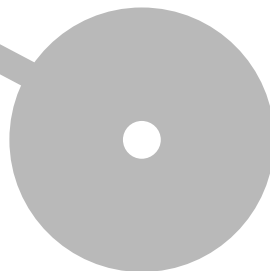




Exploração tecno-artística de uma experiência visual das harmonias e melodias de um instrumento musical

Jorge Miguel da Cunha Alves

[11/2024]



Politécnico do Porto
Escola Superior de Media Artes e Design

Jorge Miguel da Cunha Alves

**Exploração tecno-artística de uma experiência visual das harmonias e melodias de um
instrumento musical**

Trabalho de Projeto
Mestrado em Sistemas e Medias Interativos

Orientação: Prof.^(a) Doutor(a) Horácio Tomé-Marques

Politécnico do Porto
Escola Superior de Media Artes e Design

Jorge Miguel da Cunha Alves

**Exploração tecno-artística de uma experiência visual das harmonias e melodias de um
instrumento musical**

Trabalho de Projeto
Mestrado em Sistemas e Medias Interativos

Membros do Júri

Presidente

Prof.^(a) Doutor(a) Rui Pedro da Costa Rodrigues
Escola Superior de Media Artes e Design – Instituto Politécnico do Porto

Vogal - Orientador

Prof.^(a) Doutor(a) Horácio António Barbosa Tomé Marques
Escola Superior de Media Artes e Design – Instituto Politécnico do Porto

Vogal - Arguente

Prof.^(a) Doutor(a) Bruno Alexandre Bernardino Pereira
Escola Superior de Música e Artes do Espetáculo – Instituto Politécnico do Porto

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar a minha gratidão aos meus colegas de mestrado pelo apoio e disponibilidade demonstrados ao longo deste projeto. Agradeço também aos meus professores, que sempre se mostraram dispostos a partilhar os seus conhecimentos e a sugerir possíveis caminhos a seguir no desenvolvimento do trabalho. Um agradecimento especial à Francisca Resende, por me ter apresentado aos instrumentos de corda, como o violoncelo e o violino, bem como à música clássica, e por ter sido uma fonte de inspiração para a criação deste trabalho.

Por fim, gostaria de agradecer profundamente aos meus pais, pelo seu apoio constante, em todos os momentos.

RESUMO

Este projeto explora a interseção entre arte e tecnologia, com o objetivo de transformar as melodias e harmonias de um instrumento musical em expressões visuais dinâmicas e interativas. Através de uma abordagem sinestésica, procura-se criar uma experiência imersiva que combine música, movimento e visuais reativos, oferecendo uma nova forma de apreciação e compreensão da música atual. Utilizando o software PureData para a captação de áudio em tempo real e análise de parâmetros sonoros, e o software TouchDesigner para processar estes dados, são criados visuais que respondem tanto ao som quanto aos movimentos do instrumentista. O projeto inclui várias fases de ajustes e otimizações, e ainda, a reorganização do sistema visual e a criação de uma interface de fácil utilização. A sua implementação final recorre ao uso de dois projetores, um microfone e uma Kinect v2. Os resultados demonstram a eficácia desta combinação, proporcionando uma experiência artística, com potencial para ser explorada em futuros contextos performativos e instalações interativas.

Palavras-chave: Música Visual; Captação de Áudio; Visuais Reativos; Arte e Tecnologia.

ABSTRACT

This project explores the intersection between art and technology, aiming to transform the melodies and harmonies of a musical instrument into dynamic and interactive visual expressions. Through a synesthetic approach, the project seeks to create an immersive experience that combines music, movement, and reactive visuals, offering a new form of appreciation and understanding of music. The software PureData is used for real-time audio capture and sound parameter analysis, while TouchDesigner processes this data, generating visuals that respond both to the sound and the movements of the performer. The project went through several stages of adjustments and optimizations, as well as the reorganization of the visual system and the creation of a user-friendly interface. Its final implementation involves the use of two projectors, a microphone, and a Kinect v2. The results demonstrate the effectiveness of this combination, providing an artistic experience with the potential to be explored in future performative contexts and interactive installations.

Keywords: Visual Music; Audio Capture; Reactive Visuals; Art and Technology.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	9
GLOSSÁRIO	10
INTRODUÇÃO.....	13
1 ESTADO DA ARTE.....	14
1.1 Wassily Kandinsky	14
1.2 Nietzsche	15
1.2.1 Alexander Scriabin	16
1.3 Daft Punk.....	17
1.4 Tundra	19
1.5 Ainda em contexto dos visuais e da música.....	19
2 CONCEITO INICIAL	22
2.1 Questões de Investigação	23
3 CONTRUÇÃO DO SISTEMA.....	24
3.1 Captação do Áudio.....	25
3.2 Captação Visual.....	28
3.3 TouchDesigner	29
3.3.1 Configuração do Áudio.....	30
3.3.2 Configuração da Silhueta	32
3.3.3 Criação de visuais reativos ao movimento	33
3.3.4 Criação de uma esfera reativa ao som.....	33
3.3.5 Interface	35
4 INSTALAÇÃO DA PERFORMANCE.....	36
4.1 Primeiros resultados.....	37
4.1.1 Edição.....	39
4.2 Segunda experiência	39
4.2.1 Edição.....	40
4.3 Cenário atual.....	41

4.4 Exploração criativa	42
4.4.1 Fundo branco / Sombra Natural.....	42
4.4.2 Sombra Artificial	43
4.4.3 Partículas Reativas ao Movimento	44
4.4.4 Esfera de Partículas.....	45
4.4.5 Interpolação dos sistemas.....	46
CONCLUSÃO.....	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
ANEXOS	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – An Optical Poem, Oskar Fischinger, 1938	14
Figura 2 - Composição VIII, Kandinsky, 1923.....	15
Figura 3 - Teclado com codificação cromática (réplica da proposta de Scriabin).....	16
Figura 4 - Prométhée, (Orquestra Sinfónica da Rádio de Frankfurt), 2007	16
Figura 5 - Álbum visual "Interstella 5555", 2003	17
Figura 6 - Performance de Daft Punk em Bercy, Alive 2007	18
Figura 7 - The Void, Tundra, 2013	19
Figura 8 - Planeamento da Instalação do Sistema	24
Figura 9 - Sistema do PureData, captura e análise de áudio	27
Figura 10 - Captura da silhueta com a Kinect V2.....	28
Figura 11 - Configuração do áudio no TouchDesigner	31
Figura 12 - Silhueta ajustada com o instrumento	32
Figura 13 - Sistema de Partículas reativo ao movimento.....	33
Figura 14 - Estrutura do Sistema da Esfera reativa ao som.....	34
Figura 15 - Esfera Reativa ao som	34
Figura 16 - Organização dos sistemas no TouchDesigner	35
Figura 17 - Interface do sistema	35
Figura 18 - Projeção sobre o instrumento	36
Figura 19 - Primeiro teste do sistema em prática	38
Figura 20 - Sombra na parede de fundo.....	42
Figura 21 - Silhueta com visuais reativos	43
Figura 22 - Sistema de Partículas projetado na parede de fundo	44
Figura 23 - Esfera de Partículas reativa ao som	45
Figura 24 - Utilização de dois visuais reativos em simultâneo.....	46

GLOSSÁRIO

Attack refere-se à fase inicial de um som, caracterizada pelo tempo que leva para atingir o seu nível máximo de amplitude após o início. Sons com um ataque rápido atingem o seu pico de volume quase imediatamente, enquanto sons com ataque lento aumentam gradualmente em volume.

Bonk é uma técnica de detecção de ataques percussivos em áudio. No PureData, refere-se a um objeto que identifica e processa picos súbitos de energia, muitas vezes usados para detetar batidas ou sons percussivos.

Brightness é um parâmetro que indica a quantidade de altas frequências presentes num som. Sons com maior brilho têm mais frequências agudas, enquanto sons mais "escuros" têm uma predominância de frequências baixas.

Centroid é o "centro de massa" de um espectro de som, calculado como a média ponderada das frequências. Um *centroid* mais alto indica uma maior concentração de energia nas frequências agudas, enquanto um valor mais baixo indica a predominância de frequências graves.

Container é um componente que organiza e armazena redes de operadores e controlos visuais no TouchDesigner. É utilizado para agrupar diferentes elementos de um projeto, facilitando a gestão e a navegação entre diferentes partes do sistema.

Envelope refere-se à variação da amplitude de um som ao longo do tempo. É dividido em quatro fases: ataque (*attack*), decaimento (*decay*), sustentação (*sustain*) e libertação (*release*), e é essencial para a caracterização do timbre de um som.

Flatness é um parâmetro de análise de áudio que mede a suavidade ou rugosidade de uma onda sonora. É frequentemente utilizado para descrever a distribuição espectral de uma fonte de som, onde valores baixos indicam uma distribuição uniforme (sons suaves) e valores altos indicam uma predominância de frequências (sons mais "ásperos").

Flux mede a variação temporal do conteúdo espectral de um som, ou seja, quanto rapidamente o espectro de frequências de um som muda ao longo do tempo. É útil para descrever o movimento ou a dinâmica de um som.

Harmonia é a combinação de duas ou mais notas tocadas simultaneamente.

Melodia é o resultado de uma sequência de notas musicais que formam uma linha sonora ao longo do tempo musical.

NDI é um protocolo desenvolvido pela NewTek que permite a transmissão de vídeo, áudio e dados em alta qualidade através de redes IP. Utilizado principalmente em produções audiovisuais e performances interativas, o NDI facilita a comunicação entre diferentes dispositivos e computadores em tempo real, sem a necessidade de cabos de vídeo dedicados.

OpticalFlow é uma técnica de processamento de imagem utilizada para detectar e medir o movimento de objetos numa sequência de frames de vídeo. Em TouchDesigner, este método é utilizado para criar visuais que respondem aos movimentos capturados em tempo real.

