

**Universidade Federal da Paraíba  
Centro de Informática  
Programa de Pós-Graduação em Computação, Comunicação e Artes**

**EDVANILSON SANTOS DE OLIVEIRA**

***MULTI CONTROL*: UM SISTEMA PARA EXPERIMENTAÇÃO DE POÉTICAS DA  
REALIDADE VIRTUAL EM AMBIENTE IMERSIVO E INTERATIVO**

**João Pessoa  
Dezembro / 2019**

**Edvanilson Santos de Oliveira**

***Multi Control: um sistema para experimentação de poéticas da realidade virtual em ambiente imersivo e interativo***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Computação, Comunicação e Artes (PPGCCA) da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Computação, Comunicação e Artes, na linha de pesquisa Arte Computacional.

Orientadora: Prof. Dr<sup>a</sup>. Ivani Lúcia Oliveira de Santana  
Coorientador: Prof. Dr. Guido Lemos de Souza Filho

João Pessoa  
Dezembro / 2019

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

O48m Oliveira, Edvanilson Santos de.

Multi Control: um sistema para experimentação de poéticas da realidade virtual em ambiente imersivo e interativo / Edvanilson Santos de Oliveira. - João Pessoa, 2019.

112 f.

Coorientação: Guido Lemos de Souza Filho.  
Dissertação (Mestrado) - UFPB/Informática.

1. Multi Control. 2. Sentiendum. 3. Realidade Virtual.  
4. Percepção. I. Título

UFPB/BC

**Edvanilson Santos de Oliveira**

***MULTI CONTROL: UM SISTEMA PARA EXPERIMENTAÇÃO DE POÉTICAS DA REALIDADE VIRTUAL EM AMBIENTE IMERSIVO E INTERATIVO***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Computação, Comunicação e Artes da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Computação, Comunicação e Artes, na linha de pesquisa Arte Computacional.

A banca considera o presente Trabalho Final: Aprovado.

Data: 16 / 12 / 2019.

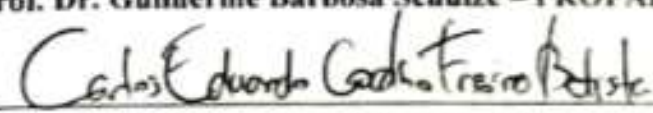


\_\_\_\_\_  
**Profa. Dra. Ivani Lúcia Oliveira de Santana (Orientadora – PPGCCA/UFPB)**

\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Guido Lemos de Souza Filho (Coorientador – PPGCCA/UFPB)**

\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Sandro Canavezzi de Abreu – UFMG**

\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Guilherme Barbosa Schulze – PROFARTES/UFPB**



\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Carlos Eduardo Coelho Freire Batista - PPGCCA/UFPB**

*Dedico este trabalho a Deus, por conceder-me a sabedoria necessária para realização dessa dissertação A minha avó, Zilda de Souza Santos (In Memorian), pelo exemplo (e)terno de ser, tão especial, em uma simplicidade de vida difícil de descrever, mas maravilhosa de recordar.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar ao meu lado, e por conceder-me sabedoria e saúde para conclusão deste trabalho.

Aos meus queridos pais Edvanildo David de Oliveira e Lêda de Sousa Santos, os quais são referência de amor, companheirismo e felicidade, suas lições estarão em meu coração por toda a minha vida.

À minha esposa e amiga Allana Fabiola Guimarães França Oliveira, pelo amor, carinho, amizade, e compreensão, por estar ao meu lado, sua alegria e sorriso me deram forças para vencer os obstáculos que surgiram, sua simplicidade e seu jeito de ser me tornam um novo homem a cada dia.

Aos meus filhos Abraão Guimarães de Oliveira e Sarah Guimarães Oliveira, verdadeiros presentes de Deus, pelas brincadeiras, abraços e beijos no pai, simples gestos de um valor imensurável, capazes de fortalecer os meus passos e preencher minha vida de alegria.

À minha orientadora Prof<sup>a</sup> Dra. Ivani Lúcia Oliveira de Santana, pelo admirável exemplo de pessoa humana e profissional, por cada *brainstorming* concedido nos momentos de orientação, apesar da distância física no delinear desta jornada, a presença virtual promovida pelos meios de Telecomunicações foi imprescindível em nossa trajetória, acima de tudo, por me revelar um novo e rico olhar a Arte e Tecnologia, conduzindo a experimentações que consolidam minha contínua e mutável formação humana e acadêmica.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Guido Lemos de Souza Filho, por todo auxílio e apoio concedido, pelas suas correções e incentivos, fundamentais para conclusão do respectivo trabalho.

Aos membros da banca examinadora, nas pessoas do Prof. Dr. Guilherme Barbosa Schulze, Prof. Dr. Sandro Canavezzi de Abreu e o Prof. Dr. Carlos Eduardo Coelho Freire Batistas os quais

transmitiram contribuições vitais no exame de qualificação e defesa da dissertação, enriquecendo consideravelmente esse trabalho.

A Prof<sup>a</sup> Dra. Venise Paschoal de Melo, a qual nos recebeu gentilmente no departamento de Artes da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS, por todo apoio ao longo da pesquisa, por cada abraço sincero concedido a cada manhã que nos encontramos para realização deste estudo, em especial, por sua amizade.

A Victor Camargo Tanaka, pela parceria na construção do ambiente virtual e Rafael Souza Lima Ferreira pelos registros fotográficos e vídeos do processo de criação e concepção da obra.

Aos queridos amigos do Curso de Bacharelado em Artes Visuais UFMS, Diefferson Gonçalves de Oliveira, Eliúde de Oliveira Dutra, Ewerton Sales dos Santos, Luis Felipe Santos Salgado da Rocha e Yasmim Godas Formigoni Matos, pelo compartilhamento de saberes em um contexto interdisciplinar na Arte Computacional.

Finalmente, agradeço à Universidade Federal da Paraíba e ao Programa de Pós-Graduação em Computação, Comunicação e Artes, a todos os professores, por todo auxílio e valiosos esclarecimentos concedidos no transcorrer do meu caminhar enquanto pesquisador em formação.

## RESUMO

A presente pesquisa apresenta a concepção, desenvolvimento e validação do *Multi Control*, um sistema de baixo custo, construído com base na plataforma de prototipagem Arduino e utilização de interfaces de potência, projetado com o objetivo de facilitar o processo criação e experimentação de instalações imersivas e interativas com base no uso de microcontroladores. Neste contexto, a questão central de nossa pesquisa é: até que ponto, e de que maneira, o *Multi Control* contribui para criação e experimentação de instalações multissensoriais? Neste sentido, que tipo de entradas e saídas são necessárias para possibilitar um ambiente imersivo/interativo? Para responder à questão proposta, elaborou-se uma instalação imersiva/interativa com uso da Realidade Virtual (RV) e módulo de comunicação Bluetooth, a qual denominamos *Sentiendum*. Em *Sentiendum*, buscamos analisar as possibilidades e limitações do sistema desenvolvido, além de avaliar quais aspectos poéticos da RV podem vir a emergir a partir do ambiente imersivo/interativo. Elaborou-se como aporte teórico, a articulação de aspectos históricos e conceituais inerentes a plataforma de prototipagem Arduino, Arte Interativa e Realidade Virtual, Corpo e Percepção. Ao longo da pesquisa, adotamos o design participativo como abordagem metodológica, através de um workshop sobre o uso do Arduino em Artes, realizado concomitantemente a disciplina Oficina Arte e Tecnologias Contemporâneas do Curso de Bacharelado em Artes Visuais da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul - UFMS. A pesquisa foi dividida em quatro etapas: (1) imersão/entendimento do problema, (2) prototipação e design da solução, (3) criação e experimentação de uma instalação imersiva/interativa, (4) design do ambiente virtual. O trabalho resultou em contribuições distintas, tanto no que se refere a aquisição de conhecimento dos artistas, a relevância da interface e a própria aplicação em um processo artístico, como neste caso a criação de *Sentiendum*.

Palavras-chave: Multi Control, Sentiendum, Realidade Virtual, Percepção.



## ABSTRACT

This research presents the design, development and validation of Multi Control, a low cost system, built based on the Arduino prototyping platform and the use of power interfaces, designed with the objective of facilitating the process of creating and experimenting with immersive and interactive based on the use of microcontrollers. In this context, the central question of our research is: to what extent, and how, does Multi Control contribute to the creation and experimentation of multisensory installations? In this sense, what kind of inputs and outputs are required to enable an immersive / interactive environment? To answer the proposed question, an immersive / interactive installation using Virtual Reality (VR) and Bluetooth communication module, which we call Sentiendum, was designed. In Sentiendum, we seek to analyze the possibilities and limitations of the developed system, as well as to evaluate which poetic aspects of VR may emerge from the immersive / interactive environment. It was elaborated as theoretical contribution, the articulation of historical and conceptual aspects inherent to the Arduino prototyping platform, Interactive Art and Virtual Reality, Body and Perception. Throughout the research, we adopted participatory design as a methodological approach, through a workshop on the use of Arduino in Arts, concurrently conducted the Contemporary Art and Technology Workshop course of the Bachelor of Visual Arts at the Federal University of Mato Grosso do Sul - UFMS. The research was divided into four steps: (1) immersion / understanding of the problem, (2) prototyping and solution design, (3) creation and experimentation of an immersive / interactive installation, (4) virtual environment design. The work resulted in distinct contributions, both regarding the acquisition of artists' knowledge, the relevance of the interface and the application itself in an artistic process, as in this case the creation of Sentiendum.

