

Tecnologias de Interface
2022/2023

Milestone 4

Documentation



UNIVERSIDADE DE
COIMBRA

André Domingues 2016218629
Juliana Assis 2022183699
Simão Pereira 2022159949

ÍNDICE

Introdução.....	3
Conceptualização.....	3
The Living Gallery.....	3
Significância do Padrão Gráfico.....	7
Etapas de Design de Interação.....	7
Estratégia de Implementação.....	8
Planeamento.....	8
Obstáculos.....	9
Prototipagem.....	10
Prototipagem Inicial.....	10
Prototipagem Final.....	12
Dificuldades Principais.....	15
Conclusão.....	16
Referências.....	16

INTRODUÇÃO

Para este projeto, foi proposto o desenvolvimento de uma tecnologia para New Media Art recorrendo ao Arduino, a diferentes inputs físicos sensoriais e a um atuador físico.

Sendo a New Media Art um género de arte contemporânea que combina tecnologias digitais de áreas diversas, como, por exemplo, a computação gráfica e o som, esta surgiu da interseção entre ciência, arte e performance para criar obras de arte imersivas que desafiam a percepção tradicional das artes visuais. Ultimamente, a New Media Art tem superado cada vez mais os limites das novas tecnologias, visando a criação de intervenções de arte que exploram a relação do indivíduo com o ambiente, físico e/ou emocional. O Arduino é uma tecnologia popular entre os artistas e developers que procuram criar obras imersivas e interativas, combinando esta ferramenta com sensores que respondem a estímulos externos, tal como se efetuou no projeto realizado.

O presente relatório irá incidir na apresentação do conceito escolhido para o trabalho desenvolvido, sendo feita uma descrição do comportamento conceptual e tecnológico expectado no ambiente real de uma galeria. De seguida, será brevemente especificado o papel do design de interação (IxD) neste projeto, assim como o planeamento inicial da estratégia de implementação do mesmo. Por último, serão explicados o processo de implementação e as componentes desenvolvidas para prototipagem final, incidindo nos aspetos de software e hardware, incluindo as maiores dificuldades que ocorreram nestas vertentes.

CONCEPTUALIZAÇÃO

THE LIVING GALLERY

O projeto de New Media Art desenvolvido “The Living Gallery: Mapping Human Presence and Creating Artistic Expression” consiste numa instalação artística que acompanha os movimentos, a intensidade do som e o número dos visitantes de uma galeria de arte, criando uma projeção em tempo real das suas ações no teto da sala da galeria, representadas visualmente através de um padrão gráfico composto por círculos, linhas e partículas dinâmicas. Este projeto pretende representar uma exploração da interligação entre o humano, a arte e a tecnologia através da monitorização da presença humana no teto, criando uma obra imersiva no contexto de uma galeria de arte.

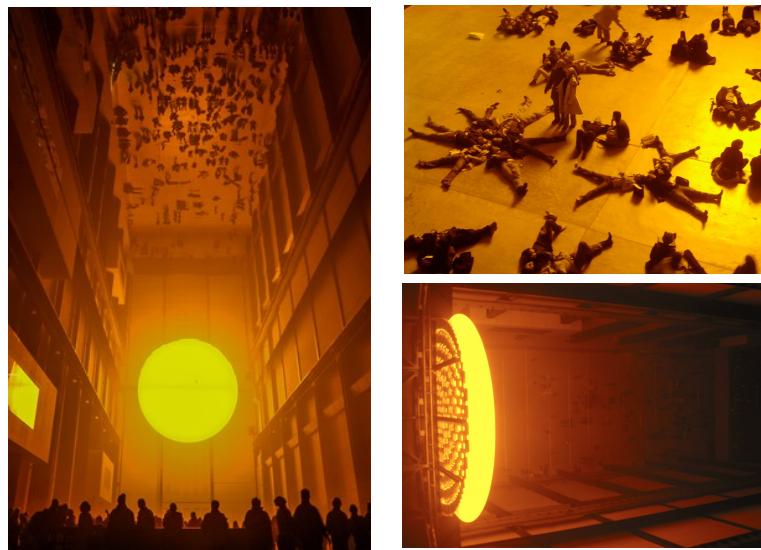
Relativamente à composição da própria galeria, esta seria iluminada de forma menos intensa para valorizar o impacto da instalação projetada, contudo, não deixando de ser suficiente de modo a ser possível explorar as obras físicas presentes na galeria. Desta forma, é criada uma nova obra no teto através da exploração espacial da sala por parte dos visitantes. Em relação à disposição das obras presentes na sala, existem duas abordagens possíveis. Por um lado, a galeria pode ser vazia no centro distribuindo as obras somente pelas paredes, o que abrirá a possibilidade de jogar com diferentes tamanhos e níveis de detalhe nas mesmas que, por sua vez, irão influenciar o padrão gráfico delineado no teto (por exemplo, um quadro mais complexo ou mais pequeno irá, à partida, ter mais observadores ao mesmo tempo que irão, também, demorar mais tempo a analisá-lo, levando a um padrão mais estático e aglomerado naquele local). Esta abordagem pode abrir portas a uma

exploração visual e conceptual interessante do espaço físico. Por outro lado, a galeria pode incorporar diversos objetos no centro da sala ou nas suas várias zonas, de maneira a levar à criação de uma obra visual no teto mais pré-determinada e com um conceito relevante, porém, nesse caso, seria necessário ter atenção às possíveis obstruções aos sensores do Arduino. Através destas abordagens, a instalação é conceptualizada de forma a ser uma experiência interativa onde as próprias pessoas se tornam uma parte integral da mesma.