OSC (*Open Sound Control*), é um protocolo de comunicação flexível e eficiente utilizado para transmitir mensagens entre computadores, sintetizadores, controladores e outros dispositivos multimídia em tempo real. Desenvolvido inicialmente para substituir o protocolo MIDI, o OSC oferece maior resolução e flexibilidade, permitindo o envio de dados complexos, como parâmetros de áudio e visuais, por redes de IP.

oscIn refere-se a um operador ou objeto responsável por receber dados OSC de outros dispositivos ou softwares.

particlesGpu é um módulo no TouchDesigner utilizado para criar e gerir sistemas de partículas que podem ser renderizados utilizando a GPU (unidade de processamento gráfico). Este módulo permite criar efeitos visuais complexos e dinâmicos com grandes quantidades de partículas, com um desempenho otimizado.

Pitch refere-se à altura de um som, ou seja, a frequência fundamental percebida. Sons com frequências mais altas têm um *pitch* mais elevado, enquanto frequências mais baixas resultam num *pitch* mais grave.

Timbre refere-se à qualidade ou característica do som que permite distinguir diferentes fontes sonoras, mesmo quando estão a produzir a mesma nota e intensidade.

INTRODUÇÃO

O projeto encontra a sua motivação numa recente introdução à música clássica, mais concretamente à estética e ao funcionamento de instrumentos de corda como, e.g., violoncelo, violino. Esta introdução à música clássica despertou um interesse nas possibilidades que ela oferece, não apenas como uma forma de arte auditiva, mas também como uma fonte de inspiração visual e tecnológica. A expressividade singular dos instrumentos, que transmitem emoções de forma tão rica e sofisticada, motivou a procura de uma nova forma de interpretação que transcende o domínio puramente sonoro, expandindo-se para um campo de visualização artística.

Apesar do título do projeto mencionar harmonias e melodias, no contexto desta proposta, esses termos referem-se fundamentalmente ao som produzido pelos instrumentos, em vez de às suas definições tradicionais no âmbito da lógica e teoria musical, sendo utilizados como referências gerais à expressão sonora do instrumento.

A partir deste interesse inicial, emergiu a ideia de explorar as possibilidades de sinergia entre a música, arte e a tecnologia. A música clássica, com a sua complexidade e profundidade emocional, oferece um vasto leque de expressões que podem ser reinterpretadas visualmente através de ferramentas tecnológicas. Esta combinação entre o “tradicional” e o “moderno”, não sendo de fácil realização, nomeadamente devido à pertinência e consequência de uma associação entre visuais e música, pode criar uma ponte interessante, entre a arte musical centenária e as inovações digitais do presente, permitindo novas formas de interação e apreciação por parte do público.

O projeto surge como uma resposta a este contexto. Tem como principal objetivo conceber uma experiência que vá além da simples performance musical, capturando não apenas a essência dos instrumentos, mas também os movimentos do instrumentista, transformando-os em expressões visuais dinâmicas e interativas. Ao explorar a interseção entre som e imagem, pretende-se criar uma experiência imersiva e multissensorial, onde os gestos e a música dos instrumentos sejam traduzidos em formas visuais que interajam em tempo real com a performance do instrumentista.

1 ESTADO DA ARTE

“To most of us music suggests definite mental images of form and color.”

Oskar Fischinger, 1938¹

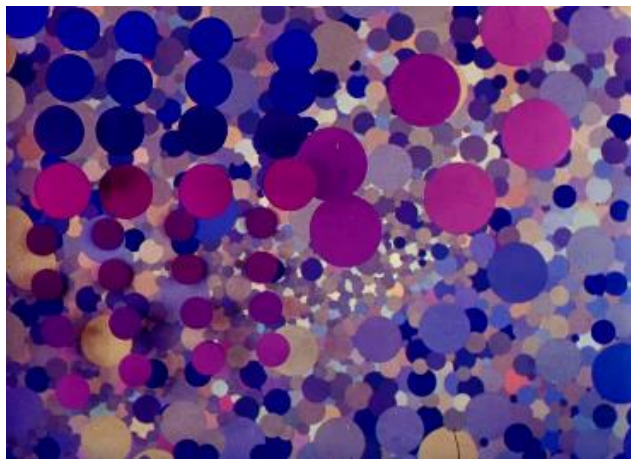


Figura 1 – An Optical Poem, Oskar Fischinger, 1938

O sonho de criar música visual comparável à música auditiva encontra a sua concretização em filmes animados abstratos como “An Optical Poem” de Oskar Fischinger, “A Colour Box” de Len Lye e “Dots” de Norman McLaren. (The National Museum of Modern and Contemporary Art, 2021)

1.1 Wassily Kandinsky

Nasceu na Rússia em 1866. Estudou desenho, piano e violino. Mais tarde, foi para a Universidade de Moscovo, onde se dedicou aos estudos de economia política e direito. (Azuma, 2007)

Aos 30 anos, mudou-se para Munique para estudar pintura. Todas as atividades convergiram para o seu desenvolvimento, não apenas como artista, mas também como

¹ In *An Optical Poem*, Oskar Fischinger, 1938

grande teórico da arte. Kandinsky teve um papel fundamental no surgimento do abstracionismo, procurando criar obras com formas abstratas e cores puras, afirmando que uma paleta e uma máquina de escrever são instrumentos complementares. (Kandinsky, 1996)

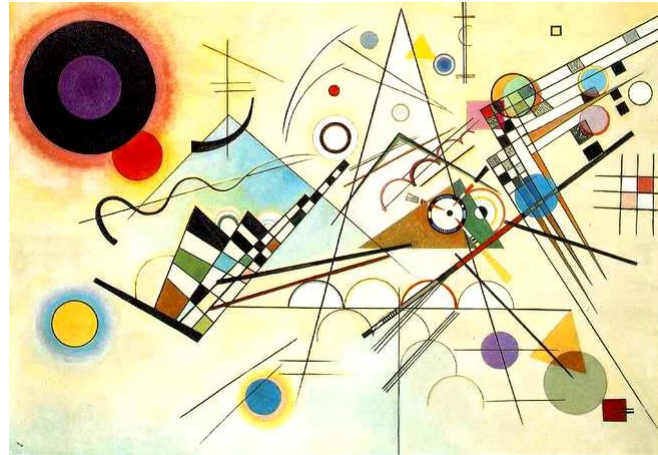


Figura 2 - Composição VIII, Kandinsky, 1923

O contato de Kandinsky com a música foi crucial para o seu desenvolvimento artístico. Os seus pais tocavam cítara e piano, enquanto ele tocava piano e violoncelo. Ele encontrou na abstração os elementos necessários para construir uma linguagem pictórica que se equiparasse à música, a qual considerava a arte mais pura.

Kandinsky acreditava que a imitação da natureza não poderia ser o objetivo principal para um artista criador. Ele invejava a música pela facilidade com que expressava o universo interior. A interseção entre a música e pintura foi absorvida naturalmente, e ele descreveu que, ao ouvir Wagner, parecia ver todas as suas cores diante de seus olhos, com linhas desordenadas desenhando-se quase extravagantemente. (Gomes, 2003)

1.2 Nietzsche

Nietzsche aborda o mito de Apolo e Dionísio. (Carrasco, 2019) A partir destas forças impulsoras, emerge uma realidade autónoma, repleta de beleza, que se manifesta e se individualiza através de contornos, à medida em que cada um delimita os seus objetos representados. O impulso dionisíaco atua como contraparte do apolíneo, procurando

exercer sobre os seres humanos – que em algum momento se individualizaram e se separaram da totalidade originária – uma força que procura reconduzi-los ao seu estado anterior de indistinção em relação ao todo. Para Nietzsche, Apolo Representa a imagem, e Dionísio representa o som.

1.2.1 Alexander Scriabin

Influenciado pelas ideias de Nietzsche, que exaltava a arte como um cenário panteísta que busca unir ciência, religião e filosofia, o compositor russo Alexander Scriabin convenceu-se de que a arte, especialmente a música, tinha um propósito espiritual. Para desvendar esse propósito, ele integrou na sua sinfonia *Prométhée*, o chamado “teclado de cores”, no qual, em vez de sons, são produzidas luminosidades coloridas que inundam o palco. Estas cores estão associadas a um sistema de equivalência baseado no ciclo de quintas, começando pelo Dó.

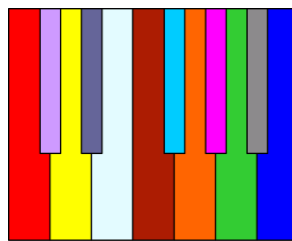


Figura 3 - Teclado com codificação cromática (réplica da proposta de Scriabin)

Esse projeto mais amplo de Scriabin incluiria não apenas sons, mas também luzes, odores e contatos físicos, sendo denominado *Mysterium*. A obra de Scriabin pode ser considerada como o ápice exagerado do pós-romantismo musical.(Freitas, 2007)

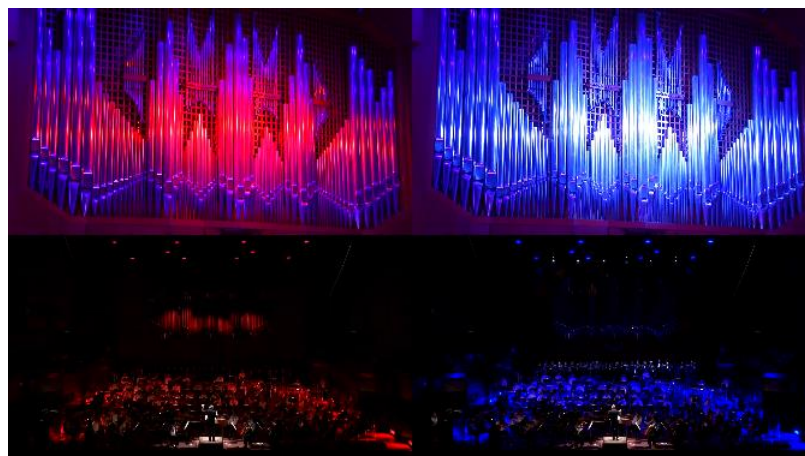


Figura 4 - Prométhée, (Orquestra Sinfônica da Rádio de Frankfurt), 2007

1.3 Daft Punk

Daft Punk é uma dupla francesa de música eletrônica composta por Guy-Manuel de Homem-Christo e Thomas Bangalter. São destacados pela sua contribuição significativa na música eletrônica e também pela fusão de elementos eletrônicos e orgânicos nas suas produções, criando uma experiência musical distintamente inovadora. (Blog Groovy, 2023)

A importância do álbum “Discovery”, lançado em 2001, é notável neste contexto. O álbum não só revolucionou a cena da música eletrônica, mas também introduziu uma abordagem pioneira ao incorporar elementos visuais na apresentação. “Discovery” foi acompanhado por um filme animado chamado “Interstella 5555: The 5tory of the 5ecret 5tar 5ystem”, desenvolvido em colaboração com o famoso diretor de animação japonês Leiji Matsumoto. O filme serve como uma narrativa visual para o álbum, combinando música e animação para proporcionar uma experiência imersiva.