Key words: Multi Control, Sentiendum, Virtual Reality, Perception.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>FIGURA 1</b> – Arduino UNO R3 – Principal placa da plataforma Arduino, com o microcontrolador ATmega328.....	25
<b>FIGURA 2</b> – A esquerda: Conectores para entrada de alimentação da placa Arduino UNO, Circuito eletrônico de estabilização dos níveis de tensão de entrada.....	26
<b>FIGURA 3</b> – Portas de entradas e saídas de suas funções.....	27
<b>FIGURA 4</b> – Pinos analógicos do Arduino UNO.....	27
<b>FIGURA 5</b> – A) Esquema original do HA. Desenho: Guto Nóbrega. B) Sua concepção final apresentada na performance telemática Frágil.....	29
<b>FIGURA 6</b> – Petting Zoo e interator.....	30
<b>FIGURA 7</b> – Constellation.....	31
<b>FIGURA 8</b> – O sensorama (máquina de realidade virtual) .....	35
<b>FIGURA 9</b> – Estrutura do VIDEOPLACE.....	36
<b>FIGURA 10</b> – Tele operação simulada por computador.....	37
<b>FIGURA 11</b> – Interfaces haptic.....	38
<b>FIGURA 12</b> – Obras exibidas no Museu Kremer.....	39
<b>FIGURA 13</b> – Não-bailarino (Teo Cruz) utilizando óculos com imagem virtual em 360 graus em atuação com bailarino (Daniel Moura), Daniela Guimarães (com a imagem em 360 graus ao fundo simulando seu ponto de vista) e Beatriz Adeodato, as duas utilizando óculos e interagindo com o ambiente virtual.....	43
<b>FIGURA 14</b> – Processo de desenvolvimento de protótipo.....	59

<b>FIGURA 15</b> – Ministração do workshop, de cima para baixo, da esquerda para a direita: Apresentação das aplicações de pesquisas em Arte e tecnologia com uso do Arduino; Abordando características elétricas do Arduino UNO; Possibilidades de uso de dispositivos conectados às entradas e saídas; Técnicas de uso de instrumentos para testes de componentes eletrônicos, em projetos artísticos com uso do Arduino.....	61
<b>FIGURA 16</b> – Imagem representativa de Sentiendum.....	62
<b>FIGURA 17</b> – Imagem representativa de Sentiendum como resultado da primeira sessão de brainstorming.....	63
<b>FIGURA 18</b> – Protótipo do Multi-control.....	64
<b>FIGURA 19</b> – Estudo piloto com os primeiros testes do protótipo.....	65
<b>FIGURA 20</b> – Imagens representativas de Sentiendum como resultado da segunda sessão de brainstorming.....	66
<b>FIGURA 21</b> – Imagem representativa contendo as dimensões do Kolmos.....	67
<b>FIGURA 22</b> – Tela inicial do aplicativo Bluetooth RC Controller.....	68
<b>FIGURA 23</b> – Imagem representativa da versão final da instalação Sentiendum.....	68
<b>FIGURA 24</b> – Construção de octógono para instalação, de cima para baixo, da esquerda para a direita: Projeto inicial com dimensões do octógono; técnico do setor de marcenaria da UFMS realizando cortes de peças; alunos auxiliando nos trabalhos na marcenaria; disposição final do octógono.....	69
<b>FIGURA 25</b> – Estudo piloto da instalação Sentiendum e testes do Multi control controlando diferentes dispositivos.....	71
<b>FIGURA 26</b> – (a) Representação em blocos da estrutura interna do Multi control; (b) vestível contendo o aparelho celular; (c) óculos VR; (d) caixas para sonorização do ambiente.....	72

<b>FIGURA 27</b> – Multi control, da esquerda para a direita: imagem traseira, com saídas para controles de fitas de LED RGB; imagem frontal contendo seis saídas para controle de dispositivos alimentados com tensão alternada.....	72
<b>FIGURA 28</b> – Ambiente virtual e real, de cima para baixo, da esquerda para a direita: Ambiente virtual desenvolvido no Unity 3D; Iteradores explorando o ambiente virtual e os efeitos de luzes do octógono; Iteradores explorando o ambiente virtual e o controle de luzes e demais artefatos presentes no ambiente.....	74
<b>FIGURA 29</b> – Circuito eletrônico da interface de potência DC.....	78
<b>FIGURA 30</b> – Circuito eletrônico da interface de potência AC.....	79
<b>FIGURA 31</b> – Da esquerda para a direita: Módulo HC-06, diagrama esquemático.....	81
<b>FIGURA 32</b> – Da esquerda para a direita: Fluxograma do princípio de funcionamento da comunicação serial, código elaborado em linguagem C.....	82
<b>FIGURA 33</b> – Dimensões do Multi Control.....	84
<b>FIGURA 34</b> – Visão Posterior, Frontal e Lateral direita do Multi Control.....	84

## **LISTA DE SIGLAS**

AC – Corrente Alternada

ADC – Analog-Digital Converter

CI – Integrated Circuit

DC – Direct Current

GPIO – General-purpose input/output

GPL – General Public License

IDE – Integrated Development Environment

LED – Light-Emitting Diode

LGPL – Lesser General Public License

MIT – Massachusetts Institute of Technology

MS – Mato Grosso do Sul

NA – Normalmente Aberto

NF – Normalmente Fechado

PB – Paraíba

PC – Personal Computer

PPGCCA – Programa de Pós-Graduação em Computação, Comunicação e Artes

PWM – Pulse Width Modulation

RA – Realidade Aumentada

RJ – Rio de Janeiro

RV – Realidade Virtual

RX – Receptor

SMD – Surface Mount Device

SPI – Serial Peripheral Interface

TWI – Two-Wire Interface

TX – Transmissor

UFBA – Universidade Federal da Bahia

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

UFMS – Universidade Federal do Mato grosso do Sul

UFPB – Universidade Federal da Paraíba

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

USB – Universal Serial Bus

USART – Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>20</b>
1.1 CONTEXTO .....	20
1.2 OBJETIVO DA PESQUISA.....	21
1.3 MÉTODO .....	21
1.4 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	22
<b>2 CAPÍTULO .....</b>	<b>24</b>
<b>ARDUINO: DAS CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS AS APLICAÇÕES NA</b>	
<b>ARTE COMPUTACIONAL .....</b>	<b>24</b>
2.1 ASPECTOS CONCEITUAIS E HISTÓRICOS .....	24
2.2 EXPLORANDO A PLACA ARDUINO UNO .....	25
2.3 ARDUINO E ARTE COMPUTACIONAL: APROXIMAÇÕES POSSÍVEIS .....	29
2.3.1 HA. HIPERORGANISMO ANTROPOFÁGICO .....	30
2.3.2 <i>PETTING ZOO</i> : CRIATURAS ARTIFICIAIS PROJETADAS PARA APRENDER E EXPLORAR	
.....	31
2.3.3 <i>CONSTELLATION</i> : COMPORTAMENTO EMERGENTE INTRINCADO USANDO BLOCOS DE	
CONSTRUÇÃO AUTÔNOMOS.....	32
<b>3 CAPÍTULO .....</b>	<b>35</b>
<b>REALIDADE VIRTUAL, IMERSÃO E INTERATIVIDADE: HISTÓRIA,</b>	
<b>CONCEITOS E TENDÊNCIAS .....</b>	<b>35</b>
3.1 REALIDADE VIRTUAL E ARTES: ESSÊNCIAS HISTÓRICAS .....	35
3.2 REALIDADE VIRTUAL: UMA ABORDAGEM CONCEITUAL .....	41
3.3 IMERSÃO E INTERATIVIDADE.....	44
<b>4 CAPÍTULO .....</b>	<b>51</b>



<b>CORPO E PERCEPÇÃO: SENSações POSSÍVEIS ENTRE MUNDO REAL E VIRTUAL.....</b>	<b>51</b>
4.1 RELAÇÕES CORPORIFICADAS ( <i>EMBODIMENT</i> ) ENTRE CORPO, AMBIENTE E ARTEFATOS .....	51
4.2 UMA ABORDAGEM ENATIVA PARA PERCEPÇÃO .....	54
<b>5 CAPÍTULO .....</b>	<b>57</b>
<b><i>SENTIENDUM: O PROCESSO CRIATIVO</i> .....</b>	<b>57</b>
5.1 SOBRE A CRIAÇÃO DA OBRA .....	57
5.1.1 DISCUSSÕES EM GRUPO .....	59
5.1.2 BRAINSTORMINGS.....	59
5.1.3 PROTOTIPAÇÃO .....	60
5.2 IMERSÃO/ENTENDIMENTO DO PROBLEMA.....	61
5.3 CRIAÇÃO E EXPERIMENTAÇÃO DE UMA INSTALAÇÃO IMERSIVA/INTERATIVA.....	63
5.4 PROTOTIPAÇÃO E DESIGN DA SOLUÇÃO.....	65
5.5 DESIGN DO AMBIENTE VIRTUAL .....	74
<b>6 CAPÍTULO .....</b>	<b>77</b>
<b><i>MULTI CONTROL</i>.....</b>	<b>77</b>
6.1 DIRETRIZES DE <i>DESIGN</i> .....	77
6.1.1 DIRETRIZ 1: INTERFACE DE POTÊNCIA DC .....	77
6.1.2 DIRETRIZ 2: INTERFACE DE POTÊNCIA AC .....	79
6.1.3 DIRETRIZ 3: COMUNICAÇÃO SEM FIO COM ARDUINO E MONITORAMENTO DO MOVIMENTO DO CORPO.....	81
6.1.4 DIRETRIZ 4: CONEXÕES <i>PLUG-AND-PLAY</i> .....	83
6.1.5 DIRETRIZ 5: FLEXIBILIDADE PARA (RE)PROGRAMAÇÃO .....	84
6.2 <i>MULTI CONTROL: VISÃO GERAL</i> .....	84

<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>87</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>92</b>
<b>GLOSSÁRIO.....</b>	<b>99</b>
<b>APENDICE A – PROGRAMAÇÃO DO MULTI CONTROL .....</b>	<b>101</b>
<b>APENDICE B – PROJETO DO ENCAPSULAMENTO DO MULTI CONTROL</b>	<b>106</b>
<b>APÊNDICE C – DOCUMENTAÇÃO DA INSTALAÇÃO <i>SENTIENDUM</i>.....</b>	<b>108</b>
<b>APÊNDICE D – CARTAZ DE DIVULGAÇÃO DA INSTALAÇÃO ARTÍSTICA SENTIENDUM .....</b>	<b>112</b>
<b>APÊNDICE E – DIAGRAMA DE LIGAÇÃO DO MULTI CONTROL .....</b>	<b>113</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contexto

Ao considerarmos a Arte Computacional como a expressão de poéticas que utilizam *softwares* e/ou *hardwares*, propomos nesta pesquisa reflexões sobre o uso desses meios, mais especificamente com base no desenvolvimento de um sistema elaborado a partir da plataforma de prototipagem Arduino e outros periféricos eletrônicos. Ainda sobre a trajetória da Arte Computacional, a professora e pesquisadora Suzete Venturelli (2004) pontua que esta corresponde a uma prática que teve início na década de 60, quando os artistas estavam interessados em experimentar os novos produtos tecnológicos com ênfase no computador e nas linguagens de programação, nos quais as relações entre ambiente, obra e espectador estavam fortemente imbricadas nas criações poéticas.