Na vertente tecnológica, o projeto faria uso, no ambiente real, de uma câmera para monitorizar a localização e movimentos dos visitantes no espaço que, através de algoritmos de Processing que irão ser aprofundados mais à frente, transforma estes estímulos numa representação gráfica dinâmica e evolutiva no teto da galeria através de um projetor, no centro da sala, apontado para o teto. Em adição ao acompanhamento dos movimentos, a instalação incorpora, também, a intensidade do som presente na sala e a densidade populacional (isto é, o número de pessoas na sala) como variáveis que irão modificar o resultado visual da projeção no teto. A intensidade do som seria detetada pelo uso de quatro microfones de Arduino colocados em cada parede da galeria, causando uma alteração na intensidade das partículas existentes no padrão gráfico (representada através de uma maior ou menor opacidade destas partículas de acordo com a intensidade sonora). De forma semelhante, a densidade da população seria medida através de dois sensores ultrassom de Arduino na porta da sala que determinam a entrada e saída de visitantes, fazendo a sua contagem. Esta vertente causa uma alteração da cor do background derivado de um maior ou menor número de indivíduos presente, de acordo com uma paleta cromática pré-definida. No que diz respeito ao atuador físico, a instalação iria conter um conjunto de LEDs distribuídos em redor da porta da sala que efetuam uma animação de luz ao ser detetada a entrada e saída de visitantes pelos sensores ultrassom, pretendendo assinalar que a presença de cada indivíduo na sala (tanto a sua presença e ações, como a sua ausência) tem impacto no padrão projetado no teto, ou seja, neste projeto e no mundo, o ser humano tem capacidade de impactar a arte através da tecnologia de diversos modos.

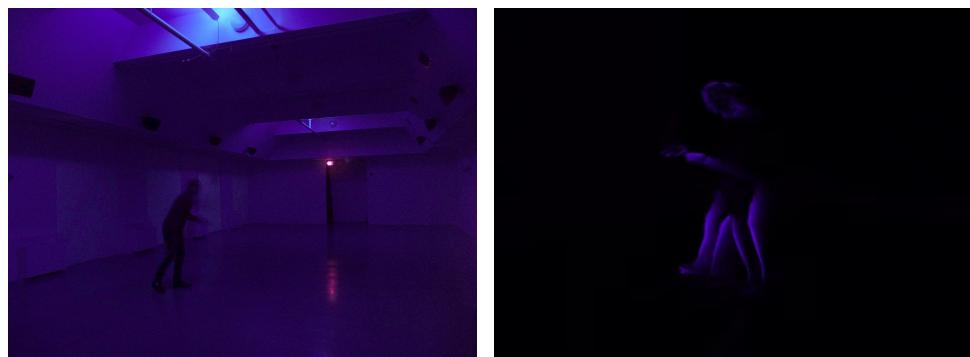
Ao incorporar estas variáveis adicionais ao movimento, geram-se ainda mais oportunidades de experimentação por parte dos visitantes, contribuindo para uma instalação memorável que interseca diferentes áreas e incentiva um olhar diferente da audiência sob as possibilidades da arte e do impacto do ser humano enquanto inspiração de obras de outros seres humanos.

As referências conceptuais e visuais estudadas para a conceptualização deste projeto são três instalações interativas significativas em New Media Art que procuram envolver as audiências e desafiar percepções de espaço, arte e tecnologia. O trabalho de arte interativa “The Weather Project” de Olafur Eliasson (2003) [1], transforma o espaço de um museu num ambiente envolvente composto por um gigante sol artificial e um teto espelhado, criando uma ilusão de “piscina refletida” que encoraja os visitantes a explorar e refletir sobre a sua relação com o mundo que os rodeia (Figuras 1-3).



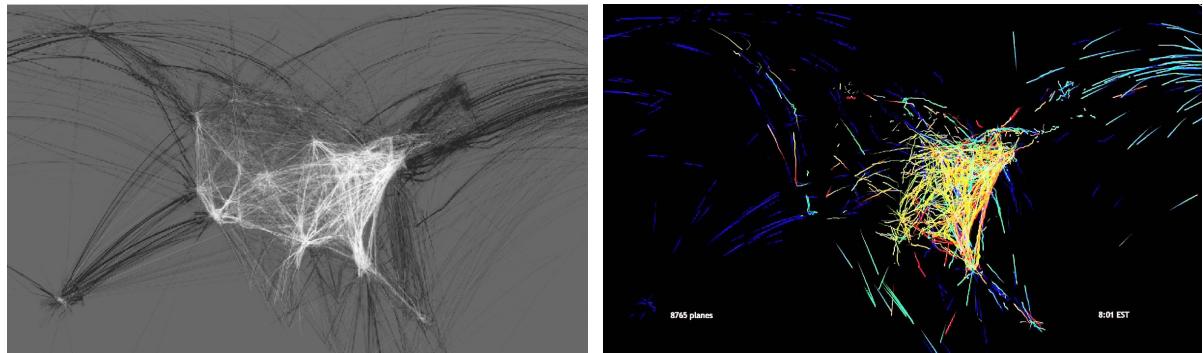
Figuras 1-3. Fotografias “The Weather Project” de Olafur Eliasson

Este trabalho constitui uma grande fonte de inspiração visual e conceptual para o projeto a desenvolver, na medida em que o produto visual é observado no teto e influenciado não só pelas ações dos visitantes, tal como por todas as características do meio envolvente. Por sua vez, o trabalho de arte interativa “Dark Matter” de David Rokeby (2010) [2], consiste numa instalação sonora onde é feita uma monitorização dos movimentos dos visitantes no espaço através de câmeras de vídeo sensíveis a infravermelhos. Estas dividem a sala em diversas zonas tridimensionais atribuindo-lhes diferentes comportamentos de som, correspondentes a “obras de arte” invisíveis que fazem parte da escultura imaterial que é o espaço físico, despoletados pela interação do indivíduo com as determinadas zonas (Figuras 4-5).



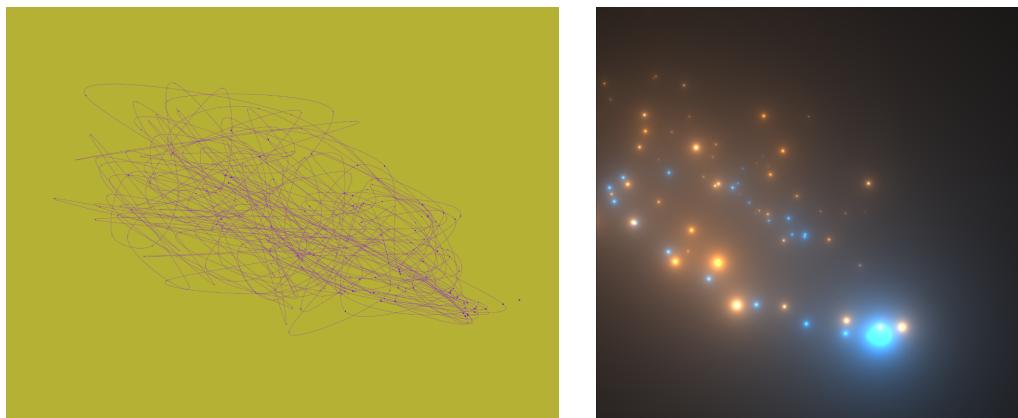
Figuras 4-5. Fotografias “Dark Matter” de David Rokeby

