadores, e a todos os que sempre me abriram a porta e tiveram disponibilidade para conversar comigo — em especial o Professor Bruno Pereira, o Professor Filipe Lopes e o Professor Mário Azevedo.

Aos meus colegas de turma, com um carinho particular ao Zeh, à Sann, à Teresinha e à Lai.

À ESMAE, por estar aberta 365 dias por ano, com horários noturnos, a acolher insónias e ideias tardias.

Ao João Fortunato, pela generosidade e disponibilidade em realizar montagens comigo — sem ele, muito disto não teria sido possível.

Resumo

Este trabalho explora a espacialização sonora em performances de DJ, a partir de uma abordagem técnica e prática situada. Partindo do desejo de partilhar a sensação imersiva experienciada em contextos de escuta tridimensional, o trabalho procurou adaptar ferramentas de áudio espacial ao universo do DJing, tradicionalmente orientado ao som estéreo.

A pesquisa teve como foco principal o desenvolvimento de um setup funcional e acessível, com recurso à codificação ambisónica em tempo real e ao mapeamento MIDI de parâmetros espaciais. Através de uma abordagem *practice-based*, foram realizados testes no Estúdio C da ESMAE e culminou numa performance final no Estúdio A, com um setup de 7.1.4 e recolha informal de impressões do público.

Embora o projeto tenha sido inicialmente delineado em torno de três eixos — técnico, performativo e estético —, reconhece-se que a vertente técnica assumiu uma centralidade dominante ao longo do processo. A investigação concentrou-se em garantir a estabilidade do sistema, a viabilidade da manipulação espacial em tempo real e a integração coerente com a prática de seleção musical.

Este trabalho representa, assim, um primeiro passo na integração de som espacializado em práticas de DJing, apontando caminhos futuros que poderão articular com maior profundidade a escuta fenomenológica, a estética do espaço sonoro e a interatividade com o público. A colaboração futura com instituições como o GRAME (Lyon) e o desenvolvimento de *hardware* como a Spatbox poderão reforçar essa vertente investigativa, contribuindo para uma prática artística expandida e sensorialmente envolvente.

Palavras-chave: áudio imersivo, espacialização sonora, DJing, ambisonics, performance multicanal, REAPER, IEM Plugins

Abstract

This work explores sound spatialisation in DJ performances, based on a technical and practical approach. Based on the desire to share the immersive sensation experienced in three-dimensional listening contexts, the work sought to adapt spatial audio tools to the universe of DJing, traditionally orientated towards stereo sound.

The main focus of the research was the development of a functional and accessible setup, using real-time ambisonic coding and MIDI mapping of spatial parameters. Using a practice-based approach, tests were carried out in ESMAE's Studio C and culminated in a final performance in Studio A, with a 7.1.4 setup and informal audience feedback.

Although the project was initially outlined around three axes - technical, performative and aesthetic - it is recognised that the technical aspect took on a dominant centrality throughout the process. The research focused on guaranteeing the stability of the system, the feasibility of real-time spatial manipulation and coherent integration with the practice of music selection.

This work thus represents a first step in the integration of spatialised sound into DJing practices, pointing to future paths that could articulate phenomenological listening, the aesthetics of sound space and interactivity with the public in greater depth. Future collaborations with institutions such as GRAME (Lyon) and the development of hardware such as the Spatbox could lead to the development of a more spatialised sound.

Keywords: immersive audio, sound spatialization, DJing, ambisonics, multichannel performance, REAPER, IEM Plugins

Tabela de Abreviações e Significados

Abreviação	Significado
DJ	Disc Jockey
DAW	Digital Audio Workstation
IEM	Institute of Electronic Music and Acoustics
REAPER	Rapid Environment for Audio Production Engineer Recording
LFE	Low-Frequency Effects (canal de subwoofer)
IRCAM	Institut de Recherche et Coordination Acoustique/Musique
GRAME	Centre National de Creation Musicale (Lyon)
CDJ	CD Decks for DJs (ex. Pioneer CDJ)
OSC	Open Sound Control
ZKM	Zentrum fur Kunst und Medien Karlsruhe
4DSOUND	Sistema de difusão sonora imersiva desenvolvido pela 4DSOUND
ITU	International Telecommunication Union
SANE	Spatial Audio Network in Europe
REW	
HOA	High Order Ambismonic

Índice

1. INTRODUÇÃO	1
2 ESTADO DA ARTE	3
2.1 ORIGEM E EVOLUÇÃO HISTÓRICA E ESPACIALIZAÇÃO SONORA	3
2.2 CONCEITOS FUNDAMENTAIS DE ESPACIALIZAÇÃO SONORA	4
2.1.1 DIFUSÃO ESPACIAL: PRINCÍPIOS E PRÁTICA	4
2.2.2. AMBISONICS: TEORIA E APLICAÇÕES	6
2.3 FERRAMENTAS PRÁTICAS E TECNOLOGIAS ATUAIS	7
2.3.1. SUITES DE PLUGINS E SOFTWARE DE CÓDIGO ABERTO	7
2.3.2. FERRAMENTAS COMERCIAIS E PLATAFORMAS IMERSIVAS	8
2.3.3. MONITORIZAÇÃO E SIMULAÇÃO ESPACIAL	9
2.4. PLATAFORMAS E SISTEMAS IMERSIVOS CONTEMPORÂNEOS	9
2.4.1. 4DSOUND	9
2.4.2. ENVELOP SF	10
2.4.3. KLANGDOM (ZKM)	10
2.4.4. GRM ACOUSMONIUM	10
2.4.5. SAT – SOCIÉTÉ DES ARTS TECHNOLOGIQUES (MONTREAL)	10
2.4.6. HOLOPLOT E DOLBY ATMOS EM ESPAÇOS DE PERFORMANCE	11
2.5. ARTISTAS E INSTITUIÇÕES PIONEIRAS NA ESPACIALIZAÇÃO SONORA	11
INSTITUIÇÕES DE REFERÊNCIA	12
2.6. O DJ COMO PERFORMER ESPACIAL	13
2.7. CAPACITAÇÃO PROFISSIONAL E TÉCNICAS DE PERFORMANCE	15
2.8 CAMINHOS EMERGENTES E PERSPETIVAS FUTURAS DE INVESTIGAÇÃO	16
3. METODOLOGIA	17
3.2 PERFORMANCE FINAL COM PÚBLICO	21
3.3. PERCEÇÃO AUDITIVA E RETORNO DO PÚBLICO	27
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
5. PERSPECTIVAS FUTURAS	31
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS / WEBGRAFIA	34
7. ANEXO 1 - UM RESUMO DE PLUGINS VST, POR CATEGORIA E FUNÇÃO:	38

1. Introdução

A minha relação com o DJing começou em 2012, enquanto trabalhava como técnica de Radiologia. Foi num momento de curiosidade: pedi a uma amiga que me ensinasse a misturar músicas. A partir desse gesto simples nasceu um percurso que viria a transformar toda a minha vida profissional e criativa. A prática do DJing tornou-se, para mim, uma forma de contar histórias sem palavras, de construir atmosferas e provocar encontros através do som. Em 2018, depois de alguns anos de pausa, regresssei às pistas com o projeto MAYAN, nome inspirado em maio (o meu mês de nascimento), no meu gato Maia, e na civilização Maia, cuja resiliência e capacidade de transformação inspiram-me.

Durante a pandemia de 2020, ao ser despedida do hospital, dediquei o tempo e a energia a aprender produção musical (Ableton) e a aprofundar as minhas competências como DJ. Foi um momento de reencontro com a música e de afirmação identitária. Em 2023, decidi integrar o Mestrado em Artes e Tecnologia do Som na ESMAE, movida pelo desejo de compreender mais profundamente as potencialidades do som enquanto matéria artística e fenomenológica. Foi lá que tive o primeiro contacto com tecnologias de áudio imersivo.

Durante a conferência SMC (Sound and Music Computing) onde participei como voluntária, assisti à apresentação da Meyer Sound sobre o sistema Spacemap Go, onde descobri a possibilidade de espacializar som estéreo em tempo real com a Galileo Rack. Esta descoberta provocou um "clique": imaginei-me a tocar ao vivo para o público enquanto espacializava som. A pergunta que ficou foi: será que é possível? Já alguém o fez? Como funcionaria tecnicamente? Que impacto teria na experiência do público? Este trabalho surge da constatação de que, apesar da evolução tecnológica no domínio da produção e difusão sonora, a prática do DJing permanece amplamente ancorada no paradigma estereofónico, sendo que em muitas situações a difusão monofónica dos conteúdos é aplicada dada a dimensão dos espaços onde estas apresentações são realizadas. Embora os avanços na composição eletroacústica, nas instalações imersivas e nas tecnologias de som multicanal tenham aberto novas possibilidades expressivas, estas raramente são integradas nas performances de DJ. Tal exclusão deve-se, em grande parte, às limitações técnicas, à acessibilidade dos sistemas e à falta de integração com os fluxos de trabalho tradicionais do DJ.

A proposta apresentada visa contribuir para a integração do áudio espacial no DJing através de uma abordagem prática, exploratória e centrada na performance ao vivo. A partir da manipulação de som estéreo em tempo real, o objetivo foi compreender de que

modo a espacialização pode expandir os recursos técnicos e performativos do DJ, oferecendo experiências auditivas mais imersivas e envolventes.

A originalidade deste trabalho reside na articulação entre ferramentas acessíveis (como os plugins da IEM Plugin Suite no REAPER), configurações multicanal viáveis em estúdio, e uma metodologia baseada na prática artística e na escuta crítica. Embora o projeto tenha sido inicialmente estruturado em torno de três eixos — técnico, estético e experiencial —, reconhece-se que a dimensão técnica assumiu maior protagonismo, sobretudo devido às exigências do setup, à complexidade do controlo em tempo real, e às limitações de tempo. Os eixos estético e experiencial emergiram de forma mais intuitiva, mas ficaram por desenvolver em profundidade.

O trabalho propôs-se a:

- Explorar técnicas acessíveis de espacialização de som estéreo em tempo real;
- Avaliar o potencial criativo e performativo da espacialização em contextos de DJing;
- Identificar limitações técnicas e operacionais nos sistemas e softwares atuais;
- Compreender a receção do público à espacialização em ambiente performativo.

Para isso, definiu-se um conjunto de questões orientadoras:

1. Quais as tecnologias de espacialização sonora mais adequadas e acessíveis para performances de DJ?
2. Quais os principais desafios técnicos e limitações operacionais na sua implementação ao vivo?
3. Como a espacialização sonora impacta a experiência de escuta do público?
4. Que possibilidades artísticas emergem para o DJ enquanto performer espacial?

Estas questões serão retomadas na discussão final, onde se procura refletir sobre os resultados obtidos, os desafios encontrados, e as perspetivas futuras de desenvolvimento nesta área emergente.

Assim, o presente trabalho insere-se num momento de transição tecnológica e artística, onde a espacialização sonora deixa de ser exclusiva de contextos académicos ou cine-musicais, para entrar no domínio performativo dos DJs (música eletrónica) — propondo uma nova gramática artística baseada no espaço.

À medida que nos aproximamos de 2026, observamos um interesse crescente na implementação destas tecnologias em clubes de renome em toda a Europa. Embora ainda seja uma tendência emergente, a espacialização sonora está a redefinir os padrões de qualidade de áudio em ambientes de *clubbing*, prometendo uma nova era na experiência da música eletrónica.