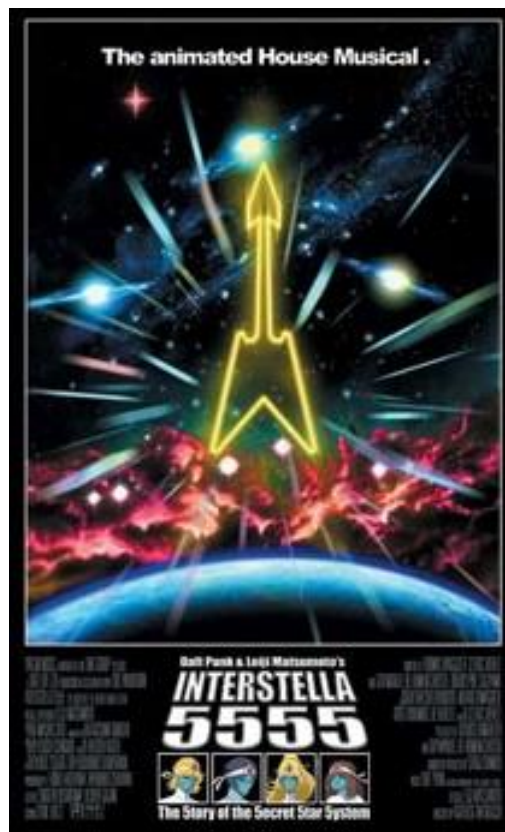


Figura 5 - Álbum visual "Interstella 5555", 2003

A relação entre o som e os visuais no contexto do Daft Punk é profunda. Os visuais não são apenas uma adição estética, mas uma extensão da narrativa musical. A combinação de música eletrônica cativante com animações visualmente estimulantes cria uma sinergia que eleva a experiência auditiva e visual a um nível superior. A atenção meticulosa aos detalhes visuais, juntamente com a sonoridade característica do Daft Punk, contribui para uma experiência sensorial coesa e única.

Daft Punk aproveitou o avanço da tecnologia a laser, tornando os feixes de muito mais sofisticados e flexíveis do que eram nos dias de “The Who” e “Zeppelin”, para construir pirâmides e outras formas de luz espetaculares. Com isso, a dupla contribuiu significativamente para a transformação da música eletrônica de dança “EDM”, num fenómeno teatral. Esta abordagem inovadora impactou não só a experiência musical, mas teve ainda um papel fundamental na popularização de festivais como Electric Daisy Carnival, que passaram a atrair mais de 400.000 fãs.(Knopper, 2023)

A influência de Daft Punk na música eletrônica é imensurável, pois eles ajudaram a popularizar o género e a quebrar barreiras entre diferentes estilos musicais. Além disso, a sua abordagem inovadora de combinar elementos visuais com a música influenciou muitos artistas subsequentes a explorar formas criativas de apresentação de música eletrônica.



Figura 6 - Performance de Daft Punk em Bercy, Alive 2007

1.4 Tundra

O coletivo Tundra é conhecido por explorar a percepção sinestésica através de tecnologias e media contemporâneos. A sua prática artística combina luz, som, espaço e tecnologia, utilizando essas ferramentas para criar obras interativas que equilibram caos e ordem, inspirando-se na relação entre tecnologia e natureza. (Tundra, 2013)

Tundra é reconhecido por performances audiovisuais, instalações de luz e som, arte generativa e experiências multimídia, que têm sido exibidas em museus e festivais em todo o mundo, recebendo prêmios internacionais de prestígio.



Figura 7 - The Void, Tundra, 2013

1.5 Ainda em contexto dos visuais e da música

A utilização de visuais na expressão musical têm sido, como exposto neste capítulo de forma resumida, uma prática recorrente. No entanto, essa utilização também tem provocado várias discussões sobre como relacionar os visuais e a música com o público, a sua necessidade, e também a própria relação entre sons e gráficos, a complexidade que propõem nas propostas performativas e a forma como estas podem ser consequentes na performance em geral.

Não sendo o foco deste projeto, ele contempla ainda, uma reflexão sobre a prática e a necessidade de trazer outras modalidades, nomeadamente visuais para o palco, que é o foco deste projeto, tem estado presente ao longo dos últimos séculos,

como, e.g., Wagner, que comenta no seu livro “A Obra de Arte do Futuro”(Wagner, 1849), no sentido de enriquecer a exposição em palco e a criar um relacionamento com o público mais intensa, mas também como necessidade de recuperar alguns públicos que se foram perdendo ao longa da história mesmo de uma forma intermitente. Neste contexto é relevante referir Wil Greckel, que recentemente refere o diretor da Orquestra Filarmónica de Los Angeles que, em 1987 disse: “*The symphony orchestra is dead.*”.(Greckel, 2021)

Finalmente, temos a consciência de que trazer visuais para o palco, numa relação com a música, não é um procedimento trivial nem fácil de concretizar, nomeadamente pelas potenciais problemáticas que podem surgir, justamente na relação entre música e visuais expressos simultaneamente.

Na entrevista de Vanessa Graf a Cori O’Lan’s e Dennis Russell Davies, em 2018, no contexto da performance “Pianographique”², esta potencial problemática é referida de forma relevante:

“Cori O’Lan’s real-time visualizations accompany the performance. How do these visualizations enrich the pieces?”

Dennis Russell Davies: This is an ambivalent issue. I wouldn’t say that the pieces need enriching, but I find this sort of visualization very satisfying. The more you see and hear, the better you develop the capacity to do both simultaneously: intensively listening and intensively watching. This isn’t easy to achieve; listening in and of itself is a big challenge for the audience. The fact that the speed or the intensity of the visualizations is initiated by the sound, because that’s the way it’s conceived, is, I believe, conducive to the audience developing a feel for the performance when they hear and see it.”(Graf, 2018)

² Co-produção de Abu Dhabi Festival e Ars Electronica.

Vemos, no entanto, que pode ser uma oportunidade importante, aberta, como Russell refere, os visuais poderem proporcionar uma relação mais próxima e emocional do público à performance.

2 CONCEITO INICIAL

O conceito central deste projeto está fundamentado na exploração sinestésica, onde se pretende traduzir os movimentos e sons produzidos ao tocar um instrumento musical em visuais reativos. Este processo pretende criar uma experiência que vai além da audição, permitindo ao público “ver” a música através de uma fusão entre som, movimento e imagem. A premissa baseia-se na ideia de que os gestos do instrumentista, em particular as nuances físicas associadas à execução musical, podem ser captados e convertidos em estímulos visuais que enriquecem a experiência da performance.

Elementos-chave deste conceito são, a utilização da sombra projetada do instrumentista, que serve como um ponto de partida para a criação de visuais dinâmicos, para além da possibilidade da projeção sobre o instrumento, sobre o músico e sobre o plano de fundo, utilizando dinâmicas e articulações de elementos gráficos. A sombra, complementada por formas e cores reativas, acentua cada movimento realizado durante a performance, ampliando a expressividade do instrumentista para o espaço visual. Além dos movimentos, os sons produzidos pelo instrumento são analisados e traduzidos em elementos visuais, como alterações de cor, forma e comportamento dos gráficos gerados. Desta forma, o sistema não apenas responde ao que é tocado, mas também à forma como é tocado, oferecendo uma interpretação visual da música.

Este enfoque permite uma nova forma de apreciação musical, onde a arte visual se funde com a música. Tal abordagem, não só enriquece a experiência sensorial do público, como também permite uma melhor compreensão das características intrínsecas da música e da performance ao vivo. O projeto, portanto, explora as interações entre os gestos musicais e a arte visual, criando uma ponte entre duas formas de expressão artística.

No contexto atual, onde a tecnologia desempenha um papel crescente na criação de experiências imersivas, este tipo de integração torna-se particularmente relevante. Performances audiovisuais interativas e instalações artísticas que combinam som e imagem estão cada vez mais presentes, tanto em espaços culturais como em eventos de

arte digital. Este projeto pretende contribuir para este panorama, oferecendo uma nova perspectiva sobre a relação entre som e imagem e abrindo caminho para futuras explorações no campo da arte interativa.

2.1 Questões de Investigação

Através da análise da relação entre os elementos sonoros e visuais, procura-se aprofundar a compreensão das características intrínsecas dos instrumentos musicais e a sua expressão visual. Estas questões permitem investigar como diferentes aspetos musicais podem ser traduzidos em formas visuais, oferecendo novas perspetivas artísticas para a área:

- Como abordar a interseção entre música, tecnologia e artes visuais de forma a criar uma experiência que aprofunde e expanda as características individuais e intrínsecas dos instrumentos?
- Como traduzir visualmente diferentes características dos sons produzidos pelos instrumentos musicais?