Esta instalação foi usada como inspiração no presente projeto na medida em que faz uma ligação entre a obra e o campo sonoro, sendo que, neste caso, optou-se por assumir o som não como externo ao ser humano, mas como vertente da presença humana, para além do movimento e da presença corpórea. Por fim, o trabalho “Flight Patterns” de Aaron Koblin (2005) [3], consiste numa série de visualizações de dados representados através de padrões gráficos dinâmicos de formas e linhas correspondentes a passagens de voos de aviões ao longo do espaço e tempo, resultando em imagens intrínsecas e abstratas que jogam, também, com a cor (Figuras 6-7).



Figuras 6-7. Frames “Flight Patterns” de Aaron Koblin

Esta obra foi utilizada, principalmente, como referência visual para a projeção do teto no projeto a desenvolver, na medida em que se pretende representar dados dos movimentos humanos dos visitantes da galeria através de um padrão bidimensional no espaço (neste caso, no teto). Para além disto, a vertente gráfica do projeto foi, também, inspirada em pequenos programas de Processing (Figuras 8-9) encontrados, que se assemelhavam ao efeito pretendido.



Figuras 8-9. Frames de programas em Processing de Jason Labbe [4][5]

Para a conceptualização e desenvolvimento do projeto, foram exploradas estas referências tanto visualmente como pela forma como estas obras conseguiram combinar, de forma harmoniosa, a tecnologia, arte e a experiência e percepção humana, criando ambientes envolventes e visuais apelativos que encorajam as pessoas que os observam a interagir com os mesmos de forma dinâmica e orgânica. No final, foi obtido um padrão gráfico que faz uso de alguns destes elementos, como os círculos e as linhas, em junção com a geração de partículas mais fluidas. Como um todo, este padrão possui uma significância específica que o grupo pretendia atribuir à obra no teto da galeria e que irá ser explicitada de seguida. Deste modo, no modo geral, estes trabalhos de referência foram instrumentos de importância na exploração das barreiras daquilo que é possível criar com a tecnologia através de estímulos físicos externos, incitando o pensamento e reflexão por parte da sua audiência.

SIGNIFICÂNCIA DO PADRÃO GRÁFICO

Como referido acima, o padrão gerado é constituído por três elementos gráficos sob um background de cor: círculos, linhas retas e partículas mais fluídas. Os círculos correspondem à localização dos visitantes da galeria, de acordo com o seu movimento, que desaparecem passado alguns instantes. Do mesmo modo, a partir de cada círculo surgem partículas que acabam por se juntar seguindo um campo de vetores que geram uma espécie de “caminho” fluido aleatório. Existem, ainda, algumas partículas geradas inicialmente de forma aleatória no background da projeção. Por sua vez, as linhas retas acabam por conectar os círculos que vão surgindo no padrão gráfico.

Em termos conceptuais, este padrão pretende aludir ao impacto que os indivíduos podem ter, em conjunto com a tecnologia, na criação de obras de arte, representando uma espécie de pegada artística do ser humano de acordo com as suas ações, neste caso, ditadas pelo movimento e representadas através dos círculos. O facto de os círculos se encontrarem conectados tem como objetivo simbolizar que o ser humano não só tem uma pegada individual, como também coletiva e que, por sua vez, o seu poder conjunto é capaz de gerar uma obra mais significativa. Por sua vez, a geração de partículas fluidas aleatórias à medida que os visitantes se movem, seguindo por “caminhos” aleatórios, pretende remeter à capacidade que os humanos têm de gerar diversas possibilidades, na vida e na arte, sob as quais nem sempre têm total controlo, ao contrário do caso dos círculos. Além disso, o facto de já existirem partículas iniciais no background, e serem, através do movimento, criados “caminhos” de partículas com mais força e mais destacados, visa uma reflexão acerca da maneira como os seres humanos absorvem elementos do seu background (por exemplo, através de experiências ou da sua personalidade) para criar as suas próprias possibilidades, não tendo sempre, no entanto, total controlo sob estas.

Deste modo, o padrão gráfico, no geral, pretende incitar esta reflexão por parte da audiência acerca de como é gerada a vida e, por via desta, a arte, assim como o poder das nossas ações sob as mesmas, sendo que a tecnologia é apresentada na galeria como um meio de criação e apoio à vida e à arte. O facto de poder existir a possibilidade de controlar, de certa forma pré-determinada, o fluxo deste padrão gráfico através da disposição das obras físicas na sala (como, por exemplo, quadros em zonas específicas que levam os visitantes a orbitar em redor destas, gerando uma maior intensidade de visitantes nesse local e, portanto, um maior movimento nessa parte do padrão gráfico), alude, também, ao facto de que no invólucro da vida e da arte existem, muitas vezes, “limitações” que não obrigam o ser humano a seguir um determinado caminho, mas que o podem influenciar a tal.

ETAPAS DE DESIGN DE INTERAÇÃO

Esta instalação interativa envolve, essencialmente, os paradigmas tecnológico (Processing, Arduino, sensores, câmera), artístico (representação gráfica do processamento de imagem da câmera) e orgânico (estímulos humanos captados pelos sensores e câmera, como o movimento, o som e a presença humana). Relativamente à metodologia de design de interação (IxD) adotada para a elaboração do projeto, optou-se por uma abordagem padrão com sete passos, sendo estes a pesquisa, análise, ideação, prototipagem, testagem (de forma adaptada), refinamento, implementação e reflexão final, correspondendo estas etapas de IxD

ao processo de design de quatro etapas de Nigel Cross composta pelas fases de exploração, geração, avaliação e comunicação.