2 Estado da Arte

A minha relação com o som sempre foi atravessada por uma necessidade de escuta mais profunda. Enquanto DJ, o meu desejo de envolver o público através da narrativa sonora levou-me a procurar formas de expandir a estereofonia tradicional. Foi no mestrado em Artes e Tecnologia do Som que descobri o universo do áudio espacial. Esta secção propõe um percurso cronológico e teórico sobre a evolução da espacialização sonora, desde as primeiras experiências eletroacústicas até à sua aplicação contemporânea em performances de DJ.

2.1 Origem e Evolução Histórica e Espacialização Sonora

A espacialização sonora acompanha o desenvolvimento da experiência musical desde a Antiguidade. No Paleolítico, os seres humanos já utilizavam a voz para avaliar o espaço ao seu redor por meio da ressonância das cavernas — um tipo arcaico de ecolocalização. Esta sensibilidade auditiva atravessa séculos, desde os **cori spezzati** do Renascimento veneziano até os sistemas multicanal contemporâneos. Hoje, a espacialização é não só uma técnica de difusão, mas uma linguagem artística emergente, especialmente no contexto performativo do DJing.

- **1777:** Wolfgang Amadeus Mozart compõe o *Noturno para 4 Orquestras*, K.286, explorando efeitos de eco entre os grupos distribuídos espacialmente.
- **1787:** Na ópera *Don Giovanni*, K.527, Mozart utiliza três grupos orquestrais em posições distintas: no fosso, no palco e atrás do palco, criando um efeito espacial dramático.
- **1805:** Ludwig van Beethoven, na abertura *Leonora* da ópera *Fidelio*, Op. 72, utiliza um trompete posicionado fora do palco, antecipando práticas de espacialização em tempo real.
- **Renascimento (séc. XVI):** Adrian Willaert institucionaliza os *cori spezzati* na Basílica de San Marco, explorando a espacialização vocal como elemento arquitetónico e expressivo.
- **1950s:** Pierre Schaeffer e Pierre Henry integram múltiplos canais e colunas no estúdio da Radiodiffusion-Télévision Française, consolidando a *musique concrète*.
- **1958:** O Pavilhão *Philips*, construído para a Expo 58 em Bruxelas, incorpora espacialização sonora arquitetada por Edgard Varèse com o *Poème électronique*, utilizando altifalantes embutidos nas paredes em hiperbolóides

parabólicos concebidos por Iannis Xenakis, criando uma experiência sonora imersiva única.

- **1960s:** Karlheinz Stockhausen compõe *Kontakte*, explorando o espaço como parâmetro musical com sistemas quadrifônicos.
- **1970s:** François Bayle desenvolve o Acousmonium, uma orquestra de colunas na Maison de Radio.
- **1970s–2000s:** Desenvolvimento do Ambisonics.
- **2006:** A síntese de campo de ondas (Wave Field Synthesis) expande o conceito de espacialização física.

Nos anos 70 e 80, o desenvolvimento da acústica e das técnicas de difusão sonora em sistemas multicanal foi impulsionado por centros de investigação como o GRM (Groupe de Recherches Musicales) e a INA-GRM em França, ou ainda o IRCAM. A utilização de colunas distribuídas no espaço, com diferentes intensidades e equalizações, permitiu construir paisagens sonoras dinâmicas e envolventes, utilizando suportes fixos (tape) e mesas de difusão (Chion, 1999; Roads, 2015; Emmerson, 2007). Com o avanço da computação e dos sistemas digitais a partir dos anos 90, surgem formatos como o ambisonics, que permitiram uma representação matemática precisa do campo sonoro tridimensional. Paralelamente, plataformas como Max/MSP, SuperCollider e mais tarde o REAPER começaram a ser utilizadas para criar ambientes multicanal interativos e adaptáveis às diferentes configurações de colunas (Zotter & Frank, 2019; Farnell, 2010; Miranda & Wanderley, 2006).

2.2 Conceitos Fundamentais de Espacialização Sonora

2.1.1 Difusão Espacial: Princípios e Prática

A difusão espacial refere-se ao processo de projeção sonora através de um conjunto de altifalantes distribuídos no espaço, com o objetivo de criar uma experiência auditiva imersiva e dinâmica. Ao contrário da espacialização, que foca na codificação e posicionamento do som em domínios abstratos (ex. ambisonics, VBAP), a difusão concentra-se na etapa de apresentação, ou seja, na forma como o som é fisicamente emitido no espaço performativo (Harrison, 1998).

Esta prática tem origem no contexto da música acústica, nomeadamente nas performances promovidas pelo Groupe de Recherches Musicales (GRM) em França, onde compositores como François Bayle e Bernard Parmegiani utilizavam mesas de difusão com dezenas de canais para projetar gravações em tape através de grandes

arrays de altifalantes. O objetivo era esculpir o espaço sonoro ao vivo, controlando o volume e a presença relativa de cada fonte nas diferentes zonas da sala (Emmerson, 2007).

A mesa de difusão tornou-se, assim, um instrumento performativo, permitindo ao intérprete modular a experiência espacial da obra com base na acústica do espaço e na resposta do público. Esta abordagem introduz uma componente interpretativa à difusão de obras fixas, estabelecendo paralelos com a execução de uma partitura por um instrumentista (Wishart, 1996).

Com o avanço das tecnologias digitais, surgiram novos sistemas de difusão que ultrapassam as limitações analógicas, como o SpatGRIS (Deschênes & Lemieux, 2021), que permite a difusão multicanal com controlo em tempo real via interfaces gráficas. Estes sistemas tornaram a difusão acessível a uma nova geração de artistas que, mesmo fora do meio académico, conseguem agora experimentar com topologias espaciais complexas.

Na prática do DJing, a noção de difusão espacial torna-se particularmente relevante, pois exige uma adaptação da obra ao espaço físico e às configurações de som do local. A manipulação do estéreo em tempo real para projeção sobre múltiplos canais torna o DJ não apenas um selecionador musical, mas também um escultor do espaço auditivo.

O som multicanal tradicional, conhecido como áudio baseado em canais (*channel-based audio*), atribui sinais sonoros a canais específicos de saída, definidos previamente de acordo com uma configuração fixa de altifalantes, como os sistemas 5.1, 7.1 ou 7.1.4. Este modelo, ainda dominante em muitos contextos de produção musical e cinematográfica, limita-se a reproduzir a ilusão de espacialidade com base numa matriz predefinida de canais (Rumsey, 2001). A perceção do som espacial depende, assim, do posicionamento do ouvinte em relação ao sistema de reprodução, o que frequentemente cria um “ponto ideal” de escuta (*sweet spot*).

Por contraste, o áudio baseado em objetos (*object-based audio*) representa uma evolução conceptual e técnica. Em vez de atribuir sons a canais fixos, trata cada fonte sonora como um "objeto" independente, ao qual são associados metadados de localização, movimento, ganho e até características acústicas contextuais. Esta abordagem permite que os objetos sonoros sejam renderizados em tempo real para diferentes sistemas de reprodução, adaptando-se dinamicamente ao número, localização e tipo de altifalantes disponíveis (Jot et al., 2017; Föllmer & Höldrich, 2021).

O Dolby Atmos é um dos exemplos mais reconhecidos de áudio baseado em objetos. A sua arquitetura combina um *bed* (camas de canais fixos, como diálogos ou música ambiente) com até 118 objetos móveis, cuja posição pode ser animada em

tempo real num campo tridimensional (Dolby Laboratories, 2023). Este modelo tem vindo a transformar as práticas de produção em cinema, videojogos, música e instalações imersivas, permitindo experiências auditivas mais envolventes, responsivas e adaptativas ao espaço físico de reprodução (Reich, 2020).

Além do Dolby Atmos, outros sistemas como o MPEG-H Audio ou o Ambisonics podem integrar paradigmas híbridos, combinando canais fixos e objetos móveis com renderização adaptativa. A flexibilidade do áudio baseado em objetos representa um avanço significativo para a criação de ambientes auditivos interativos, particularmente relevantes para performances ao vivo, realidade virtual e instalações sonoras.

2.2.2. Ambisonics: Teoria e Aplicações

O Ambisonics é uma técnica de representação espacial do som que se distingue dos modelos tradicionais baseados em canais pela sua abordagem matemática e holística ao campo sonoro. Desenvolvido inicialmente por Michael Gerzon nos anos 1970, o Ambisonics permite a codificação de uma cena sonora tridimensional completa — incluindo direcionalidade, distância relativa e ambiência — através de uma estrutura hierárquica conhecida como ordens (Gerzon, 1973).

Ao contrário dos sistemas *channel-based*, que atribuem sons a canais de saída fixos, o Ambisonics descreve o som num campo esférico que é posteriormente decodificado para a configuração física de colunas disponível. Esta separação entre codificação e descodificação oferece uma enorme flexibilidade para aplicações multicanal, permitindo a adaptação do conteúdo sonoro a qualquer configuração de altifalantes — seja um sistema 5.1, octofónico, 16.0 ou mesmo para binaural com auscultadores (Zotter & Frank, 2019).

As chamadas **Ordens Superiores de Ambisonics** (*Higher Order Ambisonics* ou HOA) aumentam significativamente a resolução espacial e a fidelidade da imagem sonora. Por exemplo, a primeira ordem utiliza quatro canais (W, X, Y, Z), enquanto a quinta ordem pode utilizar até 36 canais para representar com maior detalhe a distribuição sonora num campo esférico completo (Benjamin et al., 2019).

A codificação Ambisonic é frequentemente realizada em domínios esféricos com base em funções harmónicas, e é compatível com renderizações tanto para altifalantes como para auscultadores com HRTFs (Head-Related Transfer Functions). A versatilidade do Ambisonics torna-o especialmente útil em aplicações como realidade virtual, instalações interativas, cinema imersivo, e, como explorado neste trabalho, performances ao vivo de DJ com especialização em tempo real.

Encoders e Decoders

Encoders Ambisonic transformam sinais mono ou estéreo em fontes posicionadas num campo tridimensional. Estes sinais são representados por coeficientes harmónicos esféricos que descrevem a direcionalidade e a intensidade da fonte. Os Decoders convertem este campo ambisonic para sinais enviados a altifalantes físicos com base na sua localização, utilizando algoritmos de maximização de energia (max-rE), de reconstrução de plano de onda ou de difusão personalizada (Daniel et al., 2003).

Sistemas como o **IEM Plugin Suite** ou o **SPARTA** (Spatial Audio Real-Time Applications) facilitam essa codificação e descodificação, permitindo mapeamentos em tempo real com alta resolução e visualização da energia sonora no domínio esférico. Esta flexibilidade e a modularidade dos encoders e decoders tornam o Ambisonics especialmente atrativo para artistas e investigadores interessados na manipulação expressiva do som no espaço.

2.3 Ferramentas práticas e Tecnologias Atuais

A crescente popularização das experiências sonoras imersivas tem impulsionado o desenvolvimento de ferramentas acessíveis para a criação, manipulação e difusão de áudio espacial. Esta secção apresenta as principais soluções tecnológicas atualmente disponíveis, com foco na sua aplicação prática em performances de DJ e ambientes de produção artística independente. São abordados softwares de espacialização, plugins especializados, plataformas integradas e ferramentas de difusão e monitorização.

2.3.1. Suites de Plugins e Software de Código Aberto

A suite **IEM Plugin Suite**, desenvolvida pelo Institute of Electronic Music and Acoustics da Universidade de Música e Artes Performativas de Graz, é uma das ferramentas mais robustas e amplamente utilizadas para trabalhos com Ambisonics. Gratuita e de código aberto, oferece soluções como o *StereoEncoder*, *RoomEncoder*, *BinauralDecoder*, *MultiEncoder*, *EnergyVisualizer* e *Decoder* — permitindo a codificação, visualização e descodificação de fontes sonoras num espaço tridimensional (Zotter & Frank, 2019).