3 CONTRUÇÃO DO SISTEMA

A construção de um sistema funcional para este projeto envolve a integração de diversos elementos tecnológicos, cada um desempenhando um papel crucial para o sucesso da experiência “audiovisual”.

Definindo uma estrutura inicial, surgem três planos. O primeiro e segundo plano correspondem ao instrumento e ao instrumentista, enquanto o terceiro plano envolve a parede de fundo, onde são projetados elementos casuais mais amplos, criando um cenário que complementa os outros dois planos e integra, se necessário, a silhueta projetada sobre os dois primeiros planos.

A configuração recorre à utilização de dois projetores, um projetor frontal, que incide sobre o instrumento, e o instrumentista, cobre também parte significativa do plano de fundo. O projetor secundário é direcionado exclusivamente para o plano de fundo. É também utilizado um sensor para capturar os movimentos do instrumentista e um microfone para capturar o áudio. O sensor está posicionado junto ao projetor frontal, garantindo uma perspetiva de captação integrada com a projeção frontal. Por fim, a utilização de um microfone posicionado de forma a não interferir com as projeções, mantendo a clareza visual.

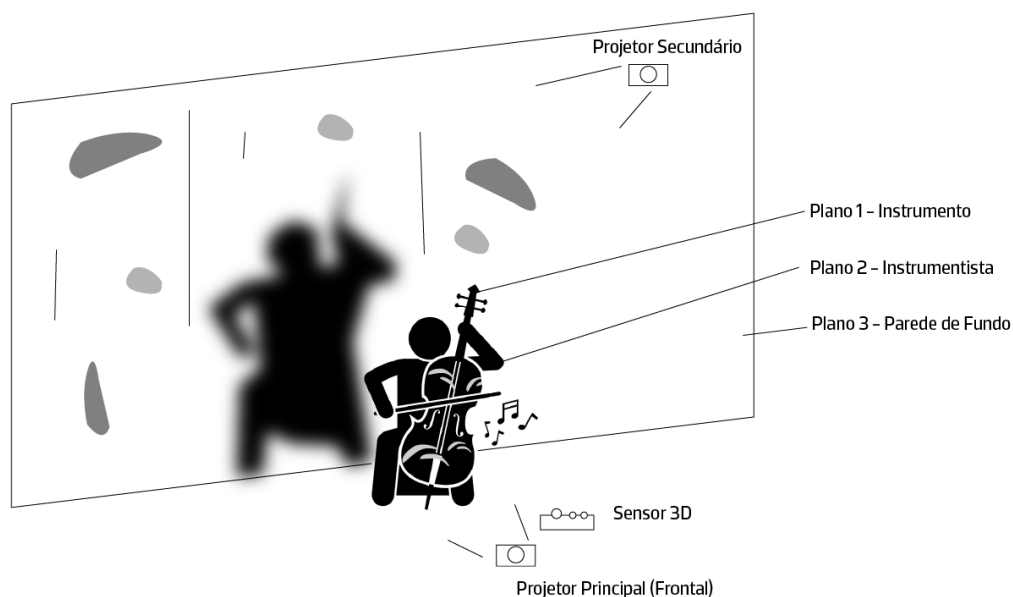


Figura 8 - Planeamento da Instalação do Sistema

Para atingir os objetivos pretendidos, é necessário um equilíbrio entre a captação precisa de dados e a sua subsequente análise e transformação em visuais interativos que reflitam tanto os sons produzidos pelo instrumento quanto os movimentos do instrumentista.

O processo inicia-se com a captação de áudio e imagem, elementos fundamentais para a criação de visuais reativos sincronizados com a performance musical. A captura da silhueta do instrumentista e do seu instrumento, em combinação com o som produzido, permite recolher uma ampla gama de dados, desde as nuances sonoras até aos gestos e movimentos que acompanham a execução da música.

A análise destes dados é essencial para garantir que os visuais criados sejam não apenas esteticamente coerentes, mas também responsivos às variações, tanto no áudio quanto nos movimentos. Este processo de análise é complementado por ajustes técnicos contínuos, necessários para obter resultados cada vez mais fidedignos e precisos. À medida que os dados são refinados, o sistema torna-se mais capaz de oferecer uma interatividade fluida e uma experiência visualmente impactante.

Paralelamente, é imprescindível o desenvolvimento de visuais reativos que traduzam a música e os movimentos em formas dinâmicas e expressivas. Utilizando o equipamento disponível, os visuais são ajustados para reagir de forma sensível às ações do violoncelista, permitindo que o público não só ouça a música, mas também a “veja” numa nova dimensão musical.

Dado o carácter interativo deste sistema, cada uma destas etapas desempenha um papel interdependente, formando uma rede complexa de componentes que, em conjunto, oferecem uma experiência imersiva tanto para o público quanto para o artista.

3.1 Captação do Áudio

A captação do som no projeto inicia-se com uma seleção de equipamento adequado às necessidades da performance. Optou-se pela utilização de um microfone *RODENT-USB*, um dispositivo previamente adquirido que se destaca pela sua combinação de mobilidade sonora. Este microfone USB apresenta uma facilidade de integração com o sistema utilizado, permitindo uma captura de áudio eficiente, ao mesmo tempo em que

mantém uma qualidade elevada no registo do som. A sua portabilidade e simplicidade de uso tornaram-no a escolha ideal para este contexto de performances interativas.

Uma vez captado, o áudio é processado através do software PureData³, que é amplamente utilizado para a interpretação e manipulação de sinais sonoros em tempo real. O processamento sonoro foi realizado em conformidade com a biblioteca TimbreID, que desempenha um papel fundamental ao permitir a análise detalhada do som. Esta biblioteca facilita a divisão do som captado em vários parâmetros acústicos, nomeadamente: *flatness*, *envelope*, *brightness*, *centroid*, *flux*, *pitch*, *attack* e *bonk*. Cada um destes parâmetros oferece informações sobre as características do som, proporcionando uma análise abrangente da sua estrutura e natureza.

Após a extração destes parâmetros, os valores obtidos são transmitidos para fora do PureData através do protocolo OSC (Open Sound Control), que possibilita a comunicação eficiente entre diferentes aplicações e dispositivos dentro do sistema audiovisual.

Foram desenvolvidas duas versões distintas do programa para o processamento do áudio. A primeira versão utiliza ficheiros de áudio previamente gravados, permitindo uma simulação controlada da performance. A segunda versão, por sua vez, processa o áudio captado em tempo real pelo microfone, permitindo que os sons produzidos ao vivo sejam diretamente analisados e integrados no sistema de software dos visuais reativos. Ambas as versões desempenham um papel um pouco diferente, sendo uma direcionada a testes e outra a captação de áudio em tempo real.

³ PureData, (ou apenas "Pd") é uma linguagem *open source* de programação visual para a multimédia: <https://puredata.info/>

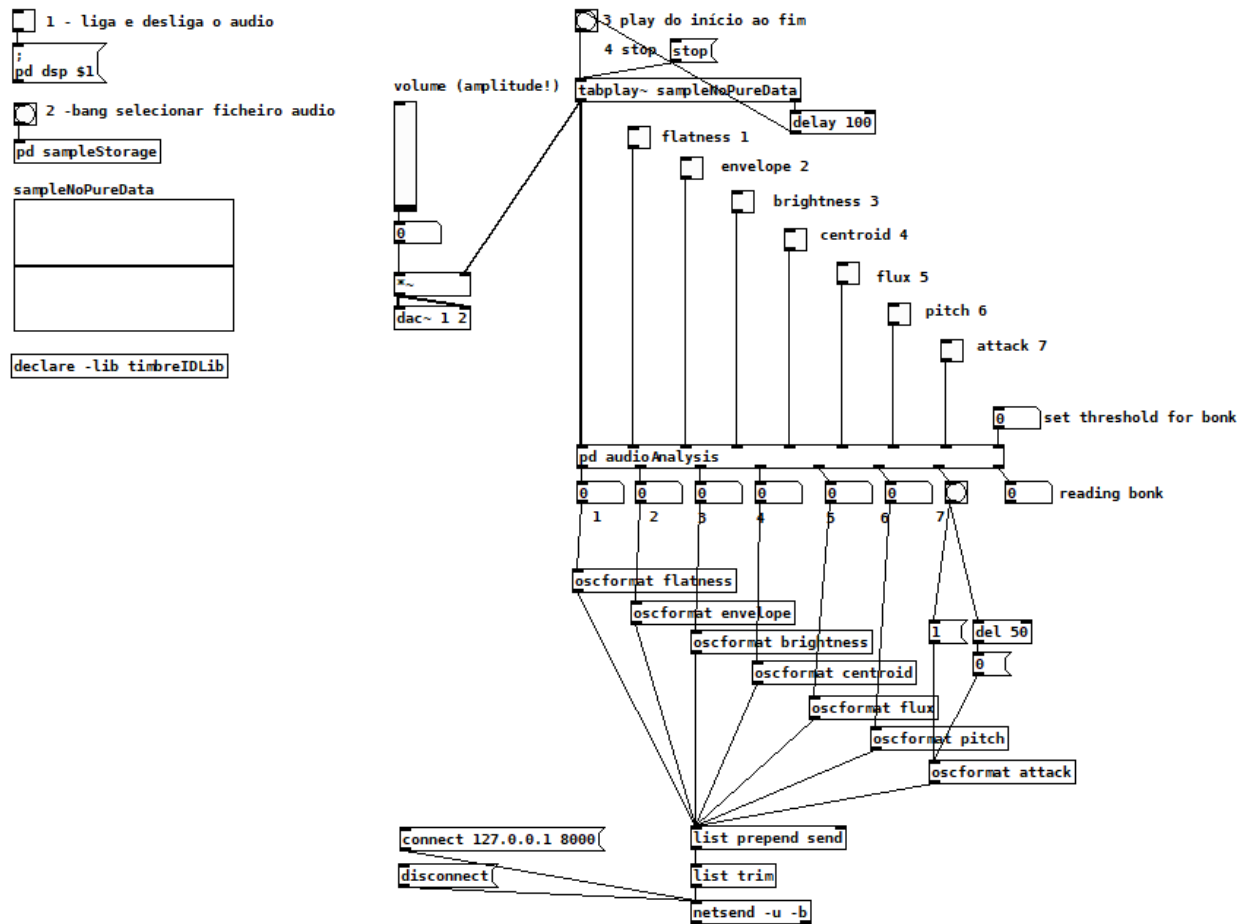


Figura 9 - Sistema do PureData, captura e análise de áudio

3.2 Captação Visual

A captação visual da performance do instrumentista e o seu instrumento, especificamente as suas silhuetas, é realizada utilizando uma Kinect V2, um dispositivo de captura de movimento que combina várias tecnologias avançadas. A Kinect V2 é equipada com uma câmara RGB, projetores de infravermelhos e sensores de profundidade, que trabalham em conjunto para mapear tridimensionalmente o espaço e os objetos neles contido. Esta tecnologia é particularmente eficaz para a captação de performances ao vivo, pois permite a delimitação precisa dos contornos do instrumentista e do seu instrumento sem a necessidade de técnicas complexas de mapeamento por cores.