Após um brainstorming inicial, começou-se pela pesquisa e análise (exploração) através do estudo de soluções já existentes no mundo real, relacionadas com a New Media Art e contendo elementos interativos de monitorização de movimento e som, as quais foram explicitadas anteriormente. Por sua vez, passou-se para as fases de ideação e prototipagem (geração), onde se procurou desenvolver propostas de design adequadas tendo em consideração a análise, principalmente conceptual, das obras estudadas, culminando num protótipo inicial que pretendia demonstrar o funcionamento básico das principais vertentes dos paradigmas referidos. Nesta fase, tiveram-se em conta as três questões “How do you?” de Bill Verplank: “How do you do?” tendo sido exploradas possibilidades de meios tecnológicos que permitem ao utilizador interagir com a instalação, como a câmera e os sensores; “How do you feel?” tendo sido feita uma introspeção relativa à maneira como a instalação irá comunicar com o utilizador na vertente emocional, ou seja, uma exploração dos limites da combinação entre a arte, tecnologia e o ser humano que se pretende que o utilizador sinta, e reflita sobre, ao visitar a galeria; “How do you know?” tendo sido estudadas diferentes maneiras de representar graficamente o conceito idealizado. Após esta etapa de prototipagem inicial, passou-se à “testagem” e aplicação das respetivas melhorias ao projeto (avaliação), contudo, a primeira não foi feita recorrendo a outros utilizadores externos, mas sim derivada da exploração de possibilidades pelos membros do grupo após o feedback recebido dos docentes. Nesta fase, foram, principalmente, feitas alterações ao padrão gráfico inicial da projeção, que passou a ser constituído por partículas fluidas para além de círculos e linhas retas, sendo, também, criada uma paleta cromática adequada para o background. A última etapa correspondeu à implementação do protótipo final (comunicação), tendo existido uma avaliação final por parte do grupo onde foram afinadas certas falhas e feita uma reflexão acerca do trabalho realizado e do produto concebido.

ESTRATÉGIA DE IMPLEMENTAÇÃO

PLANEAMENTO

O planeamento inicial da implementação deste projeto foi pensado em várias fases: desenvolvimento da representação gráfica, desenvolvimento da deteção de movimento e implementação dos sensores. À medida que cada fase foi desenvolvida, as componentes foram testadas e unidas com as anteriores, de modo a que o troubleshooting fosse feito de forma gradual. No que toca à representação gráfica, foi pensado o desenvolvimento de um programa em Processing que seria, de seguida, testado e refinado, visando uma melhor projeção representada no teto da galeria. Apesar de ter sido planeada a sua finalização num estágio inicial, antes das fases seguintes, esta acabou por ser uma das últimas a ser terminada devido à necessidade de uma contínua refinação e exploração conceptual do padrão gráfico a criar. Posteriormente, segue-se a implementação da deteção de movimento em Processing capaz de captar pontos de movimento, através do uso de uma câmera, e obter as respetivas coordenadas de forma a efetuar a representação gráfica nos locais do movimento, criando uma espécie de rastro gráfico. Numa fase intermédia do processo de implementação, o planeamento desta vertente acabou, também, por sofrer alterações na medida em que se optou por manter o uso da webcam (ao contrário da expectativa de

instalação de uma câmera no teto) devido a uma maior facilidade de captação diversa e precisa do movimento através da webcam. Por fim, foi pensada a implementação dos diferentes sensores que estariam dispostos na sala da galeria, nomeadamente sensores de ultrassom para medir o número de visitantes e microfones para medir os decibéis na sala, sendo feita uma transmissão destas informações para o Processing de modo a provocar uma alteração no design de acordo com os dados obtidos e, por sua vez, a representar uma espécie de mapeamento do ambiente da galeria. Para o protótipo final, este aspeto foi sendo finalizado à medida que o grupo conseguiu obter os respetivos sensores, nomeadamente o microfone e um segundo sensor ultrassom. É de notar que o microfone foi a última vertente sensorial a ser terminada devido às limitações do equipamento na leitura do volume do som, tendo sido feitos diversos esforços na tentativa de tornar esta componente sonora funcional de forma gradual, e não binária, como foi pensada. Adicionalmente, não tinha sido planeado, inicialmente, o desenvolvimento de um atuador físico, sendo que esta foi, também, uma das fases finais da implementação, constituída pela criação de uma animação de LEDs gatilhada pela entrada e saída de visitantes na sala da galeria de acordo com os dados recebidos pelos sensores ultrassom.

OBSTÁCULOS

Pensando na concretização real desta instalação, irão surgir alguns problemas em termos de espaço e equipamento, uma vez que haverá alguma dificuldade em obter um projetor que ocupe o teto completo de um espaço, tal como arranjar um espaço real adequado para esta exposição. Outro possível obstáculo será a captação precisa da localização dos visitantes, uma vez que esta depende da localização da câmera e da qualidade da mesma, onde, com uma câmera de captação de 360º, poderia ser possível uma captação mais precisa, porém, esta teria de estar no teto. Tal não seria possível uma vez que a luz do projetor, imediatamente abaixo, iria ofuscar a câmera, impedindo, assim, uma leitura clara do espaço. Com uma câmera regular, terá de se ter em conta o ângulo em que esta filma, podendo não fornecer uma localização exata do indivíduo no espaço. Contudo, poderá considerar-se o uso de duas câmeras em pólos opostos da sala em que cada uma captaria apenas metade da sala, dando uma localização mais precisa. No entanto, a zona central da sala iria fornecer informações a ambas as câmeras, o que iria, mais uma vez, resultar em informações pouco precisas. Para além disso, também poderá ser difícil a captação de todos os visitantes da galeria, visto que, numa sala cheia, irá ocorrer muito movimento, o que poderá desencadear más leituras por parte do algoritmo e do equipamento. Por outro lado, poderá existir, ainda, um obstáculo relativamente aos LEDs que seriam dispostos em redor da porta, tanto do lado de dentro como do lado de fora da sala. Uma vez que os Arduinos têm um número limitado de pinos de entrada, a ligação dos LEDs com o Arduino dificilmente iria ser feito de forma elegante e seria necessário bastante trabalho para esconder os cabos e as resistências. Uma possível solução para este problema poderia passar pelo uso de uma fita LED WS2812B que permite aceder aos LEDs individualmente através de somente um pino, estando construído de forma compacta e despercebida.