Estes plugins integram-se facilmente no **REAPER**, uma estação de trabalho de áudio digital (DAW) reconhecida pela sua flexibilidade em *routing* multicanal. O REAPER permite configurações personalizadas de canal e scripting avançado, o que o torna ideal

para performances em tempo real com espacialização sonora, mesmo com setups improvisados ou portáteis (Farnell, 2010).

O **SPARTA Plugin Suite** (Spatial Audio Real-Time Applications), desenvolvido pela Aalto University, oferece alternativas similares ao IEM com foco em Ambisonics, binaural e visualização de campo sonoro em tempo real. Ambas as suites são frequentemente utilizadas em contextos acadêmicos e artísticos pela sua estabilidade, precisão e documentação acessível (Politis & Vilkamo, 2016).

2.3.2. Ferramentas Comerciais e Plataformas Imersivas

Sistemas como o **L-ISA Studio** da L-Acoustics e o **Spacemap Go** da Meyer Sound foram projetados especificamente para performances ao vivo com som espacializado. Ambos permitem mapear fontes sonoras em ambientes tridimensionais, com controlo em tempo real via tablet ou controladores MIDI. O L-ISA inclui renderização baseada em objetos e integração com DAWs, enquanto o Spacemap Go oferece um fluxo de trabalho visual e intuitivo, com base em trajetórias desenhadas em tempo real (Meyer Sound, 2022; L-Acoustics, 2021).

Outras soluções incluem o **Spat~** do IRCAM — amplamente utilizado em contextos acadêmicos e artísticos — e o **Sound Particles**, uma ferramenta de design sonoro baseada em partículas e ambientes tridimensionais, usada em cinema, VR e instalação. O Sound Particles introduz conceitos inovadores como o uso de nuvens sonoras com milhares de fontes posicionadas independentemente no espaço, sendo particularmente eficaz para ambientes dinâmicos e realistas (Sound Particles, 2021).

Abordagens mais inovadoras incluem o **sistema DJ SPAT**, que integra a espacialização em performances de DJ usando tecnologia de rastreamento de movimento e hardware comum, permitindo controlo em tempo real em contextos performativos ao vivo (Marentakis et al., 2007). Também se destacam os **microcontroladores em rede** como solução descentralizada e modular para áudio espacial, promovendo experiências imersivas acessíveis e escaláveis (Rushton et al., 2024).

Ferramentas como o **VibeStudio Designer 2** (VRSonic) e o **Sound Element Spatializer (SES)** expandem o leque de opções para designers sonoros e DJs, oferecendo renderização em tempo real com suporte a múltiplas técnicas de espacialização, incluindo VBAP, DBAP, HOA e WFS (McGee & Wright, 2011; "Products of Interest", n.d.).

Além disso, o uso de **FPGAs (Field-Programmable Gate Arrays)** tem possibilitado sistemas frugais como configurações de 32 altifalantes por menos de 800 euros, tornando tecnologias como a Wave Field Synthesis mais acessíveis (Michon et al., n.d.).

2.3.3. Monitorização e Simulação Espacial

A monitorização em ambientes multicanal continua a ser um desafio logístico e técnico. Plugins como o **EnergyVisualizer** da IEM permitem uma representação gráfica do campo sonoro. O uso de *binaural decoders* com HRTFs personalizadas (como no SPARTA ou no SSA Plugin Suite) tem permitido testes precisos em headphones, aproximando a escuta binaural da experiência multicanal em colunas (Begault & Wenzel, 2001).

Além disso, plataformas como o **Envelop for Live** integram-se com o Ableton Live para controlar som espacial em performances de música eletrónica. O Envelop oferece mapeamento espacial em tempo real com feedback visual da posição e trajetória das fontes, sendo uma ferramenta adotada em clubes, festivais e instalações artísticas (Envelop, 2019).

Estas ferramentas têm-se mostrado fundamentais para a democratização do áudio espacial, permitindo que artistas e DJs independentes desenvolvam propostas criativas em ambientes performativos reais, sem depender de grandes estruturas institucionais. A sua aplicabilidade em setups móveis ou adaptáveis a espaços variados torna-as ideais para contextos de clubbing, instalações temporárias ou performances site-specific.

2.4. Plataformas e Sistemas Imersivos Contemporâneos

O desenvolvimento de sistemas integrados de som espacial tem desempenhado um papel fundamental na consolidação da espacialização sonora como prática artística e performativa. Estas plataformas combinam software e hardware especializados para proporcionar experiências auditivas tridimensionais envolventes, e têm sido palco de criações experimentais em contextos como música eletrónica, instalações, dança, e arte digital.

2.4.1. 4DSOUND

O sistema **4DSOUND**, criado por Paul Oomen em 2008, é um dos exemplos mais emblemáticos de plataformas imersivas que redefinem a performance musical. Utilizando uma matriz tridimensional de colunas (incluindo colunas ao nível do solo e suspensas), o sistema permite mover sons livremente no espaço, criando uma sensação de "holografia sonora". Artistas como Suzanne Ciani, Max Cooper ou Caterina Barbieri realizaram performances neste sistema, explorando a espacialidade como um parâmetro composicional em tempo real (Oomen, 2015).

2.4.2. Envelop SF

O **Envelop** é uma plataforma aberta de som espacial com sede em São Francisco, que combina um espaço físico com 32 altifalantes dispostos em configuração hemisférica e ferramentas de software integradas com Ableton Live (Envelop for Live). O seu foco é a democratização do som imersivo, promovendo workshops, concertos e criações comunitárias. É especialmente relevante no contexto da música eletrónica e da improvisação ao vivo (Envelop, 2019).

2.4.3. Klangdom (ZKM)

O **ZKM | Zentrum für Kunst und Medien**, em Karlsruhe (Alemanha), desenvolveu o sistema **Klangdom**, uma cúpula sonora com mais de 40 altifalantes dispostos em múltiplas alturas. Este sistema permite performances com espacialização de alta resolução e é amplamente utilizado em contexto académico, artístico e de residência, com destaque para a sua ligação à acústica contemporânea, ao Ambisonics e à arte interativa (ZKM, 2022).

2.4.4. GRM Acousmonium

O **Acousmonium**, concebido por François Bayle no GRM (Groupe de Recherches Musicales), é uma das primeiras plataformas de difusão espacial concebidas para performance de música acústica. Com cerca de 80 altifalantes de diferentes tamanhos e características tímbricas, este sistema é controlado por uma mesa de difusão, permitindo ao intérprete moldar espacialmente a escuta de obras fixas. Embora analógico, influenciou profundamente o design de sistemas imersivos contemporâneos (Bayle, 1993).

2.4.5. SAT – Société des Arts Technologiques (Montreal)

A **SATosphère** em Montreal foi a primeira estrutura permanente do mundo dedicada à projeção 360° tanto de imagem como de som. O sistema multicanal de altifalantes integra-se com ferramentas como o Spat~ do IRCAM e Max/MSP, e é utilizado para performances audiovisuais, experiências imersivas, cinema full-dome e composição generativa (SAT, 2020).

2.4.6. HOLOPLOT e Dolby Atmos em Espaços de Performance

O sistema **HOLOPLOT**, com base em Beamforming 3D, é um exemplo recente de como tecnologias de espacialização estão a ser aplicadas em grandes arenas e espaços culturais, com possibilidade de controlo preciso da direção e foco do som. O **Dolby Atmos**, apesar de ter origem na indústria do cinema, começa a ser utilizado por alguns artistas em estúdios e performances ao vivo, com integração em DAWs como Ableton, Logic ou Nuendo.

Estas plataformas demonstram que a espacialização sonora já não pertence apenas ao domínio da pesquisa académica ou à música eletroacústica experimental, mas está a tornar-se um novo padrão de criação artística e tecnológica. A sua existência valida e inspira propostas como a presente investigação, que procura integrar estas práticas no contexto do DJing e da música eletrónica performativa.

2.5. Artistas e Instituições Pioneiras na Espacialização Sonora

A consolidação da espacialização sonora enquanto linguagem estética e performativa deve-se, em grande parte, à prática visionária de artistas e instituições que desafiaram as convenções da escuta e da performance musical. Nesta secção, destacam-se alguns dos nomes e centros que, através da experimentação e da inovação tecnológica, moldaram o campo da arte sonora imersiva e que servem de inspiração direta para o desenvolvimento desta investigação.

Suzanne Ciani

Figura seminal na música eletrónica e na síntese modular, Suzanne Ciani é reconhecida pelas suas performances multicanal com som quadrafónico e, mais recentemente, com áudio espacial. As suas atuações com sistemas Buchla e em plataformas como o 4DSOUND revelam uma abordagem sensorial e gestual ao som, utilizando a espacialidade como ferramenta expressiva para criar ambientes imersivos e emocionais (Ciani, 2018).

Rrose

Rrose, artista que transita entre o techno e a música experimental, tem investigado ativamente as possibilidades do som espacial em performances ao vivo, colaborando com instituições como o ZKM. A sua prática explora o som como fenómeno físico e imersivo, envolvendo o corpo do ouvinte numa escuta meditativa, rítmica e multidimensional (Rrose, 2021).

Francisco López

Reconhecido pelo seu trabalho com ecologia sonora e escuta profunda, Francisco López criou o projeto *Sonopolis*, com difusão em 360° em ambientes escuros e sem distrações visuais. A sua proposta radical desafia a percepção convencional da espacialidade, enfatizando a experiência subjetiva e fenomenológica do som no espaço (López, 2015).

Max Cooper

Max Cooper é um dos artistas contemporâneos que mais tem contribuído para a convergência entre ciência, arte e som imersivo. Com formação acadêmica em bioinformática e um doutoramento em genética computacional, Cooper aplica metodologias de investigação científica à criação musical. Através dos seus projetos audiovisuais e performances em sistemas como o 4DSOUND e Dolby Atmos, explora o espaço como dimensão composicional, aliando precisão técnica a uma forte componente emocional e narrativa (Cooper, 2020).

Instituições de Referência

GRM (Groupe de Recherches Musicales) – fundado por Pierre Schaeffer, continua a ser um polo fundamental de investigação e performance sonora, com o seu Acousmonium e arquivos históricos de música eletroacústica.

IRCAM (Institut de Recherche et Coordination Acoustique/Musique) – referência mundial na investigação em áudio espacial, desenvolvendo tecnologias como o Spat~ e colaborando com compositores contemporâneos.

ZKM (Zentrum für Kunst und Medien) – promove residências, concertos e instalações com sistemas como o Klangdom e acolhe artistas que trabalham com Ambisonics, som interativo e inteligência artificial.

MUTEK e CTM Festival – festivais internacionais que têm integrado som espacial e instalações imersivas nos seus programas curatoriais, dando visibilidade a artistas emergentes e experimentais.

MONOM (Berlim) – situado no edifício Funkhaus, é um dos espaços de referência na Europa para apresentações multicanal, contando com um sistema 4DSOUND permanente e uma programação regular de artistas que trabalham com som como escultura no espaço.



Imagem 1 - Funkhaus Berlin: MONOM

LOBE (Vancouver) – centro transdisciplinar que combina arte sonora, arquitetura e ecologia, com foco em experiências imersivas que cruzam o som, o espaço e a consciência corporal.