Outro ponto a ser destacado é o termo poética. Utilizado amplamente no presente trabalho, e em consonância com Scholz (2018), entendemos que poética é um conceito que relaciona o processo de produção/concepção da obra de arte, ao fazer artístico e, portanto, encontra-se conectado intimamente ao artista-criador e a seu processo criativo.

Acreditamos que são inúmeras as possibilidades de uso de microcontroladores para construção de instalações imersivas e/ou interativas, contudo, a necessidade de conhecimento de linguagem de programação de alto nível ou a utilização de dispositivos eletrônicos para explorar diferentes meios de criação podem se tornar barreiras no processo de criação e experimentação dos respectivos modos de instalações.

As práticas de desenvolvimento e criação conjunta com especialistas da área de tecnologia são um caminho para redução dessas barreiras. Esse modelo de criação com base no trabalho colaborativo é identificado na obra de diferentes grupos de pesquisa, como a companhia francesa *Adrien M & Claire B* (<http://www.am-cb.net>), o grupo taiwanês *Anarchy Dance Theatre*

(<http://anarchydancetheatre.org/en>) – que colabora com o estudo *Ultra Combos* (<http://www.ultracombo.com>) – ou em grupos de pesquisa, como o *Poéticas Tecnológicas: corpoaudiovisual* (<http://poeticastecnologicas.com.br/>), da Universidade Federal da Bahia.

Neste trabalho, apresentamos a concepção, desenvolvimento e validação do *Multi Control*, um sistema de baixo custo, desenvolvido com base na plataforma de prototipagem Arduino, projetado com interfaces de potência para acionamento de diferentes dispositivos alimentados com tensão contínua ou alternada com objetivo de facilitar a conexão de equipamentos tais como: ventiladores, máquina de fumaça, lâmpadas, fitas de leds, aquecedores, motores elétricos, amplificadores de áudio, entre outros. Para analisar o funcionamento e a usabilidade do sistema *Multi Control* com artistas em práticas de criação e experimentação, elaborou-se uma instalação imersiva/interativa com uso da Realidade Virtual (RV), com vistas a explorar aspectos multissensoriais. Por meio da integração de interfaces ao corpo, como por exemplo o uso dos óculos VR, os sistemas de RV possibilitam a imersão e a interação de um ou mais usuários em ambientes tridimensionais e dinâmicos gerados computacionalmente, colocando em questão a noção de presença.

## **1.2 Questão da pesquisa**

De acordo com o contexto discutido anteriormente, a questão central de nossa pesquisa é:

*Até que ponto e de que maneira o Multi Control contribui para criação e experimentação de instalações multissensoriais? Neste sentido, que tipo de entradas e saídas são necessárias para possibilitar um ambiente imersivo/interativo?*

## **1.3 Método**

Ao longo da pesquisa, adotamos o design participativo (DIX et al., 2004; SHNEIDERMAN; PLAISANT, 2009) como abordagem metodológica, realizando um experimento com a colaboração da professora Dra. Venise Paschoal de Melo responsável pela disciplina Oficina Arte e Tecnologias Contemporâneas e quatro alunos do Curso de Bacharelado

em Artes Visuais da UFMS. A colaboração ocorreu durante aproximadamente 48 horas, ao longo de dois meses, com encontros semanais regulares realizados as terças e sextas feiras, das 8:15 às 11:15 horas, no Laboratório de Informática do Departamento de Artes Visuais.

Através do método iterativo (SOMMERVILLE, 2011) realizou-se a análise de protótipos (WARFEL, 2009), seções de *brainstorming* (WILSON, 2013) e discussões em grupo (FLICK, 2009). A pesquisa foi dividida em quatro etapas: (1) imersão/entendimento do problema, (2) prototipação e design da solução, (3) criação e experimentação de uma instalação imersiva/interativa, (4) design do ambiente virtual. A imersão envolveu a realização do *Workshop Colaborativo: fazendo Arte com Arduino*, no qual ocorreram as primeiras experimentações e discussões com artistas colaboradores. O design de solução teve três ciclos de prototipação e foi fortemente influenciado pelas ideias da concepção de uma obra, a qual denominamos *Sentiendum*, expressão utilizada pelo filósofo francês Gilles Deleuze, a qual denota aquilo que permite criar novos *afectos*, *perceptos* e outros devires (DELEUZE, 1974). Em *Sentiendum*, buscamos analisar as possibilidades e limitações do sistema desenvolvido, além de avaliar a percepção, sensibilização e quais aspectos poéticos da Realidade Virtual podem vir a emergir a partir do ambiente imersivo/interativo desenvolvido. O design do ambiente virtual e inserção de elementos audiovisuais foram implementados no *Unity 3D*.

#### **1.4 Organização da dissertação**

Os próximos capítulos estão organizados da seguinte forma: no *Capítulo 2* discorreremos sobre a plataforma de prototipagem Arduino (OXER E BLEMINES, 2009; MCROBERTS, 2011) descrevendo hardware, software, tipos e características elétricas, apresentando os principais módulos e componentes eletrônicos necessários para o desenvolvimento do *Multi Control*.

No *Capítulo 3*, apresentamos uma Revisão de Literatura relacionada à produção artística sobre os sistemas artísticos imersivos, com foco na Arte Interativa e Realidade Virtual, apontando as principais características, métodos de controle, aspectos históricos e conceituais (IJSELSTEIJN E RIVA, 2003; RETTIE, 2004; VAN DEN HOOGEN ET ALL., 2009), além de

refletirmos sobre os seus diferentes modelos (ERMI E MÄYRÄ, 2005) e experiências imersivas e interativas (KITSON; PRPA; RIECKE, 2018).

Abordamos no *Capítulo 4*, sobre os aspectos conceituais, principais características e sensações que surgem a partir das inter-relações corporificadas (*embodiment*) entre corpo, artefatos e ambiente (LAKOFF E JOHNSON, 1999), fundamentado em uma abordagem enativa para percepção (NOË, 2004), destacamos os processos cognitivos e inconscientes que se estruturam no corpo a partir das interações sensório-motoras (TAPIA, 2012), e das constantes trocas de informações com o ambiente (SANTANA, 2006).

Descrevemos detalhadamente no *Capítulo 5* o processo criativo, assim como todo percurso metodológico, estruturado para que fossem alcançados nossos objetivos, no qual definimos os critérios utilizados para escolha do método de pesquisa. No *Capítulo 6* apresentamos o *Multi Control*, suas características técnicas e descrição do princípio de funcionamento, além de descrevermos detalhadamente sobre processo de construção e, por fim, no *Capítulo 7*, apresentamos nossas reflexões finais a partir do cenário delineado pela pesquisa, revelando outras perspectivas de investigações na área.

## 2 CAPÍTULO

### ARDUINO: DAS CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS AS APLICAÇÕES NA ARTE COMPUTACIONAL

Este capítulo aborda os aspectos históricos, conceituais e as características elétricas da placa de prototipagem Arduino UNO R3, principal componente do *Multi Control*. Apresentamos diagramas e esquemas eletrônicos através do layout da placa do processador, descrevendo os principais recursos e funções do microcontrolador ATmega328.

Discorreremos sobre algumas pesquisas e aplicações do uso da plataforma Arduino na Arte computacional, cujos processos de criação envolvem a utilização de elementos eletrônicos e microcontrolados, experimentações com possíveis hibridizações e interações com o uso da plataforma Arduino.

#### 2.1 Aspectos conceituais e históricos

O Arduino é uma plataforma de prototipagem de circuitos eletrônicos analógicos e digitais, composto por um microcontrolador Atmel AVR e um ambiente de programação baseado em *Wiring* e C++. A IDE (*Integrated Development Environment*) Arduino foi baseada no software *processing*, com uma camada de pós processamento que adiciona e simplifica funcionalidades (BUECHLEY et. al., 2008). Essa Linguagem foi desenvolvida no MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), e está disponibilizada sobre a licença GPL (*General Public License*) e LGPL (*GNU Lesser General Public License*), sendo completamente *open source* e multiplataforma, podendo ser utilizada nos sistemas *Windows*, *Linux* e *MAC OS*. O *Processing* foi desenvolvido inicialmente para facilitar o uso de programação por artistas e ensinar programação de forma simples e interface de programação amigável, o que contribui para utilização de milhões de pessoas em diversas aplicações à produção de softwares (REAS; FRY, 2007).

Devido a sua estrutura física, é possível a interligação de modo ágil, de diferentes tipos de sensores (temperatura, pressão, aceleração, ultrassônico, magnéticos, entre outros) e atuadores

(motores DC (*Direct Current*), servo motores, motores de passo, relés, válvulas, LEDs (*Light-Emitting Diode*), entre outros), os quais podem ser controlados através do acesso aos GPIO's (*General-purpose input/output* – Entradas e saídas de propósito geral) configuráveis para controle e processamento de dados específicos (MCROBERTS, 2011).

Com o processo de difusão dos microcontroladores, o Arduino também passa a integrar o conceito de *hardware* e *software* livre, oferecendo todas as informações necessárias para replicar o projeto, como diagrama do circuito eletrônico e *layout* da placa de circuito impresso, permitindo desse modo a construção de placas clones compatíveis com a placa original.

O Arduino foi concebido em 2005 na cidade de Ivrea na Itália, no *Interaction Design Institute*, por Massimo Banzi e seu aluno David Mellis, os quais, reunidos com os professores David Cuarielles e Gianluca Martino, da Universidade de Malmö, Suíça, implementaram o projeto da placa e do ambiente de desenvolvimento (EVANS, NOMLE e HOCHENBAUM, 2013).

Com o passar dos anos, outras variantes do Arduino também foram desenvolvidas, tais como Mini, Nano, LilyPad, Mega, entre outros.