Tendo em conta todos estes obstáculos relativos a uma concretização real da instalação num contexto de galeria, em termos de demonstração do projeto foi possível demonstrar o funcionamento da implementação e do conceito num ambiente mais contido com os equipamentos disponíveis, tal como será apresentado no final do relatório.

PROTOTIPAGEM

PROTOTIPAGEM INICIAL

No que diz respeito à disposição física da galeria de arte onde se encontrará a instalação interativa proposta neste projeto, foram inicialmente desenvolvidas maquetes em 3D para uma melhor compreensão da possível distribuição dos elementos artísticos e tecnológicos pela sala da galeria, tendo estes sido atualizados na versão final do protótipo (apresentados mais à frente no presente relatório). Por sua vez, a implementação do protótipo funcional inicial foi composta por duas partes: um sistema que, através do movimento singular detetado por uma webcam, devolve uma representação gráfica que acompanha o movimento e um sistema que, através do movimento detetado por um sensor de ultrassom de Arduino, faz uma contagem da presença de pessoas e altera a cor do background após a “entrada” de cada uma. Assim sendo, a primeira parte foi dividida em duas tarefas: a representação gráfica e a deteção do movimento.

Para a representação visual do padrão gráfico, começou-se por simular o movimento que iria existir através do rato, fazendo uso da função de mouseMoved do Processing e das coordenadas do rato. A partir desta simulação, e já com uma ideia do padrão desejado de linhas e círculos, passou-se para a criação das partículas e o seu display por onde o rato passava. De seguida, foi adicionado o lifespan, de forma a que as partículas desaparecessem após algum tempo, tornando a representação numa consequência momentânea das ações realizadas. Foi, seguidamente, implementada a movimentação das partículas de maneira a que existisse um movimento aleatório, porém, orgânico. Visando, ainda, uma maior complexidade do padrão gerado, foi adicionada a funcionalidade de duplicação das partículas originais, isto é, cada partícula gerada por movimentação duplica-se, onde a partícula duplicada segue as mesmas regras de movimentação. Posteriormente à implementação destes parâmetros, fizeram-se vários testes e ajustes com o objetivo de obter uma representação gráfica adequada ao conceito idealizado. Estes ajustes passaram pela alteração do lifespan, pelo aumento da velocidade das partículas e pela mudança da dimensão e cor das mesmas. Por fim, foi criada uma função que, a partir das coordenadas das partículas, gera linhas entre todas as partículas existentes, criando um padrão simples.

Para a deteção do movimento, foi feita uma adaptação de um algoritmo de Daniel Shiffman [6], no qual, fazendo uso da webcam, são comparados dois frames de vídeo e detetadas as diferenças dos respetivos frames, mostrando-as em vídeo através de píxeis brancos. Através deste algoritmo, fez-se uso das coordenadas detetadas, de forma a que fosse possível substituir as coordenadas do rato pelas coordenadas de movimentos humanos realizados, sendo que a representação gráfica do algoritmo referido não foi utilizada. É de notar que, com o uso da webcam, as ações do utilizador são representadas de forma invertida ao movimento. Finalmente, implementando pequenas alterações das duas componentes desenvolvidas (padrão visual e movimento), foi feita uma união de ambas de forma a que através do movimento seja possível obter a sua representação gráfica, captando a sensação de mapeamento esperada neste projeto, demonstrada nas Figuras 10-11.



Figuras 10-11. Frames do padrão gráfico inicial gerado através da deteção de movimento

Relativamente à componente de Arduino do protótipo inicial, fez-se uso de um sensor de ultrassons visando a simulação da entrada de visitantes na galeria de arte. Para a prototipagem inicial, não foi possível adquirir a tempo um segundo sensor de ultrassons que permitiria não só a deteção da entrada de indivíduos, como, também, a sua saída, possibilitando uma medição da densidade populacional (número de pessoas) dentro da sala. Assim, foi feita apenas uma demonstração do comportamento de entrada na sala através da implementação de um contador (de 1 em 1) acionado pela presença de um objeto próximo do sensor que, por sua vez, reflete o sinal emitido por este transpondo para uma distância entre 5 e 100 cm (simulando a sua instalação na porta da galeria) do emissor. A contagem do número de pessoas foi transmitida para o algoritmo de Processing por via do Serial.print, onde uma adição ao número de pessoas altera a cor do background (os valores de RGB) de forma progressiva, como demonstrado nas Figuras 12-13. A montagem do sensor no Arduino foi feita de acordo com o esquema representado na Figura 14.



Figuras 12-13. Frames iniciais da cor de background gerada através do sensor de ultrassom

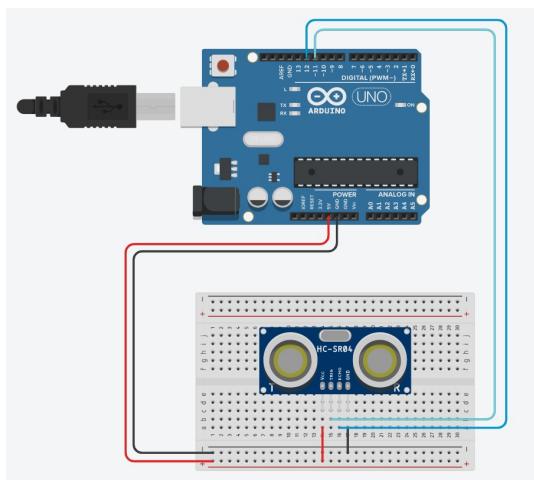


Figura 14. Esquema do circuito do Arduino com sensor ultrassons para o protótipo inicial

PROTOTIPO GEM FINAL

Para o transicionamento do protótipo inicial para o final, a principal funcionalidade que necessitava de ser melhorada era a deteção de movimento. Na etapa anterior, a deteção era feita para apenas um objeto e estava localizado no mesmo programa de Processing que o visualizer, levando a um significativo abrandamento do programa. Visando o solucionamento destes problemas, foi movida a componente de deteção de movimento para outro ficheiro e começou-se por melhorar a mesma. Para a deteção de múltiplos pontos de movimento, foi implementado o Count Pixels() que faz uma contagem do número de pixéis brancos conectados e que, por sua vez, os guarda num array para que o detectObjects() possa fazer a contabilização de múltiplos objetos a partir de um tamanho mínimo de pixéis juntos. Assim, esta função, ao examinar as mudanças nos valores de pixéis entre frames consecutivos, identifica regiões com diferenças significativas e considera-as como objetos em movimento. Isso permite a deteção de várias fontes de movimento no feed de vídeo.