Clubes como o Berghain (Berlim) e o Fabric (Londres) implementaram sistemas Meyer Sound para proporcionar uma reprodução de alta-fidelidade e experiências sonoras mais imersivas. O Ministry of Sound (Londres), Sound-Bar (Chicago), Halcyon (São Francisco) e novas expansões em Tóquio e Berlim, implementaram o Dolby Atmos.

Estas figuras e instituições demonstram que a espacialização do som ultrapassa o campo técnico, constituindo-se como uma prática estética, conceptual e política. A sua relevância evidencia a necessidade de expandir estas abordagens a práticas como o DJing, que historicamente têm sido marginalizadas nas discussões académicas, especialmente sobre áudio imersivo.

2.6. O DJ como Performer Espacial

O DJ contemporâneo já não é apenas um selector musical ou animador de pista. Com o avanço das tecnologias de som espacial, abre-se um novo campo performativo onde o DJ pode tornar-se um escultor do espaço acústico. Esta transformação coloca o

DJ como mediador ativo entre tecnologia, corpo e público, ampliando a sua prática para além da dimensão rítmica e harmónica, e integrando a espacialidade como novo parâmetro expressivo.

Historicamente, a figura do DJ foi muitas vezes desconsiderada em contextos académicos e institucionais, vista como ligada ao entretenimento e à cultura popular. No entanto, autores como Attali (1985) e Reynolds (1999) já apontavam para o papel transformador do DJ enquanto reorganizador da escuta coletiva e criador de novas lógicas temporais e afetivas. Com o surgimento de ferramentas como o REAPER, o SpatGRIS, ou o Spacemap Go, o DJ ganha agora a possibilidade de manipular o som no espaço com uma intencionalidade estética comparável à do compositor ou do performer eletroacústico.

Do ponto de vista pessoal, este é precisamente o ponto de partida deste trabalho. A minha trajetória como DJ, iniciada em 2012, sempre foi guiada pela vontade de contar histórias através da música. O som tornou-se um meio para partilhar atmosferas, invocar emoções e criar ligações invisíveis com o público. A descoberta da espacialização sonora foi, nesse sentido, uma revelação: a possibilidade de envolver o público em camadas de som que se movem, se aproximam, se dissolvem — criando uma nova coreografia auditiva.

Assumir o DJing como uma prática espacial implica repensar a própria disposição da cabine, a escolha das músicas, os gestos de mixagem, e até a escuta do performer. É uma prática que exige escuta ativa, atenção plena, e coragem para se expor num território novo. Como DJ, reconheço que há vulnerabilidade neste processo: a espacialização torna visível (ou audível) as minhas decisões, os meus riscos, os meus desejos. Mas é também aqui que reside o potencial artístico.

Autores como Butler (2014) defendem que o DJ atua como "coreógrafo da energia coletiva", orquestrando não apenas sons, mas estados corporais e sociais. Nesta ótica, a espacialização sonora oferece novas possibilidades de relação com a audiência: em vez de projetar som frontalmente, como numa lógica de palco, propõe-se uma experiência envolvente, onde performer e público partilham o mesmo espaço acústico.

Neste panorama em expansão, iniciativas como a rede **SANE – Spatial Audio Network Europe** representam um passo significativo. Lançada com o objetivo de criar um ecossistema sustentável para o áudio espacial ao vivo, a SANE reúne instituições artísticas e técnicas de quatro países europeus e dedica-se ao desenvolvimento de um padrão técnico para *live streaming* em 3D. A partir de 2025, prevê-se a transmissão simultânea de concertos imersivos em tempo real em múltiplos espaços com diferentes tecnologias. Além do avanço técnico, a rede promove residências artísticas,

colaborações e produções originais, apontando caminhos possíveis para a circulação ecológica e colaborativa da música espacializada na Europa (SANE, n.d.).

A Spatbox, criada por Pierre Lecomte, propõe-se como uma interface autónoma e intuitiva para espacialização sonora ao vivo. Diferente da maioria das ferramentas orientadas à pós-produção em DAWs, a Spatbox permite a criação de trajetórias sonoras em tempo real, recorrendo a controlos físicos que se assemelham ao funcionamento de um sintetizador. Os algoritmos de geração de trajetórias foram desenvolvidos em Faust, permitindo uma integração eficiente em sistemas embutidos com Ambisonics como método base de espacialização (Lecomte, 2022).

Assim, esta investigação inscreve-se num gesto de ampliação do DJing — não como negação da cultura clubbing, mas como aprofundamento das suas potências artísticas. A introdução da espacialidade propõe um novo léxico performativo, onde a pista de dança se torna também um campo de escuta, e o DJ uma espécie de cartógrafo sonoro em tempo real.— com aprofundamento das suas potências artísticas.

2.7. Capacitação Profissional e Técnicas de Performance

Com o crescimento da aplicação de tecnologias de áudio espacial em contextos performativos, instituições têm vindo a desenvolver programas de formação específicos para capacitar artistas, técnicos e engenheiros de som. Esta formação contribui para consolidar novos perfis profissionais e práticas técnicas especializadas, nomeadamente na área do som imersivo.

A L-Acoustics introduziu recentemente dois novos perfis profissionais: *Immersive System Engineer* e *Immersive Mixing Engineer*, refletindo o reconhecimento crescente de que a mistura e o design sonoro em ambientes multicanal exigem competências específicas. A sua oferta formativa inclui cursos digitais e presenciais desenvolvidos pela equipa de educação da marca, com apoio de utilizadores experientes e colaboradores da L-Acoustics (L-Acoustics, n.d.).

Por sua vez, a Meyer Sound organiza o workshop **Spatial Audio Using Spacemap Go**, uma formação interativa de dois dias dedicada à aplicação prática do seu sistema de espacialização em tempo real. Os participantes aprendem a instalar, configurar e operar o sistema, a construir mapas espaciais (*Spacemaps*), e a controlar trajetórias com OSC e plugins externos. Esta formação é particularmente útil para profissionais interessados em utilizar o Spacemap Go em concertos ao vivo, eventos e instalações sonoras (Meyer Sound, n.d.).

No âmbito deste trabalho e da minha curiosidade, tive a intenção de participar na edição deste workshop em Munique, em março de 2025. No entanto, por razões financeiras não me foi possível garantir a deslocação. Ainda assim, entrei em contacto com a equipa de suporte da Meyer Sound, explicando a minha situação como estudante de mestrado e o trabalho desenvolvido no contexto da presente tese. Recebi, com agrado, uma resposta positiva 20 dias depois, oferecendo-me um desconto de 50% na inscrição. Infelizmente, à data da resposta, os custos de viagem tinham duplicado, inviabilizando a minha participação. Ainda assim, esta resposta demonstrou abertura e apoio por parte da empresa, o que reforça a importância e atualidade do tema abordado.

Estas iniciativas mostram como a capacitação técnica e artística em áudio imersivo está a tornar-se uma componente estruturante do ecossistema profissional, respondendo à procura por experiências sonoras mais envolventes e à complexidade crescente dos sistemas de som. Refletem também um alinhamento entre investigação, criação e prática profissional, elementos centrais neste trabalho.

2.8 Caminhos Emergentes e Perspetivas Futuras de Investigação

Apesar dos avanços significativos na espacialização sonora, muitos estudos apontam a necessidade de desenvolver soluções mais intuitivas, performativas e acessíveis para contextos ao vivo, especialmente no DJing. Esta secção sintetiza alguns dos caminhos indicados pela literatura recente, cruzando-os com os desafios observados na prática.

Benjamin et al. (2019) destacam que, embora as Ordens Superiores de Ambisonics (HOA) ofereçam uma excelente resolução espacial, a sua implementação em tempo real, em ambientes performativos, levanta desafios significativos de latência, complexidade computacional e adaptação a sistemas de colunas heterogéneos. A investigação futura deverá focar-se em soluções híbridas que conciliem qualidade espacial e viabilidade prática ao vivo.

Ledoux e Normandeau (2018) sugerem a criação de interfaces mais acessíveis para compositores e performers que pretendem trabalhar com espacialização, nomeadamente ferramentas gráficas e modulares com integração em tempo real. Esta necessidade é transversal ao universo do DJing, onde a interação intuitiva e gestual com o som pode desbloquear novas formas expressivas.

Einbond et al. (2022) exploram a aplicação de algoritmos de inteligência artificial no controlo expressivo do som espacializado, propondo que futuras investigações aprofundem a relação entre intencionalidade artística e comportamento autónomo dos sistemas. Embora mais comuns em composições mistas ou contextos académicos,

estas abordagens podem ser adaptadas a contextos performativos como o DJing ao vivo, especialmente com o avanço de sistemas reativos e interativos.

Outros autores, como Jot et al. (2017), apontam para o desenvolvimento de modelos de áudio orientados ao objeto com potencial para personalização da experiência de escuta em tempo real, o que poderá ser particularmente relevante em clubes, festivais e contextos de performance multicanal.

Além das propostas técnicas, estudos como os de Lavoie (2019) sublinham a importância de explorar o impacto subjetivo da espacialização na audiência, algo ainda pouco sistematizado, mas crucial para compreender a eficácia performativa e sensorial destes sistemas.

Pesquisas futuras poderão também focar no aprimoramento da interface do utilizador, adicionando controlos espaciais diretos para campos sonoros, como a implementação de *gizmos* para manipular ângulos de cone e fatores de distância de atenuação. Essa funcionalidade permitiria uma manipulação mais intuitiva do design de som no espaço 3D, facilitando a criação em tempo real.

Outra área de investigação promissora é o desenvolvimento de funcionalidades de ‘exportar e guardar’ melhoradas, que possibilitem importar e exportar cenas audiovisuais inteiras e ficheiros de áudio. Isto aumentaria significativamente a flexibilidade criativa e a colaboração entre utilizadores, permitindo-lhes partilhar e reutilizar o seu trabalho de forma eficaz em diferentes contextos performativos.

O presente trabalho, insere-se neste contexto de lacunas e oportunidades, explorando uma prática de DJing espacializado que alia ferramentas acessíveis, improvisação em tempo real e escuta fenomenológica. Acredita-se que futuras investigações poderão expandir este trabalho através da criação de protótipos de controlo espacial dedicado para DJs, estudos de perceção auditiva em contexto de pista de dança, e articulação entre espacialização, corpo e movimento.

3. Metodologia

Na sequência da revisão do estado da arte e das tendências emergentes na espacialização sonora em contexto performativo, o presente capítulo descreve a abordagem metodológica adotada nesta investigação. A proposta parte de uma prática artística situada — enquanto DJ e performer — e visa explorar o potencial do som espacializado em tempo real, com base em ferramentas acessíveis e adaptáveis ao contexto de clubbing ou performance experimental.

Através de uma abordagem de *practice-based research*, a prática performativa — expandida por tecnologias de espacialização sonora — constitui simultaneamente o meio, o método e o objeto do trabalho.

O processo metodológico foi estruturado em três fases principais:

- Pesquisa bibliográfica sobre trabalhos já realizados na espacialização sonora, e seleção de ferramentas de espacialização;
- Sessões de experimentação em estúdio (Estúdio C da ESMAE);
- Performance final (Estúdio A) com observação direta do comportamento do público e conversa informal para recolha de ideias, impressões e percepções sobre a experiência sonora.

A primeira fase consistiu na pesquisa e comparação de diferentes tecnologias de espacialização sonora, com foco na sua viabilidade prática para aplicação em performances de DJ a partir de som estéreo (descrito no Estado de Arte).