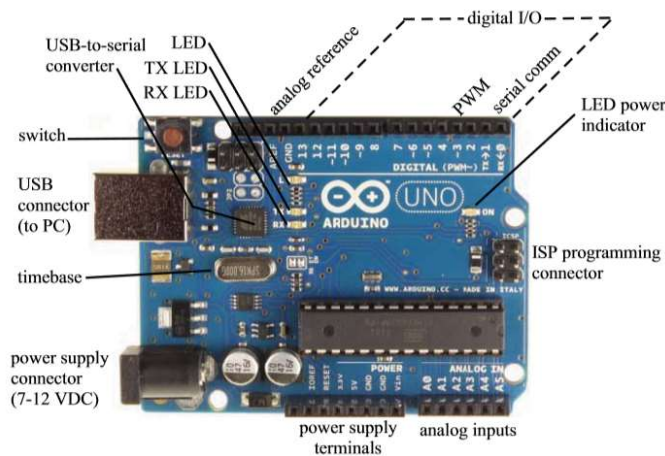
## 2.2 Explorando a placa Arduino UNO

Uma das principais placas de processamento do Arduino é a UNO R3 (Figura 1). Observando no sentido horário a partir da esquerda, a placa está equipada com um conector USB (*Universal Serial Bus*) para permitir a programação e comunicação do microcontrolador a partir de um PC (*Personal Computer*), contendo um conversor USB-para-serial para permitir compatibilidade entre o PC e os sistemas de comunicação serial no processador ATmega328. O UNO R3 também é equipado com vários LEDs de montagem em superfície ou SMDs (*Surface Mount Device*) para indicar transmissão serial (TX) e recepção (RX).

A placa também possui um botão de *reset*, o qual tem a função de reiniciar a programação no instante em que for pressionado. O LED SMD interligado ao pino 13 pode ser utilizado para verificação o *sketch Blink*, por exemplo, o qual irá oscilar no intervalo de tempo de um segundo.

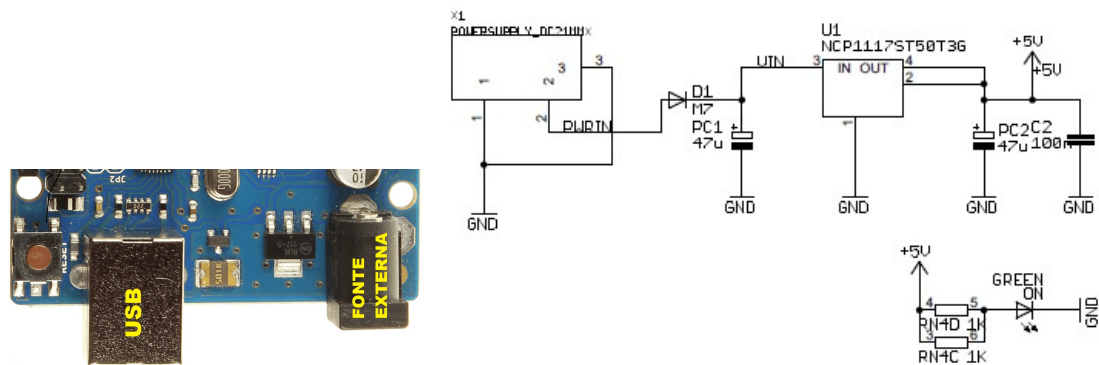


O circuito fornece acesso a um sinal de referência analógico, sinais de PWM (*Pulse Width Modulation*), entrada / saída digital (E / S) e comunicações seriais. O sistema conversor analógico para digital (*Analog-Digital Converter* - ADC) e terminais de fonte de alimentação. Finalmente, o conector da fonte de alimentação externa é fornecido no canto inferior esquerdo da placa. Apresentamos na Figura 1 um breve resumo dos recursos do Arduino UNO R3:



**Figura 1:** Arduino UNO R3 – Principal placa da plataforma Arduino, com o microcontrolador ATmega328 (BARRETT, 2013, p. 4)

A conexão com o computador pela porta USB, apresentada na Figura 2, fornece a tensão de 5V para alimentação e testes de circuitos. Também possui um conector para alimentação externa, onde o valor de tensão deve estar entre os limites de 6V a 20V, contudo, recomenda-se usar tensões de fontes externas com valores variando entre 7V e 12V, para evitar sobreaquecimento dos reguladores de tensão que podem danificar o microcontrolador.

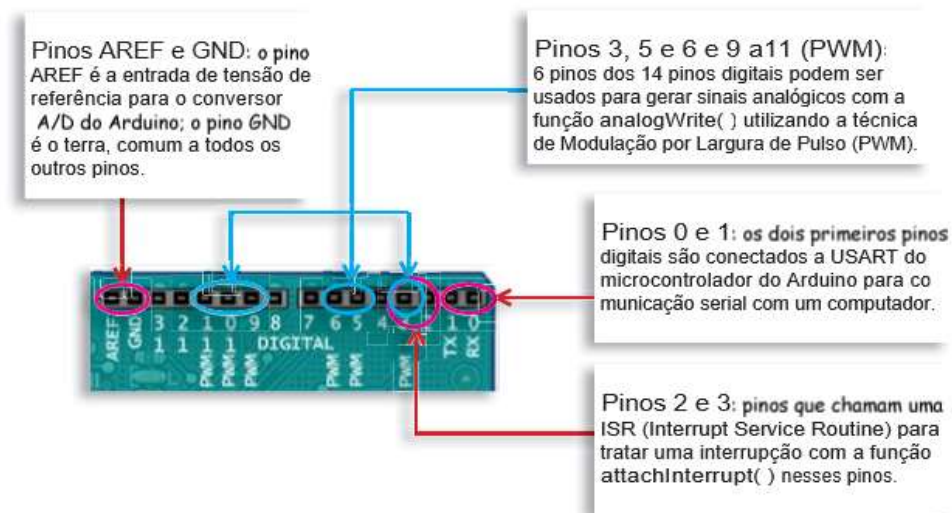


**Figura 2:** A esquerda: Conectores para entrada de alimentação da placa Arduino UNO, Circuito eletrônico de estabilização dos níveis de tensão de entrada<sup>1</sup>

O CI (*Integrated Circuit*) regulador de tensão utilizado na placa para regular a tensão é o NCP1117. A placa também possui um regulador de tensão de 3,3V, através do CI LP2985, é fornecido uma tensão de 3,3V estabilizado, que pode ser utilizado para alimentação de sensores que necessitem do respectivo valor de tensão.

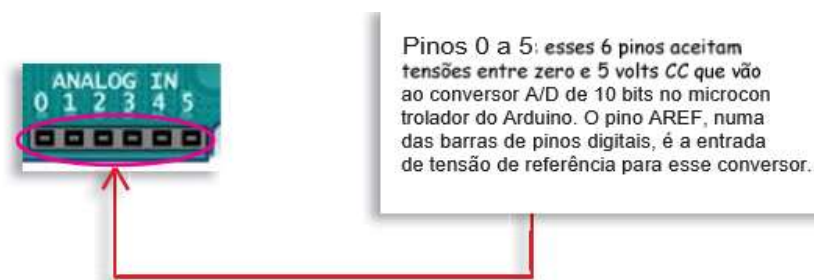
O Arduino UNO R3 possui 14 pinos configuráveis como entradas ou saídas digitais, e que podem ser utilizados através de duas barras de 8 pinos. Os pinos encontram-se enumerados de 0 a 13, impressos no *overlay* da placa da direita para a esquerda, conforme mostra a Figura 3:

<sup>1</sup> . Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/arduino-uno/> Acesso em: 18/09/2019



**Figura 3:** Portas de entradas e saídas de suas funções (SILVEIRA, 2011, p. 13)

Para leitura de sinais analógicos, o sistema possui uma barra de seis pinos localizada do lado oposto às barras dos pinos digitais e enumeradas no *overlay* da placa de 0 a 5. Esses pinos são utilizados para leituras de sinais analógicos de sensores com tensões entre 0 a 5 V, como mostra a Figura 4:



**Figura 4:** Pinos analógicos do Arduino UNO (SILVEIRA, 2011, p. 15)

Outro ponto a ser destacado é que a corrente máxima por pino é de 40mA, mas a soma da corrente de todo o CI não pode ultrapassar 200mA. Ele possui um oscilador interno de 32kHz que pode ser utilizado, por exemplo, em situações de baixo consumo. Por essa razão, para acionamentos

de dispositivos eletroeletrônicos com corrente elétrica acima dos nominais, é necessário o uso de interfaces de potência, tais como relés ou transistores de potência.

Os microcontroladores geralmente precisam trocar dados com outros microcontroladores ou dispositivos periféricos, para tanto, faz-se necessário o uso de interfaces de comunicação, as quais ampliam as possibilidades de uso, com base na troca de dados entre uma placa de processamento do Arduino e dispositivos de entrada, dispositivos de saída ou até mesmo entre outros microcontroladores.

O ambiente de desenvolvimento do Arduino disponibiliza interfaces de comunicação, tais como o Receptor e Transmissor Serial Síncrono e Assíncrono Universal (*Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter* -USART), a interface periférica serial (*Serial Peripheral Interface* - SPI) e a interface de dois fios (*Two-Wire Interface* - TWI).

### **2.3 Arduino e Arte computacional: aproximações possíveis**

A plataforma Arduino ao longo dos anos tem revelado a pluralidade de formas e possibilidades de seu uso de modo criativo em diferentes contextos, sobretudo no âmbito da pesquisa em Arte Computacional.

No Brasil, o Laboratório de Arte Computacional da Escola de Belas Artes da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), tem se constituído de um espaço de Ensino, Pesquisa e Extensão, o qual possui um histórico de formação diretamente associado ao grupo de pesquisa 1maginari0<sup>2</sup>, e que tem produzido de forma interdisciplinar obras, trabalhos e pesquisas no âmbito da Arte e Tecnologia, onde alguns desses trabalhos envolveram o uso da plataforma Arduino

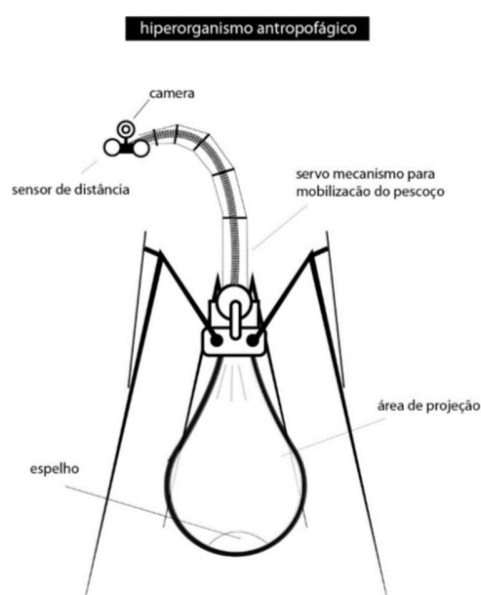
Ainda nesse contexto, o Laboratório NANO também tem desenvolvido projetos artísticos, cujos processos de alguma forma, envolvem elementos orgânicos naturais, experimentações com possíveis hibridizações e interações com uso de dispositivos eletrônicos e microcontroladores.

---

<sup>2</sup> Disponível em:< <http://www.1maginari0.art.br/>>. Acesso em: 01/11/2019.