Após estas implementações, foi possível obter uma deteção de múltiplos objetos, no entanto, esta era muito dispersa e não representava de forma correta o movimento recebido. Para tal, foi implementada a função averagePositions(). Esta função desempenha um papel fundamental no sistema de deteção de objetos implementado, sendo que o seu objetivo é calcular a posição média dos objetos detetados ao longo de um número específico de frames, proporcionando uma representação suavizada do movimento. Quando um objeto é detetado no frame atual, a função atualiza as posições médias considerando a posição mais recente. Se ainda houver espaço para mais posições no histórico de médias, a posição atual é adicionada à lista. Contudo, se o número máximo de frames para a média tiver sido atingido, a posição mais antiga é removida antes de ser adicionada a nova posição.

Por fim, após a deteção correta de múltiplos pontos de movimento, foi implementada a função sendPositionsViaOSC() que envia a posição dos pontos detetados para o ficheiro principal. Antes de ser enviado, este valor é multiplicado por 2.5 de modo a passar de forma correta as coordenadas detectadas pela câmera de uma menor resolução para um visualizer FullHD.

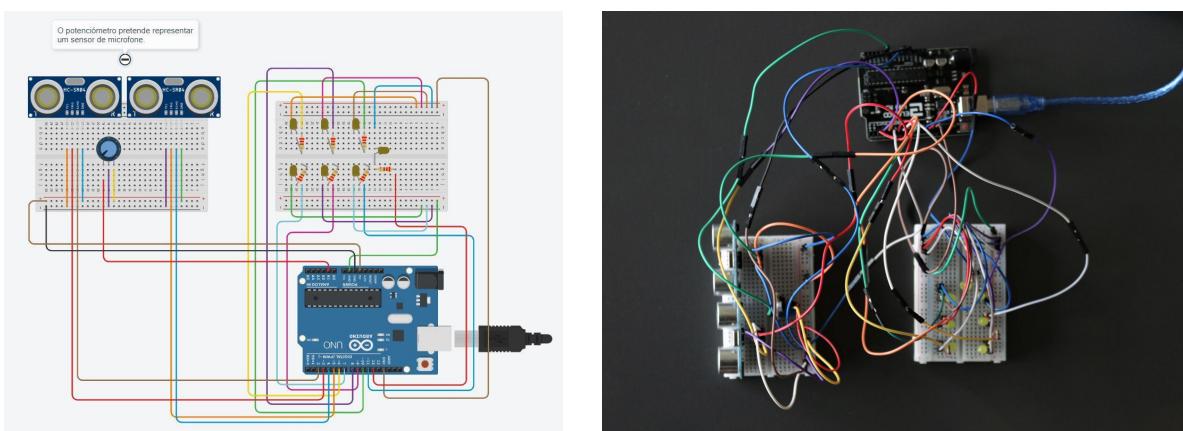
No que diz respeito ao ficheiro de código do visualizer, este foi melhorado a um nível mais técnico de maneira a receber as informações via OSC e foi, ainda, adicionado um campo de fluxo no background que guia o movimento de partículas, criando padrões visualmente envolventes e mais fluidos. Para comunicar com o programa de deteção de movimento, são utilizadas mensagens OSC. O OSC (Open Sound Control) é um protocolo usado para trocar dados entre dispositivos e aplicações de software. Neste contexto, as mensagens OSC contêm informações sobre as posições das elipses criadas após a deteção de movimento. Quando uma mensagem OSC é recebida, as posições são extraídas e armazenadas num ArrayList denominado receivedPositions. Esses dados formam a base para o movimento e comportamento das partículas no padrão gráfico.

A classe FlowField gera e controla o campo de partículas, dividindo o esboço numa grelha de células e atribuindo um vetor a cada célula. Esses vetores representam a direção e a magnitude do fluxo naquela localização específica. O campo de fluxo é atualizado periodicamente para introduzir variedade e mudanças dinâmicas. Por sua vez, a classe FlowParti representa partículas que seguem o campo de fluxo, onde o movimento de cada partícula é influenciado pelos vetores no campo de fluxo, sendo criado um movimento suave e coerente. O esboço é atualizado e exibe continuamente o campo de fluxo, as partículas e suas interações. Assim, para além das partículas geradas inicialmente no background ao correr o programa, novas partículas são adicionadas com base nas posições recebidas pela

deteção de movimento, juntando-se às restantes partículas devido ao campo de fluxo gerado e atualizado.

Por fim, relativamente ao software, foram feitas algumas afinações a nível visual a partir das informações recebidas pelo Arduino através da comunicação feita com SerialPrints. A primeira alteração implementada foi a cor do background, que é alterada de acordo com o número de visitantes na sala. As cores são selecionadas e aplicadas através de uma paleta de cores pré-definida e guardada num array. A nível das partículas do background, as mesmas vão alterando a sua opacidade de acordo com a intensidade de som presente na sala da galeria, sendo que quanto mais som for detetado, mais notórias ficam e, consequentemente, com menos som, menos opacidade têm estas partículas. Esta informação é, também, processada e enviada pelo Arduino.