Os testes exploratórios foram realizados no Estúdio C da ESMAE, equipado com 16 colunas e um subwoofer, com o objetivo de avaliar a praticabilidade dos fluxos de sinal e a intuitividade do mapeamento MIDI para manipulação espacial em tempo real. Estes testes contribuíram para a escolha dos plugins e da configuração final adotada na performance:

Foram testados plugins e softwares, privilegiando soluções gratuitas, compatíveis com setups comuns de DJing.

DAWs:

Ableton Live 12

Usado na fase inicial de testes. Boa integração com hardware, mas apresentou limitações na gestão de saídas multicanal no contexto do estúdio.

REAPER

DAW escolhida para a performance final pela sua flexibilidade no encaminhamento multicanal.

Plugins e Suites:

Envelop for Live (plugin para Ableton)

Testado. Resultados aceitáveis em headphones, mas limitado no sistema multicanal da ESMAE. Dificuldades na configuração de saídas.

ReaSurroundPan (plugin Nativo do REAPER)

Testado. Resultados aceitáveis na espacialização, mas não tinha uma opção direta de fazer panning com dispersão de duas fontes como no IEM. Pontos fortes - **Visualização 3D**: Modos de visualização bird's eye, lateral, traseira e isométrica para facilitar o posicionamento

IEM Plugin Suite - Utilizados na performance final. Gratuitos, com suporte Ambisonics até à 7ª ordem.

MultiEncoder – para codificação espacial de fontes.

RoomEncoder – simulação de espaços acústicos.

BinauralDecoder – útil para testes com headphones.

SPARTA - Alternativa gratuita para processamento ambisónico. Precisava de mais tempo para explorar estes plugins e perceber se poderiam ser mapeados por MIDI; achei menos intuitivos que os IEM / Layout mais confuso

Técnicas exploradas:

Espacialização em tempo real de sinal estéreo via ambisonics;

Mapeamento MIDI para controlo dinâmico dos parâmetros de movimento;

Movimento de fontes no campo surround (panning, rotação, dispersão)

Exploração de envolvimento, se existia profundidade ou sensação de proximidade.

Realizaram-se vários testes de routing, e escuta ativa para validar:

- A **estabilidade do set-up**;
- A **resposta em tempo real ao controlo por MIDI**;
- A **distribuição espacial eficaz por bandas de frequência** (graves, médios e agudos).

Fase 2 – Decisão Artística e Transição para a Performance

Após algumas sessões de testes práticos no Estúdio C, acompanhadas de escutas ativas com diferentes géneros musicais, foi possível começar a compreender as ferramentas que, na prática, se revelavam mais adaptadas à minha abordagem performativa. Ainda que a fase de experimentação não tenha seguido um plano sistemático ou exaustivo, foi através da repetição e da escuta crítica que percebi onde sentia maior **segurança, fluidez e expressividade**.

A minha escolha final recaiu sobre a **IEM Plugin Suite**, não apenas pela sua estabilidade e versatilidade técnica, mas também por ser uma ferramenta que já conhecia de outras experiências e formações no âmbito do mestrado. A familiaridade

com os seus parâmetros, aliada à sua interface clara e ao mapeamento MIDI direto, oferecia-me a confiança necessária para integrar a espacialização na performance sem comprometer a seleção musical.

Reconheço, ao rever esta fase, que poderia ter beneficiado de mais tempo de preparação e organização nos testes, de forma a explorar outras hipóteses com mais profundidade e desenvolver estratégias espaciais com outros plugins. No entanto, dentro das limitações de tempo e recursos disponíveis, considereei que a melhor opção seria avançar com o setup que me oferecia maior intuição e domínio prático, focando a energia na coerência da performance e na articulação entre música e espaço

3.2 Performance Final com público

A apresentação final teve lugar no **Estúdio A da ESMAE**, num sistema de colunas **7.1.4**, com a presença de aproximadamente **oito participantes**, entre colegas e ouvintes externos. Esta sessão teve como principal objetivo testar em contexto real a integração da especialização sonora numa performance de DJ ao vivo. O setup consistiu em:

- 4 colunas Meyer Sound de alta definição (ULTRA-X20)
- 7 colunas JBL MK3
- 1 subwoofer (LFE), posicionado a 1,5m da parede
- Mesa de mistura Allen & Heath Xone:23C (fonte estéreo)
- 2 X DJs Pioneer
- Interface Midas DL32 e unidade Klark Teknik DN930 para comunicação com o computador
- Computador portátil MacBook Pro com REAPER instalado
- AKAI Midimix
- Headphones



Imagem 2: Performance final mostrando o Setup no Estúdio A

Fluxo de sinal simplificado: Este fluxo permite posicionar e manipular fontes estéreo dentro de um campo sonoro 3D imersivo usando Ambisonics no Reaper

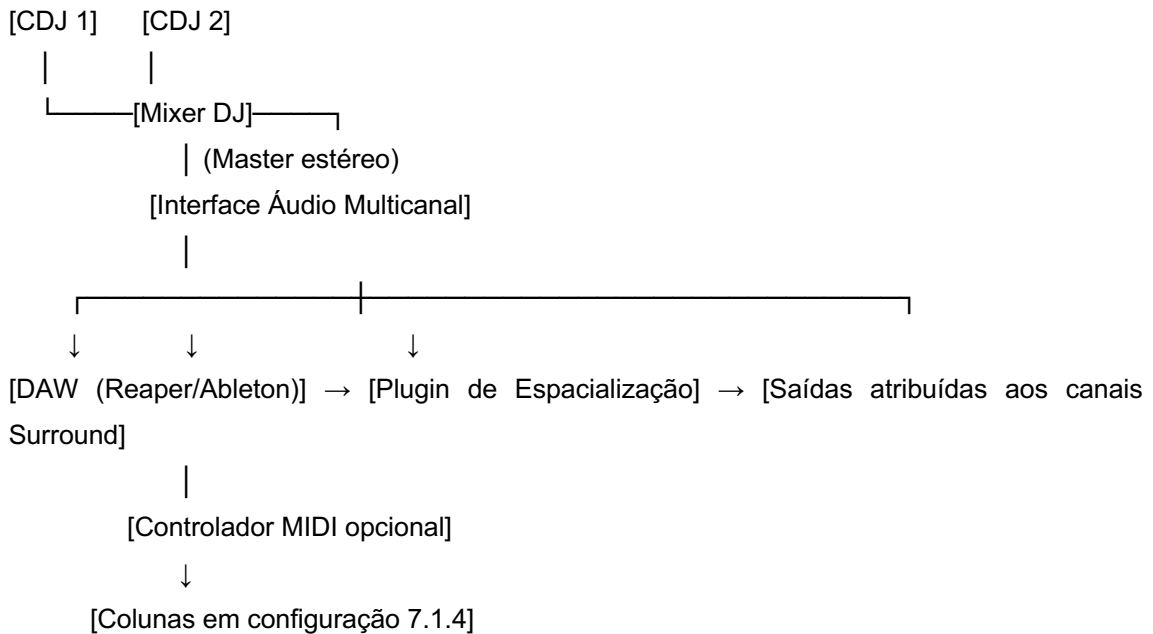


Imagem 3 – Djssetup com MIDI controlador e REAPER

Passos para criar som surround de uma fonte estéreo no Reaper:

1. **Configurar canais no master:**
 - Altere o número de canais do track para 18 (para 3ª ordem Ambisonics).
2. **Criar um bus master:**
 - Crie um bus com 18 canais para receber o som codificado.

- Não envie o bus para o master diretamente.
- Adicionar codificador estéreo:**
 - No track da fonte estéreo, adicione o plugin **Stereo Encoder** do IEM.
 - Configure a ordem Ambisonics para 3ª ordem (16 canais).
 - Use o visualizador para posicionar a fonte no campo sonoro (mova o marcador ou ajuste azimute, elevação e rotação).
 - Enviar para o bus master:**
 - Direcione o áudio do track para o bus master configurado.
 - Monitorar com decodificador binaural (para headphones):**
 - Crie um track para decodificação binaural com 18 canais.
 - Adicione o plugin **Binaural Decoder** do IEM para monitorizar
 - Envie o sinal do bus master para o decodificador binaural.
 - Decoder para set-up da sala (**AIIRA Decoder**)
 - Ajustar posicionamento e largura:**
 - Para fontes estéreo, ajuste parâmetros como **roll** e **width** no codificador para controlar a rotação e a largura espacial.
 - Adicionar efeitos (opcional):**
 - Pode adicionar reverb, EQ, etc., no bus master para enriquecer o campo sonoro.

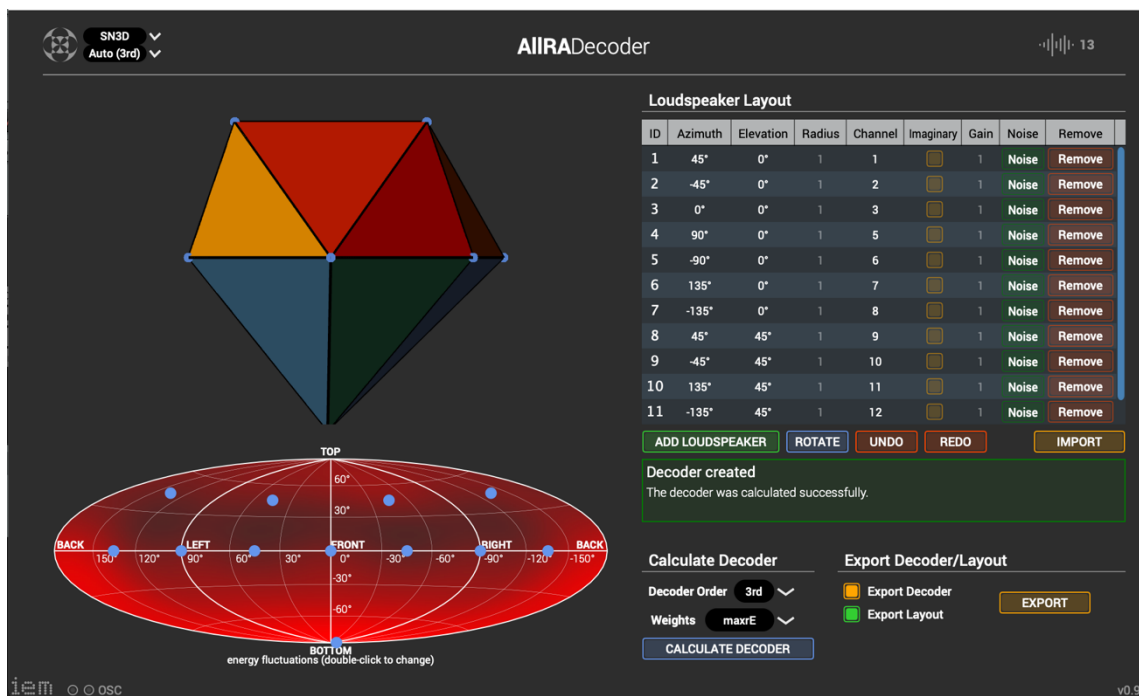


Imagem 4 – Plugin de Decodificação aplicado ao setup montado no Estúdio A (AIIRA Decoder)

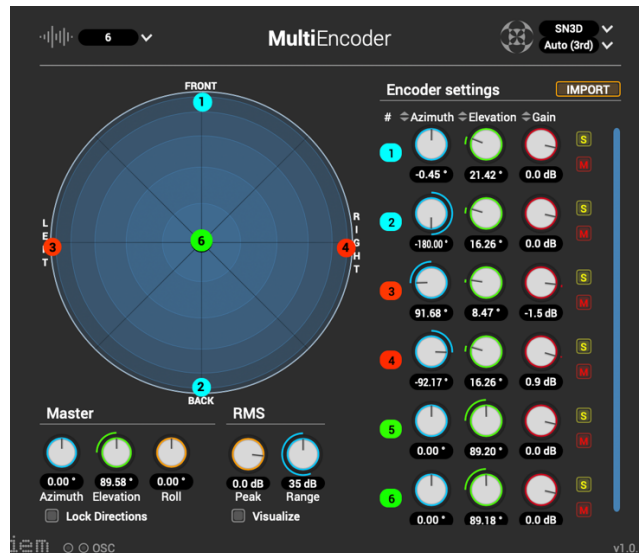


Imagem 5 – Plugin de Encodificação de múltiplas fontes de áudio (distribuidos por frequência sonora) - MultiEncoder

Para otimizar a resposta do sistema, foi calculada a posição ideal do subwoofer com base na frequência de crossover, aplicando a fórmula: velocidade do som no ar (aproximadamente 343 m/s) dividida pela frequência de corte. O subwoofer foi, assim, posicionado a 1,5 metros da parede, mitigando fenómenos de cancelamento de fase. A sala foi analisada acusticamente através de medições de resposta impulsional (IR) e análise espectral com o software REW, permitindo comparar os tempos de resposta e a fase entre as colunas Meyer e as JBL. Importa referir que a acústica do Estúdio A está tratada com painéis ressoadores, difusores geométricos e difusores quadráticos, o que contribuiu para uma reprodução mais precisa do campo sonoro tridimensional.