### 2.3.1 HA. Hiperorganismo Antropofágico

H.A., acrônimo para “Hiperorganismo” (NÓBREGA, 2009) Antropofágico, trata-se de um mecanismo robótico que capturava imagens, movimentos, ações na forma de dados, tratando esta informação e a reproduzindo em seu corpo na forma de imagens e sons.



**Figura 5:** A) Esquema original do HA. Desenho: Guto Nóbrega. B) Sua concepção final apresentada na performance telemática Frágil (2011), concebida por Ivani Santana<sup>3</sup>. Foto: Guto Nóbrega (NÓBREGA; FRAGOSO, 2015, p. 156-157).

---

<sup>3</sup> Mostra realizada no Museu de Arte Moderna do Rio de Janeiro, durante o evento Desafios da Arte em Rede, que precedeu o Festival Internacional de Cultura Digital do Rio de Janeiro, organizado pelo Ministério da Cultura do Brasil. Frágil foi um dos frutos do projeto *Laboratorium* Mapa D2, proposto e coordenado pela Profa. Dra. Ivani Santana, da Universidade Federal da Bahia, o qual envolveu diversos grupos de pesquisa de instituições acadêmicas nacionais, entre os quais figuram o: NANO/ UFRJ, Telemídia/PUC RJ, GP Poética/UFBA, Computação/ UFBA, LPCA e Grupo de Pesquisa Computacional/UFC, e LAVID/UFPB.

As funções automatizadas desse robô eram coordenadas por um microcontrolador do tipo Arduino, associado a um módulo para transmissão de dados sem fio por rádio frequência. Variações de som recebidas pela internet eram enviadas para uma interface vestível que externalizava os dados através de 4 micromotores (atuadores) que vibravam e estimulavam o dançarino em quatro diferentes partes do corpo. Em Frágil, o H.A. pôde promover a sensação de que começaria a se mover ao redor junto com os interatores. O ambiente telemático possibilitou o envolvimento dos dançarinos e conectou, em vários níveis, as ações entre o Rio de Janeiro e Fortaleza.

### **2.3.2 *Petting Zoo*: Criaturas artificiais projetadas para aprender e explorar**

Criado pelo estúdio de arquitetura e design experimental *Minimaforms*, com sede em Londres, este projeto é um ambiente robótico especulativo e realista que levanta questões sobre como os ambientes futuros podem ativar novas formas de comunicação. As criaturas inteligentes artificiais foram projetadas com a capacidade de aprender e explorar comportamentos através da interação com os participantes.



**Figura 6:** *Petting Zoo* e interator<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Disponível em: <http://arduinoarts.com/2014/05/9-amazing-projects-where-arduino-art-meet/> Acesso em: 29/09/2019.

O rastreamento da presença dos participantes no espaço físico é realizado pelo sistema através do Kinect e da digitalização de dados com o Arduino. Os fluxos de câmera em tempo real são processados e acoplados ao rastreamento de análise de fluxo óptico para localizar posições e atividades gestuais dos participantes, promovendo o acionamento dos motores que movimentam os tentáculos da criatura.

### **2.3.3 *Constellation*: Comportamento emergente intrincado usando blocos de construção autônomos**

A obra *Constellation* teve como um dos objetivos provocar diferentes comportamentos, com base na percepção visual e sensorial dos interatores, através de blocos de construção muito simples e autônomos, apresentados na Figura 10:



**Figura 7: *Constellation***<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> Disponível em: <<http://www.creativeapplications.net/arduino-2/constellation-intricate-emergent-behaviour-using-autonomous-building-blocks/>> Acesso em: 28/09/2019



O principal componente da instalação/experiência do *Constellation* eram pequenos tetraedros, formados a vácuo. No interior, havia eletrônicos feitos sob medida, acionados pelo microcontrolador ATtiny24A, cuja programação é realizada com o auxílio de uma placa de Arduino. O ATtiny24A trabalha com tensões de 1,8V, consumindo conseqüentemente pequenos níveis de corrente, além de possuir pinos de E/S suficientes para a aplicação. Para detecção de luz, foram utilizados três foto resistores, cada um apontando para a face correspondente e a mesma quantidade de LEDs SMD foram usados para produzir o efeito luminoso. Além disso, eles adicionaram uma pequena campainha fazendo barulho junto com o piscar dos LEDs. Quanto à fonte de alimentação, duas baterias CRC2032 foram usadas, onde a otimização de alto consumo de energia foi reduzida através da utilização do *watchdog timer* do microcontrolador.

O princípio de funcionamento é simples: se o tetraedro detecta uma mudança repentina da intensidade da luz (causada, por exemplo, por sombras ou uma lanterna), o circuito pisca por um curto período de tempo com atraso fixo, além de emitir um som. Quando existem outros tetraedros por perto, eles podem captar essa luz e passar o estímulo adiante produzindo uma onda de luz. Os padrões de alto nível são construídos com base nessa regra simples e são modelados pelos participantes que brincam com a instalação, consistindo em 400 tetraedros piscantes. Como resultado, a forma da *Constelação* evoluiu e se ramificou durante a noite, dependendo do esforço colaborativo de todo o público.

Neste capítulo abordamos os aspectos históricos, conceituais e as características elétricas e diagramas da placa de prototipagem Arduino. Apresentamos também alguns grupos de pesquisas e trabalhos no âmbito da Arte Computacional cujos processos de criação envolveram a utilização de elementos eletrônicos e microcontrolados, experimentações com possíveis hibridizações e interações com o uso da plataforma Arduino. Esses aspectos são fundamentais para compreensão e implementação do nosso projeto.



No próximo capítulo discorreremos sobre *Realidade Virtual, Imersão e Interatividade*, uma vez que nossa pesquisa pretende desenvolver um experimento prático nesse campo, com uso do *Multi Control*.

### 3 CAPÍTULO

## REALIDADE VIRTUAL, IMERSÃO E INTERATIVIDADE: HISTÓRIA, CONCEITOS E TENDÊNCIAS

Uma vez que nossa pesquisa pretende desenvolver um experimento prático com o uso do *Multi Control*, buscamos neste capítulo apresentar reflexões relacionadas à Realidade Virtual (RV), seus aspectos históricos e conceituais, sua evolução e diferentes formas de aplicações na contemporaneidade. Acreditamos que as constantes inovações científicas e tecnológicas possibilitam que os artistas explorem novas formas e métodos de criação. A compreensão do percurso histórico poderá contribuir com outros olhares sobre as práticas criativas e inovadoras com uso de recursos tecnológicos e culturais disponíveis.

Abordaremos os principais aspectos conceituais sobre imersão e interação, fundamentais para nossa compreensão do relacionamento entre o usuário e o ambiente virtual, promovendo desse modo reflexões próprias da noção de estar no contexto de tais ambientes simulados

Ao analisarmos o que está posto na literatura, procuramos classificar cuidadosamente os diferentes tipos de experiências imersivas e interativas aplicadas no âmbito da RV. Ao considerarmos que as tecnologias podem ser corporificadas por suas habilidades, sendo capazes de modificar os fatores cognitivos que regulam e modificam a experiência do corpo e do espaço, buscaremos aprofundar essa discussão no Capítulo 4.

#### 3.1 Realidade virtual e artes: essências históricas

Registros históricos apontam que o surgimento da RV data de 1935, quando o escritor estadunidense Stanley Weinbaum (1902-1935) apresentou o espetáculo de ficção científica *Pygmalion*. O personagem principal da história usava um par de óculos de proteção que o transporta para um mundo fictício que estimulava seus sentidos utilizando para isso gravações holográficas. Alguns consideram que essa é a origem do conceito de Realidade Virtual, já que essa história foi uma boa previsão dos objetivos e conquistas futuras.

Os primeiros desenvolvimentos técnicos de RV ocorreram na década de 1950. Em 1956 o diretor de fotografia Morton Heilig (1926-1997) criou o Sensorama<sup>6</sup>, a primeira máquina de RV (patenteada em 1962). Era um grande estande que podia acomodar até quatro pessoas de cada vez. Ele combinou várias tecnologias para estimular todos os sentidos: havia vídeo, áudio, vibrações, cheiros e efeitos atmosféricos combinados, como o vento. Isso foi feito usando produtores de perfume, uma cadeira vibratória, alto-falantes estéreo e uma tela estereoscópica. Heilig pensava que o Sensorama era o "cinema do futuro" e queria mergulhar completamente as pessoas em seus filmes, conforme nos mostra a Figura 8:



**Figura 8:** O sensorama (máquina de realidade virtual)

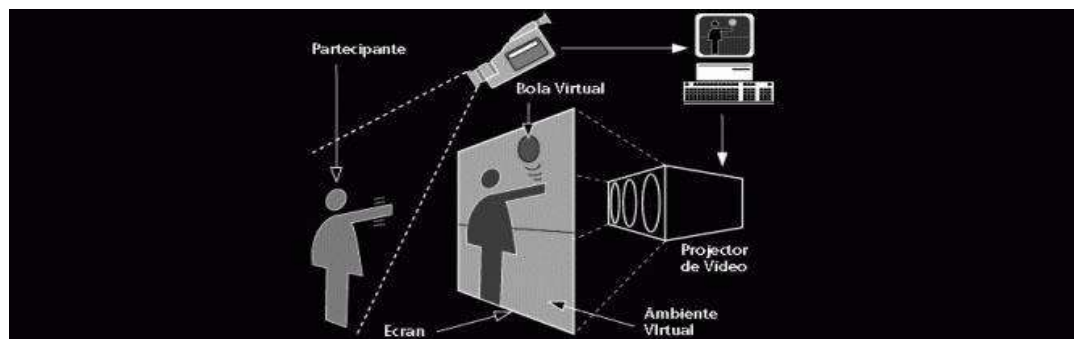
Nesse caminho, mais precisamente em 1965, Ivan Sutherland, um cientista da computação, apresentou sua visão do *Ultimate Display*. O conceito era de um mundo virtual visto através de um *Head-Mounted-display* (HMD) que reproduziria a realidade tão bem que o usuário não seria capaz

---

<sup>6</sup> Disponível em < <https://virtualspeech.com/blog/history-of-vr> > Acesso em: 01/06/2019.

de se diferenciar da realidade real. Isso possibilitaria o usuário ser capaz de interagir com objetos. Esse conceito apresentava hardware de computador para formar o mundo virtual e mantê-lo funcionando em tempo real. Seu trabalho é visto como o modelo fundamental para a realidade virtual.