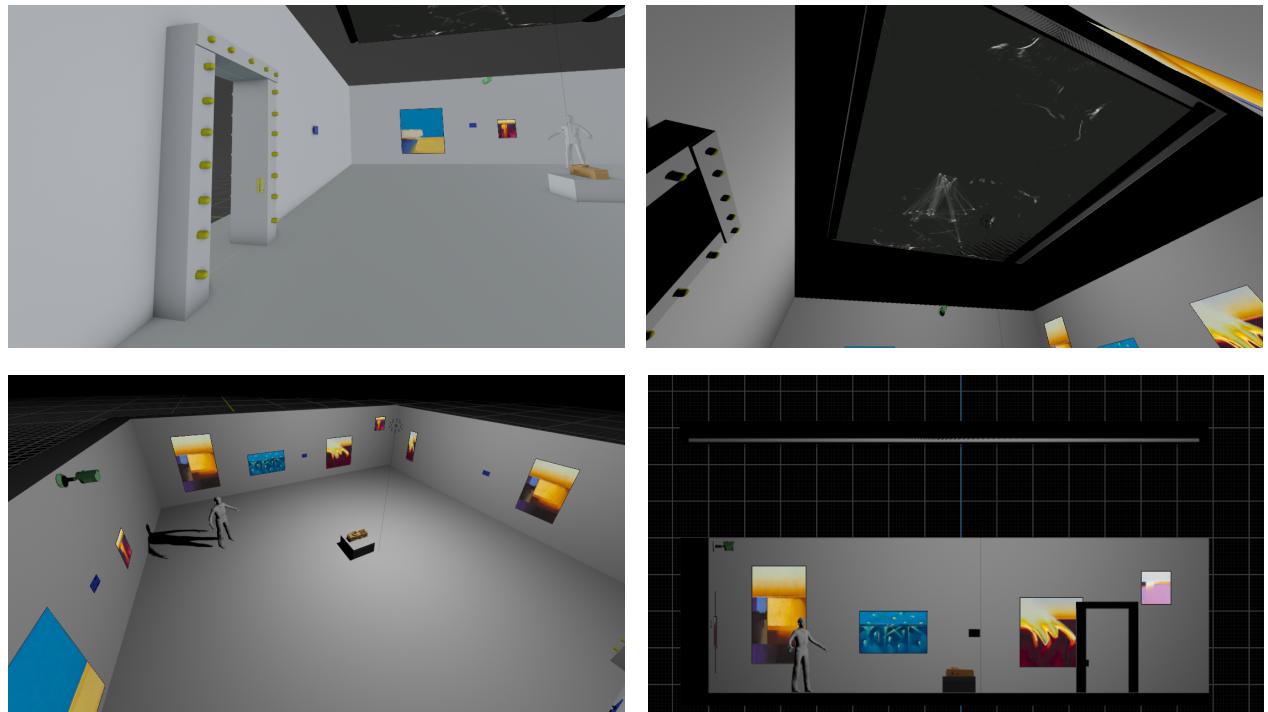
Em relação ao hardware, fazendo uma análise do programa de Arduino (cujo circuito se encontra representado nas Figuras 15-16), este deteta a entrada e saída de pessoas através de dois sensores de ultrassons, em que, posicionados lado a lado, cada um fica responsável pela entrada ou pela saída de visitantes da sala. Após um destes sensores medir uma distância menor que 30cm, é adicionado ou retirado o valor de 1 ao contador de pessoas de acordo com o sensor. De modo a não existirem erros de leitura, após a deteção da entrada ou saída de uma pessoa é desativado o outro sensor por um curto período de tempo através da alteração de estados booleanos dos sensores. Ao fazer esta leitura, é ativada uma função que, recorrendo a 7 LEDs, provoca uma animação simbolizadora da entrada ou saída de um indivíduo. Esta animação foi implementada através da ativação e desativação de LEDs através de uma sequência planeada e fazendo o uso de delays para uma representação mais suave. No que diz respeito à medição de som, é feita uma leitura analógica do pin do sensor do microfone de forma a receber a intensidade do som entre os valores 0 e 1023. É importante referir que foi calibrado o microfone na tentativa de uma melhor receção de som, apesar de sem muito sucesso. Por fim, estas informações são armazenadas em variáveis e enviadas para o programa do visualizer através do serialPrint().



Figuras 15-16. Circuito de Arduino real e esquema no Thinkercad, respetivamente

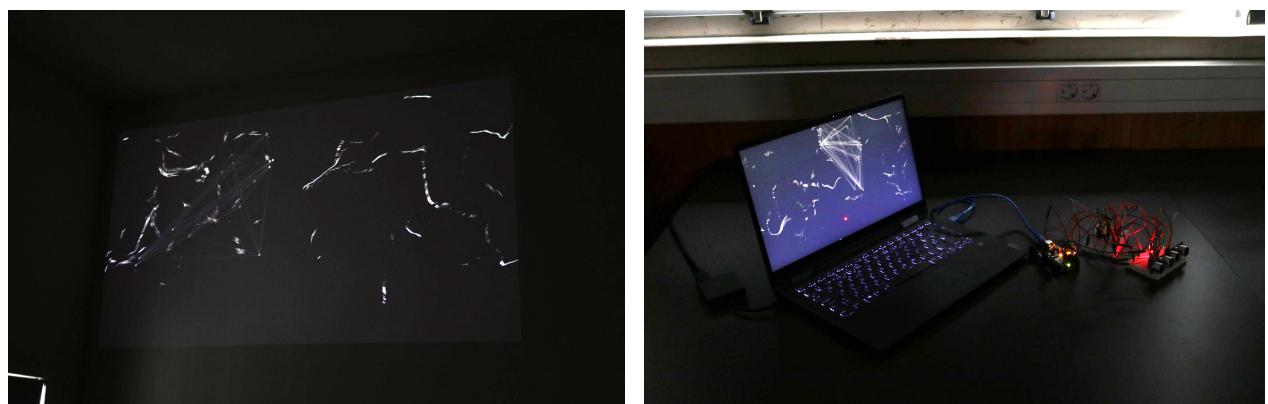
Em termos da disposição física da galeria de arte onde se encontrará a instalação interativa proposta neste projeto, foram atualizados os sketches em 3D de uma possível distribuição de obras de arte pelas paredes e das ferramentas tecnológicas idealizadas, tal como descrito no tópico da conceptualização (Figuras 17-20). Foram representados dois sensores de ultrassons (a amarelo) na porta de entrada, lado a lado, de modo a detetar a

entrada e saída de visitantes da galeria que provoca uma animação nos LEDs dispostos à volta da porta (a amarelo). Além disso, foi colocada uma câmera (a verde) no topo de uma parede que irá detetar o movimento dos indivíduos. No teto, foi demonstrada uma possibilidade de representação do movimento do modelo humano 3D presente, cuja projeção é proveniente do projetor situado no centro do chão da sala (a laranja). Por fim, foram colocados quatro microfones (a azul) entre as obras de arte, um em cada parede, que irão servir para detetar a intensidade do som na sala.