Durante a sessão, foram exploradas técnicas de espacialização por bandas de frequência (graves, médios e agudos), movimento circular, verticalidade e dispersão. A manipulação ao vivo foi realizada com um controlador AKAI MIDImix, mapeado para os parâmetros de dispersão estéreo, azimute e elevação entre os plugins Multiencoder e StereoEncoder no REAPER.

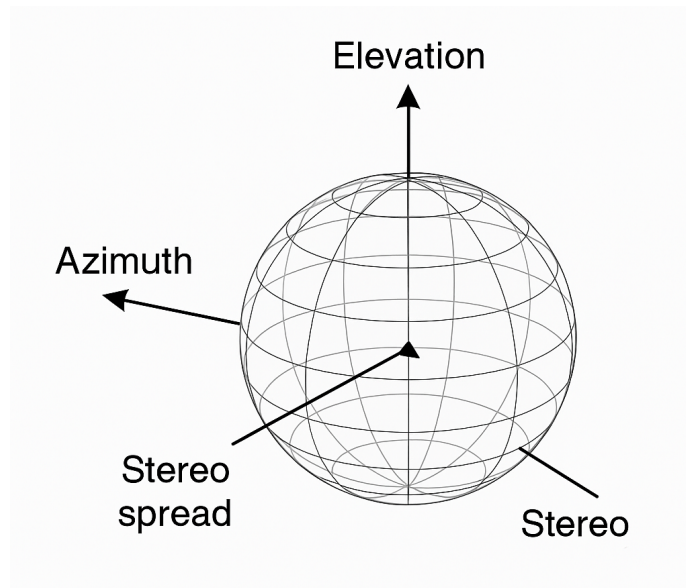


Imagem 6 – parâmetros controlados via MIDI mapping

Robert Normandeau (2009) introduz o conceito de *timbre spatialisation*, defendendo que na música eletroacústica o espaço não é apenas um meio de difusão, mas um parâmetro composicional ativo, ao mesmo nível de altura, ritmo ou duração. Através da fragmentação do espectro sonoro e da sua distribuição por diferentes altifalantes, possibilita-se compor timbres que só adquirem a sua forma final no espaço tridimensional da escuta. Esta abordagem é particularmente pertinente no contexto deste trabalho, que explora a espacialização em tempo real durante performances de DJ, onde diferentes camadas espectrais (graves, médios, agudos) podem ser manipuladas e reposicionadas para criar dinâmicas tímbricas no espaço, potenciando a expressividade e a imersão.



Imagem 7 – DJ Setup com o REAPER e MIDI AKAI

Durante a performance, a possibilidade de desenhar trajetórias sonoras no espaço tornou-se especial e desafiante — tanto para mim como para os ouvintes. A manipulação espacial dos sons permitiu criar movimentos ascendentes, circulares e pulsantes, em sincronia com o compasso da música eletrónica (4/4). Em vários momentos, a linguagem corporal do público evidenciava contentamento ou surpresa: sorrisos, cabeças que seguiam o som em movimento, e gestos de empatia espacial foram visíveis, sobretudo quando sons ascendiam no eixo vertical ou se movimentavam de forma sincronizada com os acentos rítmicos, que eu própria contava mentalmente: “1, 2, 3... movimento no 4”. Durante cerca de 60 minutos, exploraram-se diferentes ambientes sonoros, com uma narrativa musical crescente (BPMs de 118 a 125), passando por estilos como house jazzy, afro-house e texturas psicadélicas. Explorei texturas rítmicas de inspiração africana, particularmente pela sua riqueza percussiva e o groove orgânico que ganha uma nova dimensão no espaço. Os timbres mais agudos foram espacializados na camada superior da esfera ambisonic. Na progressão do set, cruzei elementos de house jazzy, com vozes e ritmos sincopados típicos do género, e finalizei com nuances mais psicadélicas — área pela qual nutro um fascínio especial. A riqueza tímbrica e as texturas envolventes despertam em mim uma sensação próxima de sinestesia.

Durante esta fase, revelou-se particularmente exigente a divisão de atenção entre duas tarefas distintas, ambas da responsabilidade de performer: por um lado, a seleção e construção coerente da viagem musical (DJset), na minha opinião, parte integrante da identidade artística enquanto DJ; por outro, a manipulação em tempo real do espaço sonoro. A coerência auditiva entre as faixas, progressão rítmica mantiveram-se como prioridade artística, não sendo comprometidas pelo uso das ferramentas de espacialização, mas exigindo um elevado grau de foco e gestão de atenção.

Embora não tenha sido testada a disposição física dos visores ou layouts alternativos, foi evidente que a distância entre o ecrã do REAPER e os X DJs impunha constrangimentos.

3.3. Perceção Auditiva e Retorno do Público

Com o intuito de compreender como a espacialização sonora foi percecionada pelo público, promoveu-se uma conversa informal com os presentes após a performance. Embora não se tenha seguido um protocolo de inquérito formal, os testemunhos recolhidos revelam importantes indicações sobre a eficácia sensorial e artística das estratégias de espacialização adotadas.

Entre os participantes, as idades variavam entre os 20 e os 60 anos, abrangendo tanto profissionais da área do som como ouvintes não especializados, o que permitiu uma diversidade de perspetivas:

- **Participante 1 (38 anos, músico)** sugeriu o uso de *modeladores espaciais*, como LFOs sincronizados com o ritmo da música, para enriquecer o movimento dos sons no espaço. No entanto, referiu dificuldades em percecionar altura, propondo um reposicionamento das colunas superiores para evitar sobreposição com as colunas da linha média.
- **Participante 2 (21 anos, estudante ESMAE)** destacou o impacto dos efeitos da mesa de mistura (filtros LP/HP), realçando o momento em que o som se esbatia e reaparecia na camada superior como especialmente imersivo.
- **Participante 3 (26 anos, estudante ESMAE)** valorizou o carácter performativo e orgânico da espacialização ao vivo, por oposição a processos automatizados. Sugeriu manter uma cama sonora constante na linha média para evitar vazios acústicos e quebras de atenção.
- **Participante 4 (24 anos, estudante ESMAE)** demonstrou interesse na divisão de stems para espacialização por grupos instrumentais (bateria, vozes, baixo), o que poderia enriquecer a complexidade da manipulação em tempo real —

proposta ainda limitada pela ausência de ferramentas de separação de stems disponíveis nesta fase do projeto, e por achar que não estou preparada para controlar tanta coisa.

- **Participante 5 (65 anos)**, sem formação técnica, confessou não entender os termos utilizados, mas afirmou que a experiência auditiva foi muito superior à de sistemas estéreo tradicionais — uma resposta indicativa da acessibilidade sensorial do formato imersivo, mesmo para ouvintes leigos.
- **Participante 6 (26 anos, estudante ESMAE)** destacou a importância da continuidade espacial e do ritmo como elementos fundamentais para a escuta em contexto clubbing. Mencionou que interrupções ou movimentos abruptos podiam ser percebidos como “invasivos”, especialmente quando vai para a discoteca e se revê “numa bolha”, num estado mais introspectivo. Tema essencial para mim, pois é nesse contexto que vejo o futuro do meu trabalho, ou festivais.
- **Participante 7 (54 anos)** não quis comentar muito, por não estar a par dos termos técnicos que falamos, mas referiu que tinha gostado e que voltava a repetir.

Apesar do número reduzido de testemunhos, estas observações qualitativas permitiram recolher dados subjetivos valiosos sobre a percepção de espacialidade sonora, especialmente no que toca à articulação entre som, corpo e espaço. A escuta, neste caso, revela-se como um fenómeno incorporado e afetivo, modulando estados de atenção, emoção e participação.

Este tipo de retorno reforça a importância de **testes site-specific** e a necessidade de considerar o espaço, o posicionamento do público e os contextos socioculturais da escuta na elaboração de futuras performances imersivas.



Imagem 8: Performance e participantes no Estúdio A

4. Considerações Finais

Este trabalho procurou demonstrar como a especialização sonora pode ser integrada de forma viável e expressiva na prática performativa do DJing. Através de uma abordagem prática, centrada em testes, escuta ativa e performance, foi possível explorar técnicas acessíveis para transformar sinais estéreo em experiências imersivas, realçando o espaço como um novo parâmetro composicional ao dispor do DJ. As soluções técnicas adotadas — como o uso do REAPER, os plugins da IEM, e o controlo por MIDI — provaram ser não só economicamente viáveis, mas também suficientemente versáteis para permitir uma performance responsiva em tempo real. A escolha destas ferramentas foi também condicionada por limitações financeiras e logísticas, tendo sido excluídas alternativas como o Spacemap Go da Meyer Sound (custo elevado), ou plugins que não são gratuitos.

A performance final permitiu validar a eficácia do sistema e revelou um envolvimento sensorial significativo por parte do público. As observações recolhidas — ainda que informalmente — forneceram pistas relevantes sobre a perceção da espacialidade, a clareza dos movimentos, a necessidade de continuidade sonora e a importância do posicionamento do som no espaço tridimensional. Destaca-se o impacto positivo da manipulação espacial feita ao vivo, interpretada como orgânica, envolvente e diferenciadora. Um aspeto particularmente marcante foi a presença do DJ no centro do espaço, partilhando fisicamente o som com o público. Esta configuração reforçou a dimensão partilhada da performance e contrariou a lógica de frontalidade tradicional,

aproximando o performer do ouvinte e promovendo uma escuta mais coletiva e sensível ao movimento.

No decorrer do processo, tornou-se claro que as tecnologias mais eficazes para este tipo de performance são aquelas que equilibram estabilidade, intuição e acessibilidade. A metodologia adotada privilegiou o eixo técnico, em detrimento dos eixos estético e experiencial, que foram abordados de modo intuitivo mas não sistemático, devido às restrições temporais e operacionais do projeto. A escolha da IEM Plugin Suite e do REAPER não se baseou apenas em critérios técnicos, mas também numa lógica de democratização do acesso às ferramentas de áudio imersivo, tornando esta prática viável mesmo em contextos com poucos recursos. Essa escolha refletiu-se positivamente na performance, ao permitir controlo em tempo real e liberdade criativa sem sobrecarregar o sistema.