Uma das principais vantagens da Kinect V2 é a sua capacidade de capturar dados de profundidade com alta precisão, o que possibilita uma representação clara da silhueta do instrumentista, independentemente das condições de iluminação ou do fundo. Isto é crucial para o projeto, tendo em conta que a sombra e a silhueta do instrumentista são componentes visuais centrais na construção de uma experiência audiovisual coesa e imersiva. A precisão oferecida pela Kinect V2 permite que os movimentos do instrumentista sejam traduzidos em dados que podem ser processados e utilizados para criar visuais reativos que respondem em tempo real à sua performance.



Figura 10 - Captação da silhueta com a Kinect V2

A integração da Kinect V2 no fluxo de trabalho do projeto é facilitada pelo TouchDesigner⁴, o qual possui um módulo nativo com suporte para este dispositivo. A capacidade de integrar diretamente os dados de profundidade capturados pela Kinect V2 no TouchDesigner simplifica significativamente o processo de configuração e sincronização entre os elementos visuais e sonoros. Esta integração permite que os dados visuais sejam manipulados em tempo real, ajustando os visuais conforme o movimento do instrumentista, criando uma interatividade fluida entre o instrumentista e os gráficos projetados.

3.3 TouchDesigner

O TouchDesigner é uma ferramenta de desenvolvimento visual amplamente utilizada na criação de projetos audiovisuais e performances ao vivo. A escolha deste software para o projeto deve-se à sua versatilidade e à capacidade de integrar de maneira eficiente diferentes fontes de dados, como áudio, vídeo e sensores de movimento, em tempo real. O TouchDesigner possibilita a manipulação dos dados registados de forma flexível, permitindo a criação de visuais reativos que se ajustam dinamicamente às variações sonoras e aos gestos do instrumentista.

Um dos seus pontos fortes reside na capacidade de processar e renderizar conteúdos visuais complexos com grande fluidez. O software permite a criação de gráficos generativos e interativos que respondem tanto aos parâmetros de áudio recebidos, quanto aos dados de movimentos captados. Esta flexibilidade é essencial, pois permite a sincronização precisa entre os elementos visuais e sonoros, permitindo uma interação entre o som e o movimento do instrumentista fiel e expressiva nos gráficos projetados.

O ambiente gráfico de programação do TouchDesigner também facilita a iteração rápida e a experimentação, permitindo que ajustes nos visuais e na sua reatividade sejam feitos em tempo real. Esta característica é fundamental para performances ao vivo, onde a interatividade entre o instrumentista, o público e os visuais deve ser fluída e responsiva. Além disto, o TouchDesigner oferece um suporte nativo para

⁴ TouchDesigner: <https://derivative.ca/>

vários protocolos que facilitam a comunicação entre diferentes softwares e dispositivos, tornando-o uma solução ideal para projetos que envolvam a manipulação simultânea de áudio e vídeo.

A sua capacidade de gerir projetos complexos de forma eficiente, aliada à sua flexibilidade, faz do TouchDesigner uma escolha indispensável para o desenvolvimento de uma performance audiovisual interativa, onde a música, o movimento e os visuais se fundem numa experiência imersiva.

3.3.1 Configuração do Áudio

A configuração do áudio no TouchDesigner envolve a receção de dados sonoros em tempo real, transmitidos a partir do PureData e recebidos através do método `oscIn`, que utiliza o protocolo OSC. Este método permite que os parâmetros sonoros extraídos no PureData sejam recebidos em tempo real e convertidos em dados utilizáveis no software.

Este sistema foi concebido para permitir o reajuste flexível dos valores captados, atribuindo-os de forma personalizada às características que melhor correspondem ao contexto da performance. Cada parâmetro sonoro recebido é transformado e direcionado para um uso específico, dependendo do tipo de visual a ser gerado.

Os valores são inicialmente normalizados para um intervalo padrão entre 0.000 e 1.000, garantindo uma escala uniforme para todos os parâmetros sonoros. Em seguida, os valores são ajustados para se adequarem às necessidades específicas de utilização. Por exemplo, no caso do pitch, os valores captados, que normalmente rondam os 155, são divididos por 0.3, resultando num valor aproximado de 0.466. Este ajuste inicial permite que os dados sejam melhor integrados ao sistema visual. De seguida, para mitigar variações abruptas ou ruídos que possam comprometer a fluidez dos visuais, é aplicada uma suavização utilizando um intervalo de um segundo de dados. Este método calcula um valor médio recolhido, garantindo transições mais suaves e consistentes nos visuais gerados.

Neste caso, o pitch é atribuído à componente azul (B) da paleta de cores RGB utilizada no sistema de partículas. O valor do pitch, após ser processado, é multiplicado por 3, resultando num valor aproximado de 1.399. À medida que o som varia, o valor transformado do pitch ajusta dinamicamente a intensidade de azul na cor das partículas,

estabelecendo uma correspondência direta e fluida entre o áudio captado e os visuais gerados.

O sistema permite ainda que outros parâmetros, como o brightness ou o flux, sejam atribuídos a diferentes características visuais. O brightness, por exemplo, pode ser utilizado para controlar a intensidade de vermelho na cor, enquanto o flux pode influenciar a velocidade e movimento das mesmas.



Figura 11 - Configuração do áudio no TouchDesigner

A transformação dos valores em parâmetros ajustáveis garante que o sistema pode ser facilmente adaptado a diferentes tipos de visuais, desde partículas a formas geométricas dinâmicas, ampliando as possibilidades criativas da performance audiovisual.

3.3.2 Configuração da Silhueta

A captura da silhueta do instrumentista fornece uma base visual que reflete diretamente os movimentos do instrumentista. No entanto, embora a Kinect V2 ofereça uma captação precisa dos contornos e da profundidade da silhueta, é necessário realizar uma série de ajustes para garantir que a imagem resultante seja nítida, contrastada e facilmente interpretável pelo sistema.

O primeiro ajuste necessário envolve a limpeza dos dados de profundidade captados. A Kinect V2 pode ocasionalmente criar ruídos ou falhas na captação, especialmente em áreas com iluminação inconsistente ou superfícies que não refletem bem a luz infravermelha. Para lidar com este problema, são aplicados algoritmos de filtragem que removem ruídos indesejados e suavizam as bordas da silhueta, garantindo que a figura captada seja claramente delimitada com o mínimo de interferências possível.

A melhoria do contraste da imagem capturada é essencial para destacar a silhueta do fundo, proporcionando uma distinção clara entre o instrumentista e o instrumento com o ambiente. Este processo inclui ajustes nos níveis de brilho e contraste da imagem, de forma a garantir que os contornos sejam acentuados, permitindo que os visuais reativos respondam mais facilmente aos movimentos e gestos do instrumentista.



Figura 12 - Silhueta ajustada com o instrumento

3.3.3 Criação de visuais reativos ao movimento

Com os dados capturados pela Kinect V2 e processados, foi desenvolvida a criação de visuais reativos que respondessem diretamente aos movimentos do instrumentista. O primeiro sistema desenvolvido para este propósito utiliza o módulo *OpticalFlow* em conjunto com o módulo *particlesGpu* no TouchDesigner.

O módulo *OpticalFlow* analisa as mudanças na imagem capturada, detetando o fluxo de movimento em tempo real. Estes dados são então usados para controlar a criação e o comportamento de partículas, criando uma representação visual dinâmica que reage de aos movimentos da silhueta do instrumentista. Este sistema de partículas, criado pelo *particlesGpu*, garante que um grande número de partículas possa ser processado e renderizado em tempo real, sem comprometer o desempenho do sistema.

Este sistema foi expandido para incluir a interação com o som. O valor do áudio captado é vinculado às cores das partículas.