Quatro anos depois, em 1969, Myron Krueger, um artista digital americano, desenvolveu uma sucessão de experiências de "realidade artificial" usando computadores e sistemas de vídeo. Ele criou ambientes gerados por meio do uso do computador, os quais respondiam às pessoas que interagiam com o sistema. Krueger prossegue com seus estudos e, em 1975, cria o VIDEOPLACE<sup>7</sup>, a primeira plataforma de RV interativa, a qual foi exibida no *Milwaukee Art Center*. A plataforma utilizou computação gráfica, projetores, câmeras de vídeo, telas de vídeo e tecnologia de detecção de posição e não usava óculos de proteção ou luvas. VIDEOPLACE<sup>8</sup> consistia em salas com grandes telas de vídeo para proporcionar ao usuário a sensação de imersão em RV, conforme apresentamos na Figura 9:



**Figura 9:** Estrutura do VIDEOPLACE

---

<sup>7</sup> Disponível em: <<https://virtualspeech.com/blog/history-of-vr>> Acesso em: 01/06/2019.

<sup>8</sup> Disponível em: <<https://virtualspeech.com/blog/history-of-vr>> Acesso em: 01/06/2019.

O projeto acima encorajou a ideia de que as pessoas pudessem se comunicar dentro de um mundo virtual, mesmo que não fossem fisicamente próximas. Dez anos depois, em 1985, os estadunidenses Jaron Lanier e Thomas Zimmerman fundaram a *VPL Research, Inc*<sup>9</sup>. Esta empresa é conhecida como a primeira empresa a vender óculos e luvas RV.

Em 1991, Antônio Medina, um cientista da NASA, projetou um sistema de RV para conduzir em tempo real, e estando na terra, os robôs enviados para Marte, apesar dos atrasos nos sinais entre os planetas. Este sistema foi chamado de "Tele operação simulada por computador", e era composto por máquinas de RV nas quais os jogadores podiam jogar em um mundo de jogos em 3D. Este foi o primeiro sistema de entretenimento de realidade virtual produzido em massa, e incluía fones de ouvido de realidade virtual e imagens 3D estereoscópicas imersivas em tempo real. Algumas das máquinas podiam ser conectadas em rede para jogos *multi-player*.



**Figura 10:** Tele operação simulada por computador

Nesse contexto, empresas de entretenimento, como a Nintendo, lança em 1995 o console *Virtual Boy*, que consistiam de videogames 3D monocromáticos. Foi o primeiro console portátil a exibir gráficos 3D. Mas foi um fracasso comercial devido à ausência de gráficos coloridos, falta de

---

<sup>9</sup> Disponível em: <<https://virtualspeech.com/blog/history-of-vr>> Acesso em: 01/06/2019.

suporte de software, além de não ser confortável de usar. Por essas razões, um ano depois, foi descontinuado.

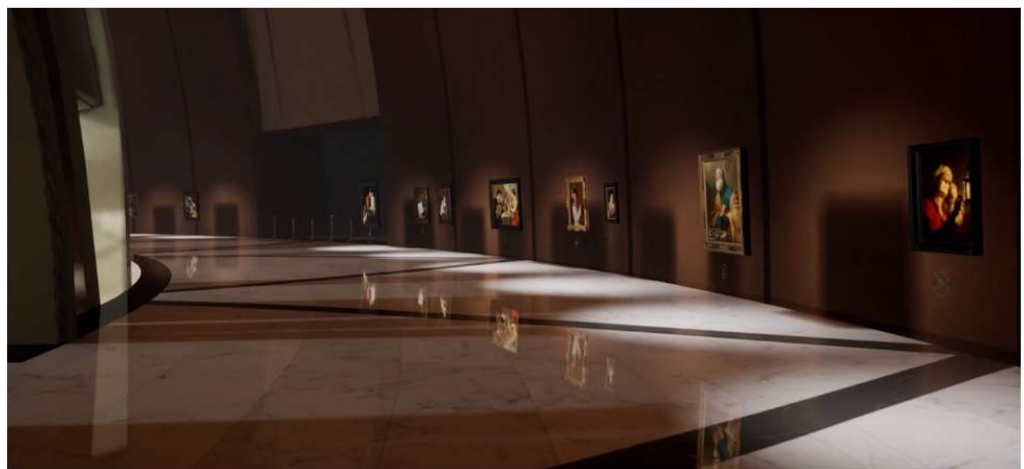
As ideias quanto ao uso da RV passaram por uma zona de silêncio até que, em 2010, a Google, através de Palmer Luckey, um empreendedor de 18 anos, desenvolve o primeiro protótipo do fone *Oculus Rift*. Ele apresentava um campo de visão de 90 graus que nunca havia sido visto antes, e dependia da capacidade de processamento de um computador para fornecer as imagens. Este novo desenvolvimento impulsionou e atualizou o interesse em RV, de modo que em 2016, centenas de empresas estavam desenvolvendo produtos de RV.

A maioria dos fones de ouvido tinham áudio binaural dinâmico. Sistemas conhecidos como *Interfaces haptic* permitiram que os usuários pudessem interagir com um computador usando seus toques e movimentos - como as luvas *Gloveone* que estavam sendo desenvolvidas. O *HTC VIVE* *SteamVR* foi o primeiro lançamento comercial de um fone de ouvido com rastreamento baseado em sensor que permitia aos usuários se mover livremente em um espaço, conforme demonstramos na Figura 11:



**Figura 11:** Interfaces *haptic*

No final de outubro de 2017, em um evento exclusivo na *Sotheby's New York*, anunciou o lançamento do Museu *Kremer*<sup>10</sup>, um conceito inovador que combina tecnologia de ponta com obras-primas de classe mundial. Projetado pelo arquiteto Johan Van Lierop, fundador da *Architales* e diretor do *Studio Libeskind*, o museu apresenta 74 pinturas de mestres holandeses e flamengos da coleção e será acessível exclusivamente através da Realidade Virtual.



**Figura 12:** Obras exibidas no Museu Kremer

Para a criação do museu, cada pintura foi fotografada entre 2.500 e 3.500 vezes usando a técnica de *fotogrametria* para construir um modelo visual de alta resolução para cada pintura, permitindo aos visitantes do museu desfrutar de uma experiência profundamente imersiva com as pinturas. Usando tecnologia RV, os visitantes puderam examinar de perto a superfície e as cores das obras de arte, bem como visualizar o verso das pinturas para explorar os carimbos de proveniência exclusivos de cada obra (KOEDEL, 2017).

---

<sup>10</sup> Disponível em: <<http://www.thekremercollection.com/the-kremer-museum/>> Acesso em: 01/06/2019.

Todo o percurso histórico descrito denota um campo promissor a ser explorado, contudo, percebemos que a RV ainda se constitui de uma tecnologia de alto custo e, por esse motivo, precisamos encontrar opções de baixo custo disponíveis no mercado, tais como *Samsung Gear VR*, *Google Daydream*, *Google Cardboard*<sup>11</sup>, *XIAOMI VR* e *VR BOX*, e após analisarmos os aspectos funcionais, optamos em utilizar o *VR BOX*, pois além de atender aos objetivos do nosso estudo, possibilita o acoplamento de uma maior variedade de dispositivos móveis.

### **3.2 Realidade Virtual: uma abordagem conceitual**

O termo Realidade Virtual é bastante abrangente, por essa razão, acadêmicos, desenvolvedores de software e pesquisadores procuram definir RV baseados em suas próprias experiências. Em geral, RV refere-se a uma experiência interativa e imersiva baseada em imagens gráficas tridimensionais geradas em tempo real por computador (PIMENTEL, 1995). Ainda neste mesmo contexto, RV pode ser definida como “um ambiente artificial imersivo, experimentado através de estímulos sensoriais tecnologicamente simulados. Além disso, as ações de uma pessoa têm o potencial de moldar esse ambiente em vários graus” (SERAFIN et al., 2016, p. 22). Para Burdea (2003) a RV é uma interface humano-computador de alto nível que envolve simulações em tempo real e interações através de variados canais sensoriais.

De acordo com os trabalhos de Botega e Cruvinel (2009) no Brasil, um dos primeiros grupos de pesquisa em RV foi organizado no Departamento de Computação da Universidade Federal de São Carlos (DCIUFGSCar), criado em outubro de 1995 (KIRNER, 1995). Seu principal projeto, denominado AVVIC-PROTEM-CC, baseou-se na criação de um ambiente e aplicações de pesquisa de RV distribuída, provendo melhorias nas condições de visualização interativa e compartilhada em ambiente colaborativo. Neste âmbito, encontram-se na literatura da área trabalhos desenvolvidos que contribuíram para a popularização das técnicas e dispositivos de RV no País,

---

<sup>11</sup> Disponível em:< [https://pt.wikipedia.org/wiki/Google\\_Cardboard](https://pt.wikipedia.org/wiki/Google_Cardboard)> Acesso em 04/11/2019.



tais como: “Especificação e análise de um sistema distribuído de Realidade Virtual” (ARAÚJO, 1996), “Ambiente virtual interativo tridimensional” (IPOLITO, 1997) e “Suporte virtual para ensino a distância” (KUBO, 1997).

Nesta dissertação, a abordagem conceitual que mais se aproxima de nossa proposta, define que a RV é uma área que integra tecnologias para criar um ambiente artificial que oferece uma capacidade de interação com o indivíduo, buscando recriar ao máximo a sensação de realidade, integrando sentidos humanos (como visão, audição e tato) ao ambiente, oferecendo estímulos multissensoriais aos seus usuários (ROSEMBLUM, 1998). Através das técnicas de RV é possível a criação de ambientes tridimensionais interativos (ambientes virtuais), que podem contar com interação com dispositivos especiais para a comunicação de estímulos multissensoriais ao usuário (SANTOS, 2010).

Segundo Araújo (1996), em geral, a RV pode ser classificada da seguinte forma: *tele colaboração*, *tele presença* e *visualização científica 3-D*. Sistemas de *tele colaboração* permitem aos usuários compartilhar um mesmo espaço e manipular objetos, sentindo o peso dos mesmos por meio de dispositivos de feedback. Um sistema de *tele presença*, ou *tele existência*, estende as capacidades sensoriais de um usuário humano, bem como a suas habilidades de solução de problemas, para um ambiente remoto, e é desse modo que projetamos a ideia do ambiente virtual em *Sentiendum*. Já a *visualização científica 3-D* permite que grandes quantidades de dados gerados por simulações computacionais sejam traduzidas em representações visuais tridimensionais no qual os dados podem ser renderizados como pontos, linhas, curvas, superfícies, volumes, cores e mesmo como sons.