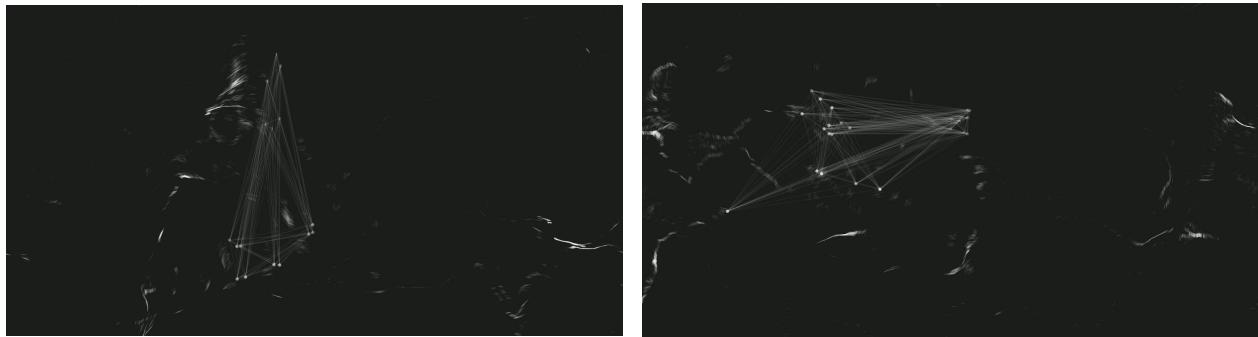


Figuras 17-20. Sketches 3D de uma possível disposição da galeria e instalação

Foi, por último, realizada uma demonstração do protótipo final numa sala, constituindo uma simulação do seu funcionamento real recorrendo aos equipamentos disponíveis para tal (Figuras 21-22), neste caso, um projetor de parede, a webcam do computador e o circuito de Arduino com os sensores e LEDs montado (Figuras 21-22) e o padrão gráfico obtido para o protótipo final (Figuras 23-24).



Figuras 21-22. Simulação do protótipo final numa sala escura



Figuras 23-24. Frames do padrão gráfico final gerado através da deteção de movimento

DIFICULDADES PRINCIPAIS

Ao longo do processo de implementação, a principal dificuldade foi conseguir desenvolver um algoritmo capaz de identificar corretamente o movimento, sendo que, antes da implementação do `averagePosition()`, foram testadas algumas soluções uma vez que se considerou que o frame differencing poderia não ser a melhor opção. Assim, foram testadas tecnologias como o OpenCV, uma biblioteca de processamento de vídeo ao vivo que permite identificar movimento e vários objetos. Esta possibilidade foi, essencialmente, descartada pela falta de documentação em Processing. Foi, também, testado o método de deteção de background subtraction, porém, considerou-se que o resultado era semelhante ao frame differencing e, por essa razão, optou-se pelo estudo de opções de otimização do algoritmo já desenvolvido com frame differencing e, a partir daí, fez-se a função `averagePosition()`.

Outra dificuldade consistiu em arranjar uma solução de transmissão de dados entre projetos de Processing, visto que não seria possível recorrer ao `serialPrint()` devido ao seu uso na interação com o Arduino. Após alguma pesquisa, foi possível encontrar e implementar o sistema de comunicação OSC.

Por fim, o último problema mais significativo consistiu na leitura dos sinais da captação do microfone do Arduino uma vez que, mesmo após bastante calibração, não estava a ser possível encontrar diferenças significativas nas leituras de som realizadas. Apesar de diversos testes e tentativas, chegou-se à conclusão que o problema vinha do próprio hardware e que, para obter leituras corretas, seria necessário fazer uso de outro microfone. No entanto, como para o projeto era obrigatório o uso de leitores do Arduino, optou-se por manter esta implementação do sensor do microfone, ainda que o seu funcionamento real não esteja correto.

CONCLUSÃO

Posta a implementação do projeto final e respetiva demonstração física, considera-se que existiu uma melhoria significativa desde a fase de prototipagem inicial até à final, uma vez que foram implementados todos os sensores propostos, adicionado o atuador físico em falta e melhorados tanto o detetor de movimento, de forma a ser capaz de detetar múltiplos pontos de movimento, como a representação gráfica da projeção e o seu background. Assim, foram cumpridos todos os objetivos gerais definidos pelo grupo inicialmente, pelo que o grupo acredita que o balanço final é bastante positivo. Porém, admite-se a existência de uma vertente problemática na captação de som através do microfone do Arduino devido à qualidade do mesmo, sendo que este equipamento não é capaz de verificar as alterações analógicas da intensidade do som na sala como pretendido, o que torna a demonstração da alteração da opacidade das partículas fluidas no padrão gráfico um obstáculo. No entanto, não sendo possível ao grupo controlar o funcionamento deste equipamento, apesar de não ser possível fazer uma demonstração correta desta vertente, a sua implementação foi feita corretamente de acordo com o comportamento esperado numa situação de ideal funcionamento.

Deste modo, através dos aspetos descritos e desenvolvidos no projeto, pensa-se que foi possível transmitir a ideia pretendida para esta instalação artística de exploração da interligação entre o humano, a arte e a tecnologia no contexto de uma galeria de arte. Tanto o código implementado como a documentação deste projeto podem ser consultados no seguinte repositório público: <https://github.com/julianassiis/the-living-gallery>.

REFERÊNCIAS

[1] Eliasson, O. (2003). *The Weather Project - Artwork - Studio Olafur Eliasson*.
<https://olafureliasson.net/artwork/the-weather-project-2003/>

[2] THEMUSEUMtv. (2011). *David Rokeby Explains “Dark Matter”* [Vídeo]. Youtube.
<https://www.youtube.com/watch?v=QE9NE9n3HTI>

[3] Koblin, A. (2009). *Flight Patterns Color - HD*. [Vídeo]. Youtube.
<https://www.youtube.com/watch?v=ystkKXzt9Wk>

[4] Labbe, J. (2017). *Scribble Brush - OpenProcessing*.
<https://openprocessing.org/sketch/409592>

[5] Labbe, J. (2020). *Magical trail shader - OpenProcessing*.
<https://openprocessing.org/sketch/835887>

[6] The Coding Train. (2016). *11.6: Computer Vision: Motion Detection - Processing Tutorial*. [Vídeo]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=QLHMTExsMs>