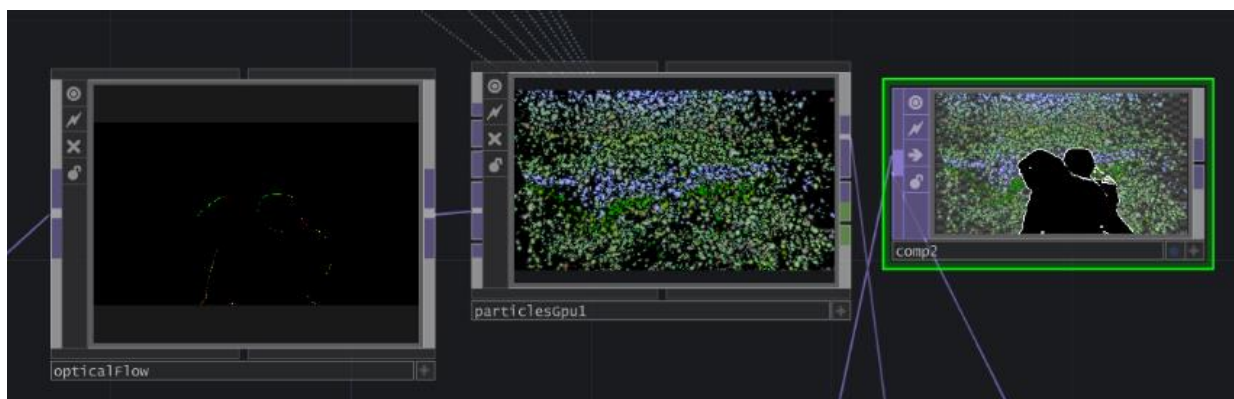


Figura 13 - Sistema de Partículas reativo ao movimento

3.3.4 Criação de uma esfera reativa ao som

Foi desenvolvido ainda um segundo sistema visualmente reativo, focado especificamente no som captado. Este sistema consiste numa esfera composta por partículas, cujo comportamento e aparência mudam em resposta ao som produzido pelo instrumento. Este segundo sistema visual oferece uma abordagem contrastante em relação ao sistema de partículas reativo ao movimento, focando-se unicamente na

dinâmica do som e não nos movimentos físicos do instrumentista, permitindo uma comparação interessante entre os dois.

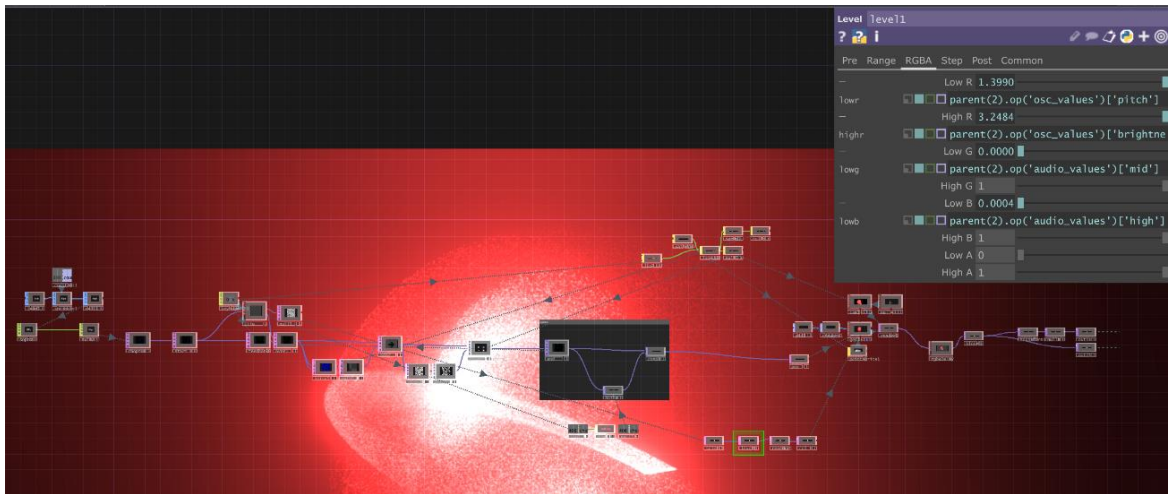


Figura 14 - Estrutura do Sistema da Esfera reativa ao som

A esfera reage às características do som, deformando-se e mudando de cor conforme as variações de intensidade, timbre ou frequência. À medida que o som se torna mais intenso ou complexo, a esfera pode aumentar ou diminuir de tamanho, distorcer-se ou alterar a sua estrutura, criando uma ligação direta entre a performance musical e a representação visual.

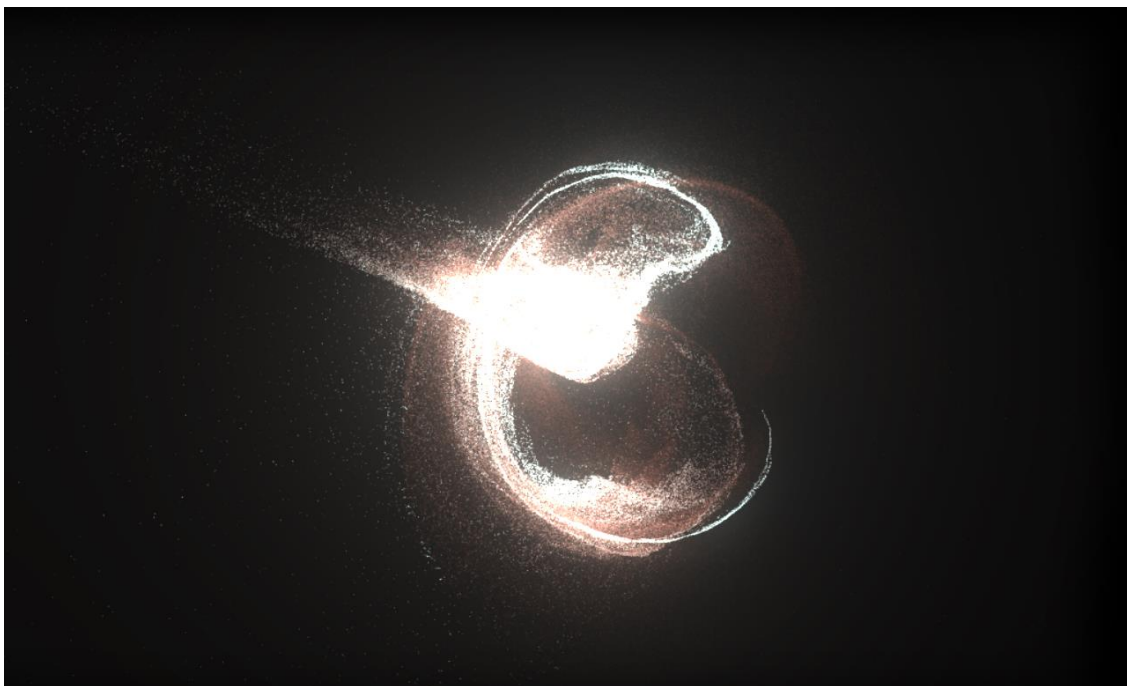


Figura 15 - Esfera Reativa ao som

3.3.5 Interface

A importância de uma interface é fundamental para a composição e abrangência desejadas no produto final. Uma interface permite a fácil troca de planos ou cenas projetadas sem dificuldades. Após organizar as diversas vertentes do projeto em diferenciados *containers*, foi criado um menu principal, onde podemos facilmente manipular o sistema, ou seja, selecionar o áudio que deve ser analisado e os visuais a projetar em cada monitor. Esta configuração oferece liberdade de exploração criativa, permitindo várias combinações visuais.