Neste sentido, a RV vem sendo aplicada em diversos contextos, de modo amplo em diferentes áreas do conhecimento. Novas aplicações surgem constantemente devido a requisições mercadológicas e como forma de atender às necessidades de explorações tecnológicas. Estas aplicações são concebidas com diversos objetivos, tais como: entretenimento, ensino e treinamento, artes entre outros.

Uma das aplicações que subsiste como um mercado substancial e tem impulsionado cada vez mais o desenvolvimento de novas tecnologias é a *RV para entretenimento*. Os ricos processos de interação e a imersão tridimensional e sinestésica tornam os ambientes virtuais férteis para a diversão dos usuários, é o caso das pesquisas de Gonçalves (2015), nas quais é realizado um paralelo entre novas e recentes tecnologias imersivas analisando quais características tornam os videogames atraentes, discutindo os laços existentes entre o jogador e os mundos interativos.

A RV também pode ser utilizada para *visualização dos dados*, onde a informação é uma técnica interativa que transforma dados abstratos em uma representação visual que possa ser compreendida por um usuário, podendo ser utilizada em tarefas como identificação, consulta, exploração e comunicação (SANTOS, 2010).

Devido as constantes buscas por novas metodologias que proporcionem o prazer em aprender, a *RV para ensino e treinamento* também passa a ser explorada, como mais uma ferramenta capaz de contribuir nos processos de construção do conhecimento, onde as novas tecnologias assumem um importante papel neste contexto. Nessa perspectiva identificamos na literatura discussões relacionadas a utilização de simuladores computacionais em RV para o ensino e treinamento de procedimentos médicos em ginecologia (SANTOS, 2010), pesquisas relacionadas à aplicação da RV no ensino de Artes (SUN; CHAN; MENG, 2010; CHAOSHUN, 2010).

Quanto a *RV nas artes*, gostaríamos de destacar um dos experimentos cênicos desenvolvidos no âmbito do Laboratório Dança-Cognição-Tecnologia [Lab DCT], especialmente o Módulo Experimental 2, o qual buscou propiciar uma experiência imersiva através de interface para realidade virtual. Os participantes utilizaram um óculos com *smartfone* que exibia uma imagem capturada por uma câmera que gravava em 360 graus:



**Figura 13:** Não-bailarino (Teo Cruz) utilizando óculos com imagem virtual em 360 graus em atuação com bailarino (Daniel Moura), Daniela Guimarães (com a imagem em 360 graus ao fundo simulando seu ponto de vista) e Beatriz Adeodato, as duas utilizando óculos e interagindo com o ambiente virtual. (SANTANA, 2016, p.37)

O experimento cênico propôs reflexões quanto a questão da alteridade por meio de experiências de subjetivação, colocando em xeque a noção de presença, propiciando aos participantes um confronto entre as sensações físicas e as percepções virtuais enquanto imersos no ambiente sintético.

### 3.3 Imersão e interatividade

O termo *imersão* tem sido discutido e usado por pesquisadores no campo da tecnologia há décadas, mas parece haver ainda há uma falta de clareza quanto aos aspectos conceituais, porque o termo também é amplamente usado para descrever experiências em jogos (BROWN e CAIRN, 2004; ERMI e MÄYRÄ, 2005 ), pinturas (GARAU, 2003), literatura (NELL, 1988) e cinema (BAZIN, 1967). Definir imersão é fundamental para nossa compreensão do relacionamento entre o usuário e o ambiente virtual, porque aborda a própria noção de estar no contexto de tais ambientes simulados (GRIMSHAW, 2013). Além disso, sem uma definição clara do conceito, os resultados podem ser não interpretáveis. Alguns pesquisadores, particularmente no campo dos jogos, veem a imersão como facetas diferentes: imersão sensorio-motora, imersão cognitiva, imersão emocional e imersão espacial (BJORK e HOLOPAINEN, 2005). O modelo de imersão de Ermi e Mäyrä (2005) é composto por três componentes: sensorial, baseada em desafios e imaginativa. Esses

modelos de imersão parecem sugerir que a imersão é um processo psicológico. Neste estudo, consideramos que o processo psicológico e físico está imbricado, sendo indissociáveis, assim como razão e emoção ou corpo e mente.

Quanto a questão da interatividade, Steuer (1992) define como “a medida em que os usuários podem participar modificando a forma e o conteúdo de um ambiente mediado em tempo real” (p. 14). Rubio-Tamayo, Barrio e García definiram a interatividade como

[...] o potencial de receber informações do conjunto de nossos sentidos e de construir e configurar uma realidade alternativa ou simular a realidade. Além disso, é o potencial de influenciar (em tempo real) nos ambientes digitais, os objetos e a narrativa enquadrados nela (RUBIO-TAMAYO et al., 2017, p. 11).

Estas aplicações podem fornecer, de um certo ponto de vista, um fluxo bidirecional de informações entre o computador e o usuário. No entanto, eles não atendem à definição proposta por Rubio-Tamayo et al. (2017) como tendo o potencial de influenciar ambientes digitais, na qual o processo de interatividade é a construção da corporificação onde a cognição é moldada pelo corpo no ambiente (VARELA ET AL., 1992; MARKMAN E BRENDL, 2005). As tecnologias podem ser incorporadas por suas habilidades de modificar os fatores cognitivos que regulam a experiência do corpo e do espaço (RIVA ET AL., 2016).

Ao refletirmos sobre as experiências imersivas e interativas, achamos conveniente classificá-las do seguinte modo (KITSON; PRPA; RIECKE, 2018):

*Conscientização da respiração:* onde os dados de respiração dos usuários (ciclo inalar/exalar) podem ser registrados por meio de sensores de respiração ou até mesmo microfone. Esses dados são então empregados no design de interação através de *software* específico para os usuários se tornarem mais conscientes de seus processos corporais (DAVIES E HARRISON, 1996; SHAW ET AL., 2007; HINTERBERGER, 2011; VIDYARTHI, 2012; BAL, 2013; KITSON ET AL., 2014; PRPA ET AL., 2015, 2016, 2017; MUÑOZ ET AL., 2016) ou alcançar um estado de relaxamento (VAN ROOIJ ET AL., 2016).

*Concentração ou atenção focada:* neste caso, a conscientização dos usuários sobre o momento presente pode ser apoiada por meio do design que ajuda os usuários a trazer sua atenção de volta quando têm pensamentos perturbadores ou que possam atrapalhar o processo de interação/imersão. Isso pode ser conseguido por meio do *biofeedback* (SHAW ET AL., 2007; PRPA ET AL., 2015, 2016; AMORES ET AL., 2016; KOSUNEN ET AL., 2016; MUÑOZ ET AL., 2016) ou implicitamente por pistas visuais ou auditivas. (GU E FRASSON, 2017; NAVARRO-HARO ET AL., 2017).

*Conexão:* os usuários podem sentir um sentimento de pertencimento e relacionamento através da tele presença ou da comunicação (GARAU ET AL., 2003; ANGELINI ET AL., 2015; SAKAMOTO ET AL., 2015; SEABORN, 2016; BERNAL E MAES, 2017; QUESNEL E RIECKE, 2017).

*Expressão emocional:* as emoções dos usuários podem ser expressas através de mapeamentos audiovisuais, principalmente através da captura de marcadores fisiológicos como a excitação (BERNAL E MAES, 2017) e a alegria (HINTERBERGER, 2011).

*Feedback do desempenho:* os usuários recebem alguma forma de informação sobre seu desempenho. O feedback é dado como movimento de objetos no ambiente virtual (DAVIES E HARRISON, 1996; AMORES ET AL., 2016 ; KOSUNEN ET AL., 2016 ; DU PLESSIS, 2017 ), mudança visuais na imagem (SHAW ET AL., 2007 ; HINTERBERGER, 2011 ; BAL, 2013 ; CHOO, 2014 ; GROMALA ET AL., 2015 ; PRPA ET AL., 2015 , 2017 ; KOSUNEN ET AL., 2016 ; ROO ET AL., 2016 ; VAN ROOIJ ET AL., 2016 ; PATIBANDA ET AL., 2017) ou mudança de áudio ( SHAW ET AL., 2007 ; HINTERBERGER, 2011; PRPA ET AL., 2015 , 2016 , 2017 ; MUÑOZ ET AL., 2016 ; GU E FRASSON , 2017 ).

*Diálogos mente-corpo:* os usuários podem explorar a conexão entre seus estados físico e mental, sendo a ideia que um afeta de maneira semelhante o outro. Um corpo calmo cria uma mente calma (SHAW et al., 2007; BAL, 2013; GROMALA et al., 2015 ; PRPA et al., 2015 ; KOSUNEN et al., 2016 ; MUÑOZ et al., 2016 ; ROO et al., 2016 ; VAN ROOIJ et al., 2016 ; DU PLESSIS,

2017), para mudar a nós mesmos, precisamos mudar nossas perspectivas DAVIES e HARRISON, 1996), a cor transmite e traduz diferentes emoções (WIETHOFF E BUTZ, 2010; HINTERBERGER, 2011) a música é o mediador entre a vida espiritual e a vida sensorial (VIDYARTHI, 2012; KITSON ET AL., 2014; PRPA ET AL., 2016, 2017).

*Meditação da atenção plena:* essas experiências estão relacionam atenção plena ao propósito, no momento presente. Os usuários são guiados através de uma narração (SHAW ET AL., 2007 ; CHOO, 2014 ; PRPA ET AL., 2015 ; GU E FRASSON, 2017; NAVARRO-HARO ET AL., 2017) ou tem a chance de descobrir a meditação na prática não orientada ( DAVIES E HARRISON, 1996 ; VIDYARTHI, 2012 ; BAL, 2013; KITSON ET AL., 2014 ; GROMALA ET AL., 2015 ; AMORES ET AL., 2016 ; KOSUNEN ET AL., 2016 ;PRPA ET AL., 2016 ; ROO ET AL., 2016 ; DU PLESSIS, 2017).

*Movimento:* os usuários podem mover fisicamente seus corpos para interagir com o sistema. O movimento é utilizado como uma forma de promover a saúde (EUBANKS, 2011; SEABORN, 2016) e também introduzir o usuário no espaço virtual por meio da sensação de corporificação (DAVIES E HARRISON, 1996; BAL, 2013; SAKAMOTO ET AL., 2015; QUESNEL E RIECKE, 2017).