Contudo, o processo revelou também limitações operacionais importantes. A divisão de atenção entre a seleção musical e a manipulação espacial exigiu grande foco, e a disposição física dos visores tornou difícil a alternância fluída entre os CDJs e o controlo visual do REAPER. O número limitado de colunas e a necessidade de configurar trajetórias manuais também impuseram restrições, que obrigaram a simplificar certos gestos performativos e a planear com antecedência os momentos de maior intervenção espacial.

Apesar desses constrangimentos, o impacto da espacialização na escuta do público foi evidente. A experiência foi descrita como envolvente, surpreendente e sensorialmente distinta, mesmo por ouvintes sem formação técnica. Movimentos como rotações horizontais, aberturas laterais com dispersão e elevações verticais foram facilmente percebidos e associaram-se a momentos de clímax musical, contribuindo para uma escuta mais atenta e imersiva. Houve também sugestões relevantes sobre a gestão do campo médio e a continuidade da espacialização ao longo do set, que apontam para melhorias possíveis em futuras apresentações.

Para além dos ganhos técnicos e sensoriais, a espacialização sonora trouxe consigo uma transformação mais profunda: a reconfiguração do papel do DJ enquanto performer. Ao passar a manipular o espaço como matéria sonora, o DJ assume uma nova dimensão de autor, escultor de trajetórias sonoras e coreógrafo da escuta. Esta dimensão performativa exige novas competências e novas formas de escuta, mas também abre possibilidades estéticas até aqui pouco exploradas no contexto do clubbing ou das músicas eletrónicas. A espacialização torna-se, assim, não um mero efeito, mas uma linguagem artística em expansão, com impacto direto na construção de ambientes, emoções e narrativas imersivas.

Durante o processo, estabeleceram-se também ligações com atores relevantes da cena internacional de áudio imersivo. O encontro virtual com Axel Delafosse (Paris) — facilitado por Thibault, do IRCAM — revelou-se determinante para compreender práticas atuais de espacialização ao vivo, dificuldades encontradas pelo próprio e apontou para futuras colaborações. Já o contacto presencial com Pierre Lecomte, durante o Superbooth 2025, abriu portas para a exploração da Spatbox em contexto performativo, com uma proposta de residência em Lyon, com apoio técnico do Club Le Sucre e GRAME (*Générateur de Ressources et d'Activités Musicales Exploratoires*) em fase de avaliação.

Estas conclusões, ainda que resultantes de um projeto desenvolvido com recursos limitados, demonstram o potencial transformador da espacialização sonora no contexto do DJing. Este trabalho não pretende encerrar uma resposta, mas abrir novas perguntas sobre como escutamos, como nos movemos no som e como o som se move connosco.

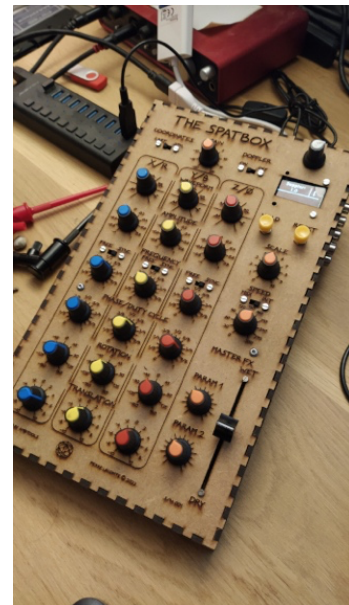


Imagem 9 e 10: Pierre Lecomte e Spatbox no Superbooth, Berlin Maio 2025

5. Perspectivas Futuras

O presente trabalho procurou explorar, de forma acessível e prática, o potencial da espacialização sonora em performances de DJ, com foco na manipulação de som estéreo em tempo real. Apesar das limitações técnicas, logísticas e temporais, os resultados obtidos revelam um território fértil para aprofundar esta prática — tanto do ponto de vista tecnológico como artístico. Importa, no entanto, reconhecer que alguns

dos objetivos inicialmente definidos — nomeadamente o aprofundamento do eixo estético e da dimensão perceptiva da escuta — não puderam ser plenamente desenvolvidos nesta fase. A complexidade técnica envolvida e a necessidade de validação prática orientaram o trabalho sobretudo para uma vertente experimental e funcional. Estes dois eixos — o estético e o experiencial — deverão ser por isso retomados em fases futuras de investigação, integrando métodos mais robustos de recolha de dados e reflexão crítica sobre a experiência do público e as poéticas do espaço. Num plano futuro, uma das direções mais promissoras será o alargamento do sistema de audição, com um número mais elevado de colunas e uma disposição espacial mais envolvente. Tal permitiria explorar com maior detalhe o desenho de som de diferentes géneros musicais e quiça experimentar novos formatos de apresentação, como **performances híbridas** onde se cruzam instrumentos de música eletrónica com DJ setup – adicionando outras camadas de espacialização às músicas selecionadas. Outra possibilidade será a integração de **plugins de separação de stems em tempo real**, como o Hance.ai que viabilizam o controlo espacial diferenciado de elementos como percussão, vozes, baixos ou texturas. Esta abordagem permitiria compor no espaço com mais opções de escolha criativa, abrindo espaço para cenários dinâmicos e narrativas espaciais mais ricas. No entanto, reconheço que este caminho levanta também questões éticas e estéticas, sobretudo no que toca à intervenção sobre obras de outros autores — uma fronteira que deverá ser explorada com respeito e consciência crítica.

O desenvolvimento de um hardware específico em efeitos espaciais (Delays, Reverbs, FX...), pensado para ser integrado num setup de DJ, representa uma das perspetivas mais ambiciosas deste trabalho. A criação de um dispositivo autónomo — compacto, portátil e com uma seleção de efeitos espaciais previamente programados ou personalizáveis — permitiria ao DJ aplicar intervenções espaciais com facilidade, sem depender de interfaces complexas ou de software instalado. Inspirado no IEM, tal ferramenta poderia incluir *presets* como rotações, dispersões, elevação dinâmica ou aberturas estéreas expandidas, acionáveis em tempo real através de botões, faders ou sensores simplificados. A longo prazo, um hardware deste tipo poderia tornar a espacialização mais acessível, intuitiva e integrada na linguagem do DJing, tornando-se uma extensão natural da prática artística.

Paralelamente, a colaboração com centros de criação tecnológica como o **GRAME** (Lyon), em articulação com a **Spatbox** desenvolvida por Pierre Lecomte, abre um novo ciclo de pesquisa e experimentação. O desenvolvimento de um sistema autónomo e portátil de espacialização, baseado em hardware dedicado e algoritmos responsivos, poderá dar origem a novas performances imersivas em tempo real com menos

dependência de software tradicional, e maior liberdade de movimento e expressão espacial.

Numa dimensão mais conceptual e experimental, gostaria também de investigar o potencial da espacialização controlada por dados biométricos ou sensoriais (como batimentos cardíacos, respiração ou movimento do corpo), criando um sistema de escuta e controlo mais íntimo e orgânico. Esta hipótese, ainda em fase de germinação, poderia abrir espaço para novas formas de composição corporal do som, onde o artista sonoro se torna não só performer, mas também fonte e modulador da experiência sonora, fundindo som, corpo e espaço num só gesto.

Por fim, o aprofundamento da componente de escuta fenomenológica do público, com protocolos de recolha de dados mais estruturados, poderá ajudar a compreender melhor o impacto da espacialização em diferentes tipos de audiência. A realização de testes comparativos em diferentes sistemas (estéreo, binaural, 5.1, 7.1.4, octofonia), com participantes diversificados, pode contribuir para desenhar práticas de difusão mais conscientes, sensíveis e situadas.

Em suma, este projeto constitui apenas o início de um percurso de investigação e criação que se pretende expandir nos próximos anos. A espacialização sonora aplicada ao DJing revelou-se não só viável, mas profundamente transformadora, apontando para novas dramaturgias do som, novas formas de escuta e novas possibilidades para a performance ao vivo no século XXI.

Concluir este trabalho foi, acima de tudo, um processo de escuta — questionar-me a mim própria enquanto artista, investigadora e performer. Ao longo deste percurso, aprendi que a espacialização sonora não se limita à manipulação técnica de coordenadas, é sensível, delicado e pode ser invasivo: uma nova forma de estar no som, de estar com os outros, e de desenhar presenças invisíveis que se movem entre corpos e sentidos. Ainda que este projeto tenha sido construído com meios limitados, abriu um espaço interno e externo onde a criação se torna possível, onde a dúvida se transforma em movimento, e onde o som ganha corpo, direção e intenção. O que fica deste trabalho não é uma solução fechada, mas uma escuta aberta, em contínua expansão.

6. Referências bibliográficas / Webgrafia

- 4DSOUND. (n.d.). *4DSOUND systems: Spatial sound instruments and environments*. <https://4dsound.net>
- Attack Magazine. (2025, May 13). *L-Acoustics launches spatial audio tool for DJs*. <https://www.attackmagazine.com/news/l-acoustics-launches-spatial-audio-tool-for-djs/>
- Attali, J. (1985). *Noise: The Political Economy of Music*. University of Minnesota Press.
- Bayle, F. (1993). *Musique Acousmatique: Propositions... Positions*. Buchet-Chastel.
- Begault, D. R., & Wenzel, E. M. (2001). *Headphone Localization of Speech*. NASA Ames Research Center.
- Benjamin, E., May, T., & Noisternig, M. (2019). *Higher Order Ambisonics: Subjective and Objective Investigations of Localization Performance*. *Journal of the Audio Engineering Society*, 67(5), 293–309.
- Bernardo, N. (2018). *Sound Particles: A Revolution in 3D Sound Design*. Sound Particles Software Documentation.
- Borgdorff, H. (2007). *The debate on research in the arts*. Amsterdam: Dutch Higher Arts Education.
- Butler, M. (2014). *Playing with Something That Runs: Technology, Improvisation, and Composition in DJ and Laptop Performance*. Oxford University Press.
- Chion, M. (1999). *Guide to Sound*. Paris: Editions Nathan.
- Ciani, S. (2018). *Quadraphonic Synthesizer Performance*. <https://www.suzanneciani.com>
- Cooper, M. (2020). *Yearning for the Infinite: Sound, Science and Space*. <https://maxcooper.net>
- Daniel, J., Rault, J.-B., & Polack, J.-D. (2003). *Ambisonics Encoding of Other Audio Formats for Multiple Listening Conditions*. In *114th AES Convention*, Amsterdam.
- Deschênes, A., & Lemieux, R. (2021). *SpatGRIS: A Toolkit for Spatial Audio Diffusion in Electroacoustic Music Performance*. In *Proceedings of the International Computer Music Conference*.
- Dolby Atmos. (2016). *First Atmos club system unveiled in London's Ministry of Sound*. <https://pt.ra.co/news/32448>
- Dolby Laboratories. (2023). *Dolby Atmos Technical Overview*. <https://www.dolby.com>