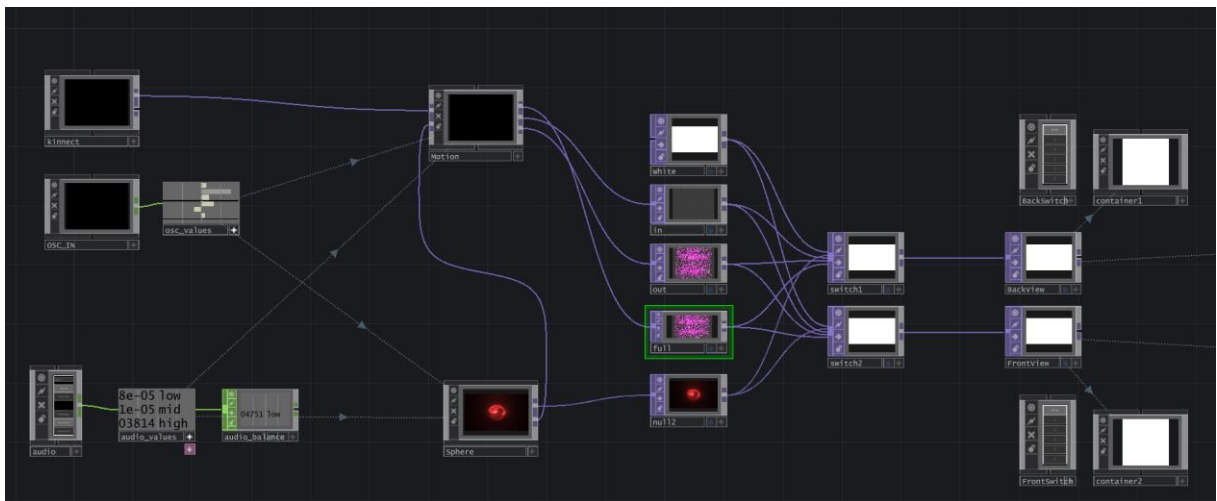


Figura 16 - Organização dos sistemas no TouchDesigner

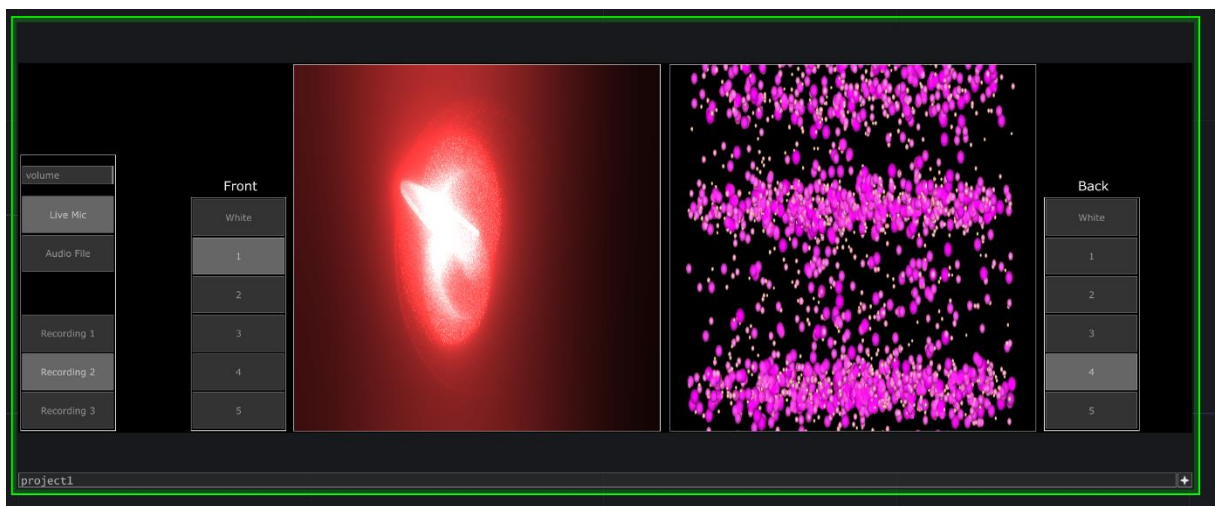


Figura 17 - Interface do sistema

4 INSTALAÇÃO DA PERFORMANCE

A instalação da performance é composta por uma disposição planeada de elementos audiovisuais e tecnológicos. Esta instalação envolve o instrumentista e o seu instrumento, dois projetores, uma Kinect, um microfone e uma parede que serve como tela de projeção, onde as sombras e os visuais dinâmicos se fundem com a performance musical.

O instrumentista é posicionado de forma central no espaço, garantindo que todos os seus movimentos possam ser captados e projetados corretamente. O projetor principal, montado numa posição elevada, está direcionado exclusivamente para a parede de fundo, criando uma tela de grande dimensão. Este projetor é responsável por exibir os elementos visuais mais amplos e detalhados, que reagem diretamente ao som e aos movimentos do instrumentista.

O projetor secundário, por sua vez, é posicionado frontalmente, projetando diretamente sobre o instrumentista. Esta projeção frontal serve para integrar o instrumentista e o seu instrumento no próprio cenário visual, permitindo que as suas figuras sejam envolvidas pelas imagens e cores reativas que surgem durante a performance. A sombra projetada na parede de fundo complementa a imagem geral, funcionando como uma extensão dos gestos do instrumentista e contribuindo para a criação de uma narrativa visual que acompanha a música.

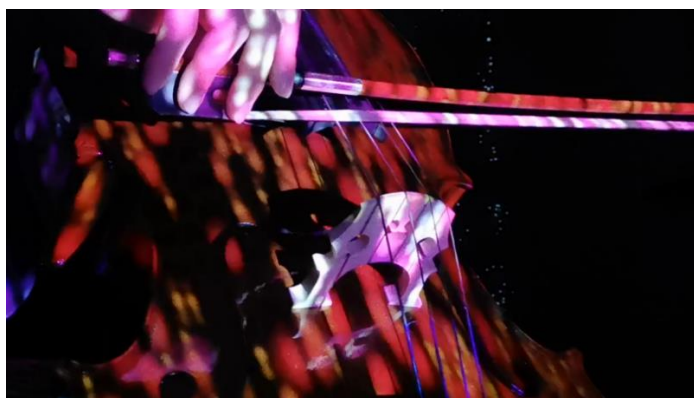


Figura 18 - Projeção sobre o instrumento

A Kinect é posicionada estrategicamente ao lado do segundo projetor, garantindo uma captação precisa dos movimentos do instrumentista e facilitando a sincronização com os visuais gerados em tempo real. Esta captação é essencial para que os visuais reativos correspondam fielmente aos gestos do instrumentista, permitindo uma interação fluída entre movimento e imagem.

O microfone é colocado ao lado do instrumento, garantindo uma captação clara e precisa do som do instrumento. O seu posicionamento é pensado de forma a não interferir na projeção da parede, nem perturbar a estética visual da performance. O áudio captado é processado em tempo real para gerar os visuais, sincronizando cor e movimento com as características sonoras da música.

É fundamental que o ambiente onde ocorre a performance seja controlado para otimizar a qualidade, tanto de captação de áudio quanto da projeção visual. O espaço deve ser escuro para garantir o contraste necessário para as projeções, permitindo que as cores e formas dinâmicas se destaquem na tela. Além disso, a redução de ruídos externos e a minimização da reverberação são fatores cruciais para garantir que o som captado pelo microfone seja o mais puro e nítido possível, sem interferências que possam comprometer a qualidade do áudio e, por consequência, a reatividade dos visuais.

Esta instalação foi concebida para que o público possa experienciar a fusão de som e imagem de forma direta e imersiva, com a música a ser não apenas ouvida, mas também visualmente representada em tempo real, proporcionando uma nova dimensão de interpretação artística.

4.1 Primeiros resultados

Numa primeira experiência prática com a presença do instrumentista, foi utilizado apenas um projetor frontal para testar a eficácia da captação de imagem e som. Os primeiros sons foram registados num ambiente controlado, semelhante ao que se espera ter na implementação final do projeto. No entanto, surgiram alguns desafios iniciais, especialmente relacionados com o espaço limitado da sala e a capacidade reduzida do projetor utilizado, que restringiu o alcance das projeções. Apesar destas limitações, esta experiência inicial demonstrou ser útil, fornecendo informações importantes para orientar o progresso do projeto.

Um dos aspectos mais reveladores desta primeira experiência foi a projeção da sombra do instrumentista na parede de fundo. A sombra, projetada pelo projetor frontal, apresentou-se como uma silhueta com contraste e definição. Este resultado foi inesperadamente eficaz, sugerindo que a captação dos movimentos do instrumentista poderia ser feita de forma natural e direta, sem necessidade de equipamentos adicionais complexos. A utilização da sombra natural como elemento visual revelou-se ser uma solução prática, adicionando uma camada visual simples e eficaz ao projeto.

A partir deste primeiro teste, surgiu a ideia de complementar o sistema com dois projetores, em vez de apenas um. Esta adaptação ao plano original permitiria uma integração mais fluída e coerente entre os visuais e o instrumentista, possibilitando uma projeção simultânea que intensifica a interação entre o som e a imagem.



Figura 19 - Primeiro teste do sistema em prática

4.1.1 Edição

Nesta fase do projeto, foi necessário reavaliar e ajustar a apresentação, mantendo os objetivos principais definidos inicialmente, mas incorporando novas abordagens visuais. A ideia de utilizar dois projetores tornou-se um ponto central, permitindo não apenas a projeção direta sobre o instrumentista, mas também o uso da sombra natural criada pela luz na parede de fundo, o que acrescentou uma nova camada de profundidade visual à performance.

Durante este processo de edição, foi também explorada a criação de um sistema de uma esfera constituída por partículas. Esta esfera reagiria apenas aos sons produzidos pelo instrumento.

Foi então decidido aplicar uma abordagem um pouco mais simbólica, inspirada no conceito de Apolo e Dionísio. Apolo, representando a ordem e a racionalidade, e Dionísio, simbolizando o caos e o irracional, serviram de base para a conjugação dos dois tipos de elementos visuais: uma esfera que representa a ordem, e os círculos, cujos padrões visuais são mais caóticos e abstratos. Esta combinação reflete a complexa interação entre o homem e a natureza, onde os movimentos racionais do instrumentista interagem com as forças imprevisíveis da música e dos visuais. Assim, a performance visual não apenas responde à música, mas também explora a tensão entre a ordem e o caos, criando uma experiência audiovisual com maior profundidade conceitual.

4.2 Segunda experiência

Numa segunda experiência prática, a configuração foi aprimorada com a utilização de dois projetores, o que permitiu uma projeção mais envolvente e multidimensional. No entanto, surgiram algumas complicações técnicas devido à falta de equipamento específico necessário para o uso simultâneo dos dois projetores de forma eficiente.

Para superar esta limitação, foi implementada a transmissão de vídeo através do protocolo NDI, o que permitiu enviar o sinal de vídeo para um outro computador. Esta solução temporária possibilitou a realização da experiência com o uso dos dois projetores, garantindo uma projeção mais completa e satisfatória deste experimento. Embora o uso do NDI tenha ajudado a resolver a questão de duas projeções simultâneas,

a imagem projetada continuou a apresentar um ligeiro atraso (*delay*), o que comprometeu parcialmente a fluidez da performance. Apesar disso, o teste foi considerado bem-sucedido, permitindo uma análise mais profunda dos resultados.

Durante esta fase, foi também identificada a necessidade de incorporar uma interface. Esta interface foi projetada para possibilitar uma transição eficiente e contínua entre os diferentes visuais utilizados, oferecendo uma maior flexibilidade na gestão do conteúdo visual durante a performance. A inclusão desta interface foi considerada essencial para melhorar a interação em tempo real e permitir um controlo mais eficaz sobre os elementos visuais apresentados.

4.2.1 Edição

Após as observações e conclusões tiradas da segunda experiência, tornou-se evidente que seria necessária uma reorganização integral do projeto dentro do TouchDesigner de forma a facilitar a gestão e a coordenação de todos os componentes do sistema. Esta reorganização permitiu não só uma melhor estruturação dos diversos elementos visuais e sonoros, mas também a implementação de uma interface integrada, acessível e de fácil utilização. Esta nova interface proporcionou um maior controlo sobre o sistema, facilitando a transição entre visuais e garantindo uma maior agilidade nas mudanças de cenário durante a performance,

Além disso, foram realizados ajustes nos parâmetros de áudio com o intuito de otimizar a responsividade visual. Estes ajustes garantiram que os dados sonoros captados pelo sistema fossem traduzidos de forma mais precisa em elementos visuais, melhorando a sincronização entre o som e as projeções. Adicionalmente, foram feitas melhorias no comportamento das partículas geradas no sistema, particularmente na sua interação com os movimentos capturados. A modificação da forma como as partículas reagem ao movimento garantiu uma interação mais fluida e precisa, proporcionando uma experiência visual mais envolvente e dinâmica.

4.3 Cenário atual

Na experiência final, a montagem do setup foi concluída com sucesso, e o sistema operou, em grande parte, conforme o esperado. Todos os elementos tecnológicos foram integrados e ajustados para garantir uma performance visual e sonora sincronizada e reativa. A captura da silhueta do instrumentista mostrou-se eficaz, com a projeção da sombra a apresentar boa definição. No entanto, era possível observar algumas falhas menores, com zonas pixelizadas a surgir na parte inferior da silhueta, o que indica a necessidade de uma calibração adicional ou de um tratamento de dados mais preciso para minimizar este ruído visual.

Outro desafio observado foi o alcance limitado da profundidade de campo da Kinect V2, que se revelou um fator considerável ao posicionar o dispositivo diretamente em frente ao instrumentista. A Kinect V2 tem um intervalo ótimo de captação de profundidade, e fora desse intervalo, a sua precisão de captação de movimento e da silhueta diminui consideravelmente. Este problema afeta a flexibilidade na disposição dos dispositivos, obrigando a ajustes na localização do dispositivo para garantir uma captação mais eficaz, ainda que limitasse algumas opções criativas previstas para a disposição dos elementos da instalação.

Embora o microfone não tenha interferido diretamente na performance do sistema audiovisual, a sua presença física no espaço da instalação levantou questões em termos de estética e distração. O microfone, posicionado perto do instrumento para captar o som de alta qualidade necessário para alimentar os visuais reativos, pode desviar a atenção do foco principal da instalação.

4.4 Exploração criativa

Com a grande base de possibilidades oferecida pelo sistema audiovisual, permitiu uma exploração criativa de diferentes combinações entre som, movimentos e visuais. Para garantir uma abordagem coerente, o foco foi centralizado em três vertentes principais. A utilização da sombra, a reação ao som e a reação ao movimento. Cada uma destas abordagens foi tratada de forma independente, mas também integradas em combinações, criando assim, uma base sólida para explorar o potencial do sistema. Estas explorações criativas exemplificam a versatilidade do sistema e as inúmeras direções artísticas que podem ser seguidas.

4.4.1 Fundo branco / Sombra Natural

Este cenário conceptual básico utiliza uma abordagem minimalista. Uma sombra simples e precisa é projetada na parede de fundo, amplificando os movimentos de forma natural, sem qualquer reação aos dados sonoros captados. Este método ressalta a pureza da interação física, colocando o foco exclusivamente nos gestos do instrumentista, sem interferência de outros estímulos visuais.



Figura 20 - Sombra na parede de fundo

4.4.2 Sombra Artificial

Neste cenário, a sombra é complementada por elementos visuais dinâmicos que seguem a silhueta do instrumentista. Utilizando dados de movimento e som, partículas visuais são projetadas dentro dos limites da silhueta, reagindo em tempo real aos gestos do músico e às variações na música. Este método cria uma interação mais complexa entre o instrumentista e os visuais, onde cada movimento é reforçado por gráficos dinâmicos que acrescentam uma dimensão adicional à performance.



Figura 21 - Silhueta com visuais reativos

4.4.3 Partículas Reativas ao Movimento

Esta exploração envolve a projeção de um campo de partículas na totalidade da parede de fundo. As partículas reagem tanto ao som produzido pelo instrumento, quanto ao movimento captado. O efeito visual criado pelas partículas enfatiza a fluidez da performance, permitindo que o público perceba visualmente a relação entre o som e os movimentos do instrumentista.



Figura 22 - Sistema de Partículas projetado na parede de fundo

4.4.4 Esfera de Partículas

Uma esfera de partículas que responde dinamicamente ao som produzido pelo instrumento. A esfera reage mudando o seu tamanho, formato e cor, criando uma correspondência visual com características sonoras. A sombra natural projetada pelo projetor secundário adiciona uma camada visual, complementando os movimentos do instrumentista e integrando-o diretamente no ambiente visual. Esta abordagem permite explorar como o som pode influenciar a dinâmica dos gráficos visuais em tempo real.



Figura 23 - Esfera de Partículas reativa ao som

4.4.5 Interpolação dos sistemas

Por fim, uma abordagem mais complexa envolve a combinação de múltiplos sistemas visuais simultaneamente. Ao intercalar a sombra natural, as partículas reativas e os elementos visuais dinâmicos, é possível criar uma experiência visualmente impactante. Este processo criativo explora a interação entre diferentes componentes visuais, criando efeitos artísticos que vão além do que seria possível com apenas um sistema isolado. A mistura de diferentes visuais reativos proporciona uma experiência imersiva e multifacetada, onde o som e o movimento se combinam de formas inesperadas e criativas.



Figura 24 - Utilização de dois visuais reativos em simultâneo

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos com este projeto indicam um grande potencial de aprofundamento de investigações no campo das performances audiovisuais interativas. As principais dificuldades enfrentadas durante o desenvolvimento do projeto estão relacionadas com o cenário e o equipamento utilizado. A Kinect V2, embora eficiente na captura de movimento, apresenta limitações de profundidade e resolução. A sua substituição por um dispositivo com tecnologia infravermelha de maior precisão, embora seja uma solução, é consideravelmente dispendiosa. Como alternativa, a utilização de câmaras e Inteligência Artificial para mapear os movimentos do instrumentista é uma opção viável e promissora, que poderia aumentar a flexibilidade do sistema em diferentes ambientes de performance.

O Projetor frontal utilizado também relevou limitações no alcance e na definição da imagem. A adoção de um projetor de maior alcance e resolução poderia melhorar a qualidade visual da performance, mas esse upgrade traria desafios adicionais, como o aumento dos custos e a necessidade de um espaço amplo e bem controlado em termos de iluminação, o que tornaria a instalação menos adaptável a diferentes cenários e exigiria uma maior preparação logística.

Apesar dos desafios e das vicissitudes, o projeto denota um potencial significativo para a contribuição no campo dos media artes interativos, proporcionando formas ainda emergentes de experimentação nas performances “audiovisuais”. A sincronização em tempo real entre os gestos do instrumentista e os visuais reativos oferece uma experiência artística com grande potencial de desenvolvimento futuro.

Um próximo passo, importante, seria realizar experiências com a presença do público, permitindo avaliar a sua reação e envolvimento com a performance.

A introdução da interação direta entre o público e o ambiente visual-sonoro abriria, potencialmente, uma nova dimensão de estudo, permitindo explorar como os espectadores percebem e interpretam as conexões entre música, movimento e visuais dinâmicos. Este tipo de *feedback* seria valioso para refinar e melhorar o sistema,

ampliando as suas possibilidades de aplicação em contextos artísticos e performativos variados.

Acredito que o projeto abre caminho para futuras explorações e melhorias técnicas, bem como para a implementação de performances interativas mais sofisticadas, enriquecendo o campo das artes digitais e dos media artes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azuma, E. T. (2007, agosto 26). Kandinsky, obra da razão e da emoção. *collecta*.
<http://collecta.blogspot.com/2007/08/kandinsky-obra-da-razo-e-da-emoo.html>
- Blog Groovy. (2023). *A influência de Daft Punk na música eletrônica*.
<https://sejagroovy.com/blog-groovy-daftpunk-musica-eletronica/>
- Carrasco, B. (2019). Apolíneo e Dionisíaco em Nietzsche. *ex-isto*. <https://www.ex-isto.com/2019/08/apolo-dionisio-nietzsche.html>
- Freitas, A. S. de. (2007). UM DIÁLOGO ENTRE SOM E IMAGEM: QUESTÕES HISTÓRICAS, TEMPORAIS E DE INTERPRETAÇÃO MUSICAL. *Revista Música Hodie*, 7(2), Artigo 2. <https://doi.org/10.5216/mh.v7i2.3298>
- Gomes, F. (2003). *A Música na Obra de Kandinsky*. yumpu.com.
<https://www.yumpu.com/pt/document/read/12714864/a-musica-na-obra-de-kandinsky-filipa-gomes-arte>
- Graf, V. (2018). *Classical Music Meets Real-time Visualization: Pianographique*.
<https://ars.electronica.art/aeblog/en/2018/04/03/pianographique/>
- Greckel, W. (2021). *Visualization in the Performance of Classical Music: A New Challenge*.
<https://digitalcommons.lib.uconn.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1714&context=vrme>
- Kandinsky, W. (1996). *Do Espiritual na Arte e na Pintura em Particular*. Martins Fontes.
<https://auh308.files.wordpress.com/2013/03/sem-9-kandinsky.pdf>
- Knopper, S. (2023, abril 15). How concerts shifted from songs to spectacles. *Washington Post*. <https://www.washingtonpost.com/entertainment/music/how-concerts->

shifted-from-songs-to-spectacles/2014/05/22/ca521340-d6ce-11e3-8a78-8fe50322a72c_story.html

The National Museum of Modern and Contemporary Art. (2021). *Lotte Reiniger, Oskar Fischinger, Len Lye, Karel Zeman, and Norman McLaren: Movement Making Movement - Announcements - e-flux*. <https://www.e-flux.com/announcements/387087/lotte-reiniger-oskar-fischinger-len-lye-karel-zeman-and-norman-mclarenmovement-making-movement/>

Tundra. (2013). <https://wearetundra.org/>

Wagner, R. (1849). *Das Kunstwerk der Zukunft*.

ANEXOS

- Vídeo Teaser Exemplar

Link para um vídeo ilustrativo que demonstra o conceito do projeto:

<https://www.youtube.com/watch?v=TC2nCUeZW90>

- Repositório do Projeto no GitHub

Ficheiros, código e documentação utilizados no desenvolvimento do projeto estão disponíveis no repositório GitHub:

<https://github.com/jorgefreebird/VisualExperience>