- Einbond, A., Carpentier, T., Schwarz, D., & Bresson, J. (2022). *Embodying Spatial Sound Synthesis with AI in Two Compositions for Instruments and 3-D Electronics*. *Computer Music Journal*, 46, 43–61.
- Emmerson, S. (Ed.). (2007). *Living Electronic Music*. Ashgate.
- Envelop. (2019). *Envelop for Live: Spatial Audio for Ableton Live*. <https://www.envelop.us>
- Farnell, A. (2010). *Designing Sound*. MIT Press.
- Ferreira, H. (2025, 6 de junho). *Música | Suzanne Ciani – Do ruído ao infinito*. *Jornal de Leiria*. <https://www.jornaldeleiria.pt/opiniao/musica-or-suzanne-ciani-do-ruído-ao-infinito>
- Fonseca, N. (2023). *All You Need to Know About 3D Audio* (2nd ed.). Sound Particles. <https://soundparticles.com>
- Föllmer, G., & Höldrich, R. (2021). *Immersive Audio and Sound Design: Theory and Practice*. Routledge.
- Gerzon, M. A. (1973). *Periphony: With-Height Sound Reproduction*. *Journal of the Audio Engineering Society*, 21(1), 2–10.
- GRM. (n.d.). *Groupe de Recherches Musicales*. <https://www.inagrm.com>
- Hance. (2024). *Real-time AI stem separation for DJs and live performance*. <https://hance.ai/>
- Harrison, J. (1998). *Sound, Space and Time: Acousmatic Music and the Living Presence of the Loudspeaker*. *Organised Sound*, 3(2), 117–124.
- Institute of Electronic Music and Acoustics. (n.d.). *Multiencoder. IEM Plugin Suite*. <https://plugins.iem.at/docs/pluginDescriptions/#multiencoder>
- IRCAM. (n.d.). *Institut de Recherche et Coordination Acoustique/Musique*. <https://www.ircam.fr>
- Jot, J.-M., Waltermann, M., & Kamolz, M. (2017). *Object-Based Audio: Opportunities for Immersive and Personalized Listening*. *Journal of the Audio Engineering Society*, 65(10), 838–849.
- Kim, P. (2015, April 13). *Envelop wants to make an ambisonic 3D venue and tools*. Create Digital Music (CDM). <https://cdm.link/2015/04/envelop-wants-make-ambisonic-3d-venue-tools/>
- L-Acoustics. (2021). *L-ISA Studio Overview*. <https://www.l-acoustics.com>
- L-Acoustics. (n.d.). *L-Acoustics Education Program*. <https://www.l-acoustics.com/en/training/>
- Lavoie, S. (2019). *My practice of live performance of spatial electronic dance music*. *Dancecult*.

- Lecomte, P. (2022). *Spatbox – An embedded interface for real-time immersive sound spatialization*. Presented at Forum IRCAM 2022, Paris.
- Ledoux, D., & Normandeau, R. (2018). *An immersive approach to 3D-spatialized music composition: Tools and pilot survey*. *Audio Mostly 2018*, 1–4. <https://doi.org/10.1145/3243274.3243300>
- López, F. (2015). *Sonopolis: Urban Soundscapes and Immersive Listening*. *Sound Studies Journal*.
- Lopes, D. (2016). *A investigação artística e a produção de conhecimento no ensino superior*. *RIMEM*, 6, 95–108.
- Marentakis, G., Peters, N., & McAdams, S. (2007). *DJ SPAT: Spatialized Interactions for DJs*. *International Conference on Auditory Display*.
- McGee, T., & Wright, M. (2011). *Sound Element Spatializer (SES)*. *Linux Audio Conference*.
- Meyer Sound. (2020). *Spacemap Go*. <https://meyersound.com/product/spacemap-go/>
- Meyer Sound. (n.d.). *Spatial Audio Using Spacemap Go – Workshop Description*. <https://meyersound.com/news/spacemap-go-workshop/>
- Michon, R., et al. (n.d.). *A low-cost wave field synthesis system based on FPGAs*. CCRMA, Stanford University.
- Miranda, E. R., & Wanderley, M. M. (2006). *New Digital Musical Instruments: Control and Interaction Beyond the Keyboard*. A-R Editions.
- MUTEK. (2023). *MUTEK Festival Archives*. <https://mutek.org>
- Normandeau, R. (2009). *Timbre spatialisation: The medium is the space*. *Organised Sound*, 14(3), 277–285. <https://doi.org/10.1017/S1355771809990163>
- Oomen, P. (2015). *4DSOUND: A New Dimension in Sound*. *Journal of Sonic Studies*.
- Ouzounian, G. (2021). *Stereophonica: Sound and Space in Science, Technology, and the Arts*. MIT Press.
- Politis, A., & Vilkamo, J. (2016). *SPARTA – Real-time spatial audio plug-ins*. *Linux Audio Conference*.
- “Products of Interest”. (n.d.). *VR Sonic VibeStudio Designer 2*. <https://www.vrsonic.com>
- Red Bull Music Academy. (2018, September 6). *A visual history of spatial sound*. <https://daily.redbullmusicacademy.com/2018/09/a-visual>
- Reich, J. (2020). *The Revolution of Spatial Sound*. In Grimshaw-Aagaard (Ed.), *The Oxford Handbook of Sound and Imagination* (Vol. 2). Oxford University Press.

- Reynolds, S. (1999). *Generation Ecstasy: Into the World of Techno and Rave Culture*. Routledge.
- Roads, C. (2015). *Composing Electronic Music: A New Aesthetic*. Oxford University Press.
- Rose. (2021). *Live Spatial Audio Performances*. <https://rrose.ro>
- Rothlein, J. (2015, December 3). *Dolby Atmos comes to Ministry of Sound*. *Resident Advisor*. <https://pt.ra.co/news/32448>
- Rumsey, F. (2006). *Spatial audio and sensory evaluation techniques*. *AES Conference*.
- SAT. (2020). *SATosphere Overview*. <https://sat.qc.ca>
- Wishart, T. (1996). *On Sonic Art*. Routledge.
- Zelli, B. (2009). *Spatialization as a musical concept*. *IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality – Arts, Media and Humanities*, 35–38.
- ZKM. (n.d.). *About ZKM*. <https://zkm.de/en/about-zkm>
- Zotter, F., & Frank, M. (2019). *Ambisonics: A Practical 3D Audio Theory*. Springer.

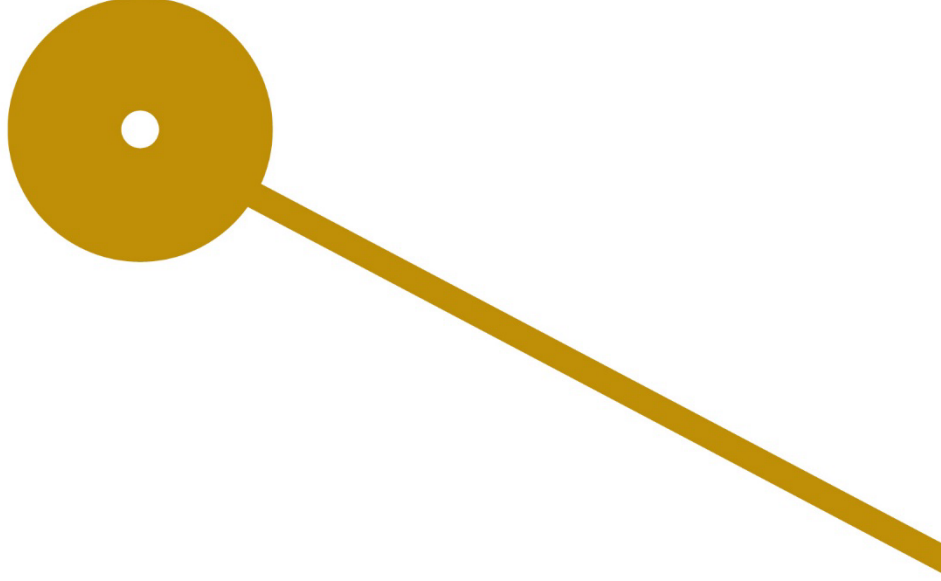
3. Anexo 1 - Um resumo de plugins VST, por categoria e função:

Plugin	Tipo / Função	Descrição / Uso Principal
APL Virtuoso	Binaural Renderer	Render binaural com suporte a múltiplos layouts e head-tracking, standalone e Windows/Mac.
Audio Brewers	Ambisonics Encoder/Decoder	Plugins para trabalhar com Ambisonics até 7ª ordem, incluindo encoder, decoder, rotator e visualizer.
Audio Future (WalkMix Creator)	Sony 360 Real Audio Tool	Criação de áudio imersivo MPEG-H, usado como emissor e receptor.
AudioMover Binaural Renderer	Binaural Renderer for Apple Devices	Renderiza áudio 7.1.4 para AirPods com head-tracking ativado.
Baby Audio Smooth Operator	Stereo Processing	Plugin para suavizar voz, especialmente frequências agudas.
LiftFX	Transition Effects	Plugin para criar efeitos de transição (lift effects).
Dada Life (Sausage Fattener, Endless Smile)	Stereo Effects	Plugins para melhorar o som (Gooderizer) e criar efeitos de transição.
Denise Audio Perfect Room 2	Reverb	Reverb criativo e flexível para áudio imersivo.
Devious Machines (Duck, Infiltrator)	Sidechain / Multi-effect	Plugins para ducking e multi-efeitos.
Dolby Atmos Renderer	Dolby Atmos Tools	Renderer, panner e LTC generator para Dolby Atmos.
Embody Immerse Virtual Studio Signature Edition	Immersive Audio Renderer	Render binaural com head-tracking para Apple Music 7.1.4.
FabFilter Suite (Pro-Q, Pro-R 2)	Multi-channel EQ and Reverb	Plugins multi-mono para até 16 canais, incluindo equalizador e reverb.

Fiedler Audio Dolby Atmos Composer	Dolby Atmos Composer	Plugin para composição em Dolby Atmos, disponível em versão gratuita e paga.
Ginger Audio Ground Control Sphere	Virtual Monitor Controller	Controle de monitores com suporte a múltiplos setups e head-tracking para AirPods.
iZotope Ozone 11, RX 11	Mastering and Restoration	Plugins para masterização e restauração de áudio.
LiquidSonics Cinematic Rooms Professional	Reverb	Reverb realista para áudio imersivo.
NovoNotes (3DX, HPL Processor)	Binaural Panning and Rendering	Plugins para panning 3D e render binaural simplificado.
Sam Hocking INU (immersive Nulling Upmixer)	Upmixer Stereo to 9.1.6	Plugin para upmix stereo para áudio imersivo mantendo compatibilidade.
Audio-Decibel Processing	Monitoring / Metering	Plugin de medição flexível para monitoramento de áudio.
Reverb Foundry Tai Chi	Creative Reverb	Reverb imersivo criativo, mais experimental que Cinematic Rooms.
Softube Weiss De-esser, Mastering Maximizer, TubeTec EQ	De-esser, Maximizer, EQ	Plugins de alta qualidade para de-essing, maximização e equalização tipo Pultec.
Sonible True Balance, True Level	Metering / Analysis	Plugins para análise e balanceamento de áudio.
Stephen Slate VSX	Mixing Room Simulation	Sistema de simulação de salas de mixagem para auscultadores.
Supperware Binaural Renderer	Binaural Renderer with Head Tracker	Plugin gratuito para render binaural com head-tracking (requer Supperware Head Tracker).

ESCOLA
SUPERIOR
DE MÚSICA
E ARTES
DO ESPETÁCULO
POLITÉCNICO
DO PORTO

P.PORTO



M

MESTRADO
ARTES E TECNOLOGIAS DO SOM

Especialização Sonora em Performances de DJ
Ana Rita da Silva Costa