*Elementos da natureza:* essas experiências envolvem aspectos e elementos da natureza. Algumas experiências usaram a água como visualização (BAL, 2013; SAKAMOTO ET AL., 2015; VAN ROOIJ ET AL., 2016; GU E FRASSON, 2017; PRPA ET AL., 2017), enquanto outras usam animais (SHAW ET AL., 2007; EUBANKS, 2011; SAKAMOTO ET AL., 2015). Um tema comum está relacionado ao uso de elementos de parque ou jardim (CHOO, 2014; ANGELINI ET AL., 2015; ROO ET AL., 2016; CHITTARO ET AL., 2017), enquanto outras experiências se concentraram mais especificamente nas árvores e florestas (DAVIES E HARRISON, 1996; GROMALA ET AL., 2015; PATIBANDA ET AL., 2017). Uma experiência pode utilizar também um cenário de pôr-do-sol (SHAW ET AL., 2007) ou o planeta Terra como um todo (QUESNEL E RIECKE, 2017).

*Medidas fisiológicas:* envolve o uso de instrumentos que fornecem informações sobre funções fisiológicas, a fim de obter uma maior conscientização dos estados internos de um usuário. Os processos podem incluir ondas cerebrais (HINTERBERGER, 2011 ; CHOO, 2014 ; PRPA ET AL., 2015 , 2016 ; AMORES ET AL., 2016 ; KOSUNEN ET AL., 2016 ; DU PLESSIS, 2017 ; GU E FRASSON, 2017), temperatura e condutância da pele (SHAW ET AL., 2007; HINTERBERGER, 2011 ; GROMALA ET AL., 2015 ; BERNAL E MAES, 2017 ; DU PLESSIS, 2017).), respiração (DAVIES E HARRISON, 1996; SHAW ET AL., 2007; HINTERBERGER, 2011 ; VIDYARTHI, 2012 ; BAL, 2013; KITSON ET AL., 2014 ; PRPA ET AL., 2015 , 2016 , 2017 ; ROO E COLS., 2016 ; VAN ROOIJ ET AL., 2016; DU PLESSIS, 2017; PATIBANDA ET AL., 2017), e frequência cardíaca e variabilidade da frequência cardíaca (SHAW ET AL., 2007; HINTERBERGER, 2011 ; MUÑOZ ET AL., 2016 ; ROO ET AL., 2016 ;BERNAL E MAES, 2017; CHITTARO ET AL., 2017).

*Brincadeiras ou diversão:* os usuários são convidados a interagir com o sistema que apoia a curiosidade e a criatividade, a fim de tornar a experiência a mais convidativa e não invasiva possível. Isso pode ser obtido através da exploração de uma narrativa (EUBANKS, 2011; AMORES ET AL., 2016; MUÑOZ ET AL., 2016), empregando aspectos mecânicos do jogo (CHOO E MAY, 2014; SAKAMOTO ET AL., 2015; MUÑOZ ET AL., 2016; SEABORN, 2016; VAN ROOIJ ET AL., 2016; PATIBANDA ET AL., 2017), e o uso de elementos ativos e imaginativos (WIETHOFF E BUTZ, 2010; HINTERBERGER, 2011; VIDYARTHI, 2012; KITSON ET AL., 2014; PRPA ET AL., 2015, 2016, 2017 ; ROO ET AL., 2016).

*Presença social:* os usuários podem interagir com outros usuários ao mesmo tempo (ANGELINI ET AL., 2015; SAKAMOTO ET AL., 2015; SEABORN, 2016; BERNAL E MAES, 2017) ou avatares que se apresentam e interagem como pessoas reais (GARAU ET AL., 2003).

Dentre as classificações apresentadas, nosso estudo buscou compreender o *diálogo mente-corpo* ao propormos explorar os fatores cognitivos na experiência do corpo e do espaço, na produção do conteúdo audiovisual exploraremos a influência das cores na produção de emoções e

da música como elemento mediador das experiências sensoriais, *movimento* ao analisarmos o movimento físico dos corpos na interação com o sistema através da interação do interator no espaço virtual por meio da corporificação, além dos *elementos da natureza*, tendo em vista que nosso projeto envolveu elementos da natureza, tanto virtuais quanto reais, como água, vento entre outros.

Em *Sentiendum*, identificamos a partir da observação dos modos de participação e do relato de alguns interatores, que as experiências provocadas a partir da interação com a obra, produziram significados para além da proposta, tais como: *concentração ou atenção focada, conexão, feedback do desempenho, meditação da atenção plena, brincadeiras ou diversão*. Essa multiplicidade de significação a partir da experimentação com a instalação, pode ser apoiada pelo seguinte apontamento trazido pela pesquisadora Rosângela Leote:

Essas respostas podem ser notadas segundo sua importância de conexão com o sistema, considerando que há aqueles visitantes que não percebem a proposta poética; os que nem sequer se detêm na observação do trabalho exposto, mesmo que seja apenas pelo visual, há outros que constroem um sentido poético, a partir da fruição, muito diverso daquele esperado pelo artista/propositor (LEOTE, 2015, p. 101-102)

Com o objetivo de compreendermos os níveis de imersão em nossa instalação propomos uma classificação que auxilia na análise de obras, com propostas interativas, com base nas características presentes em três diferentes tipos de imersividade. A *imersão de primeiro nível* ocorre quando existe separação entre o espetáculo e plateia e/ou interator, como por exemplo, no cinema. A *imersão de segundo nível* acontece quando ocorre uma cadeia de comunicação completa, de forma fluida, não havendo separação entre o espetáculo e espectador, e neste caso, estão inseridos os sistemas digitais e multiusuários. A imersividade total, inclusive psíquica, acontece nos processos de *imersão de terceiro nível*, onde não ocorreria a substituição total da realidade (LEOTE, 2015).

No processo de criação de *sentiendum*, o qual discutiremos com riqueza de detalhes no Capítulo 5, utilizamos a *imersão de segundo e terceiro nível*, através da criação de um ambiente que convida o interator à imergir/interagir em um espaço projetado para provocar o imaginário e



permitir diferentes experiências, relacionando no processo poético conceitos de presença e memória.

Após apresentarmos neste capítulo os principais aspectos históricos e conceituais, métodos de controle de sistemas imersivos e interativos no contexto da RV, procuramos aprofundar nossa discussão, passando a discutir no próximo capítulo, de natureza teórica, sobre corpo, percepção e as regularidades sensório-motoras presentes nos processos interativos.

## 4 CAPÍTULO

### CORPO E PERCEPÇÃO: SENSações POSSÍVEIS ENTRE MUNDO REAL E VIRTUAL

Neste capítulo apresentamos a visão de corpo fundamentado na concepção de *embodiment*, pois para o presente estudo, os processos cognitivos e inconscientes estruturam-se no corpo a partir das interações sensório-motoras com o ambiente.

Dessa forma, partimos da premissa que experimentamos o mundo a partir do nosso corpo, o qual se encontra em constante troca de informações com o ambiente.

Com uma abordagem pela Teoria da Enação (VARELA; THOMPSON; ROSCH; 1992; DI PAOLO.; BUHRMANN; BARANDIARAN, 2017) para percepção, verificamos o andamento dos estudos e pesquisas relacionadas à presente temática, descrevemos diferentes sentidos de regularidade sensório-motoras.

#### 4.1 Relações corporificadas (*embodiment*) entre corpo, ambiente e artefatos

A visão de corpo discutida nesta pesquisa se baseia na compreensão de *embodiment* (que pode ser compreendido como corporificação), no qual os processos cognitivos e inconscientes estruturam-se no corpo a partir das interações sensório-motoras com o ambiente (TAPIA, 2012). Dessa forma, partimos da compreensão que experimentamos o mundo a partir do nosso corpo, que está em constante troca de informações com o ambiente, de acordo com Santana (2006, p. 50):

O corpo, contudo, não é um recipiente oco pelo qual as informações entram e saem. O corpo não é uma caixa preta processadora de inputs e outputs. O corpo simplesmente não é - está sempre na condição de “sendo”. As informações que são trocadas entre o ambiente e o indivíduo necessariamente alteraram os dois - nisso muitas teorias concordam. Mas o

ponto diferenciador está na apresentação do corpo como sendo a mídia de si mesmo, isto é, não há corpo por onde atravessam outras informações porque todas as informações se tornam corpo.

Nesse contexto, o corpo se caracteriza como interface entre o sujeito e ambiente, e estão desse modo imbricados, onde a cognição pode ser estendida no sentido em que o sujeito se apoia em estruturas externas a ele para conhecer e agir no mundo. A cognição situada (*Situated Cognition*) argumenta que cada pensamento e ações humanas são adaptações ao ambiente, isto é, localizados, porque o que as pessoas percebem, como elas concebem a partir das suas atividades, e o que elas fisicamente fazem, desenvolve-se junto, para ele, o conhecimento se faz por um acordo do desenvolvimento conjunto entre perceber, conceber e fazer (SANTANA, 2006).

Nessa perspectiva, entendemos que os sujeitos situados e corporificados assimilam propriedades externas a eles no que diz respeito ao pensar seu mundo, essa interação ocorre através de uma multiplicidade de caminhos, nos quais a tríade cérebro, corpo e ambiente encontram-se em constante retroalimentação.

A complexidade do mundo e dos corpos exigiu condições adaptativas além do reino da exclusividade biológica, pois a acessibilidade e manipulação de informação ocorre por múltiplas vias. A qualidade informacional de ser corpo e de “ser mundo” – meio ambiente, entorno – é o possibilitador destas intrusões autorizadas, assim como das adaptações ocorridas fora do corpo (SANTANA, 2006, p. 54).

De fato, apesar de termos ciência que o funcionamento cérebro do ponto de vista biológico é essencial, contudo, acreditamos que esta não é a fonte única do trabalho final, pois este encontra-se em constante diálogo com o seu meio em que o ser humano está inserido. Clark (1997) defende que a mente se tornou adaptável e plástica, e atribui à linguagem um papel de destaque, pois ao considerá-la como a mais antiga tecnologia de extensão da mente, torna-a responsável pela plasticidade mental humana; portanto, uma importante ferramenta de conhecimento.

Ao integrarmos ou manusearmos uma ferramenta para desenvolvimento de uma determinada atividade, por exemplo, de um ponto de vista prático, podemos redefinir nossas expectativas sobre o que podemos fazer e, dessa forma, acabamos redefinindo nosso esquema corporal. Como o nosso esquema corporal muda, o mesmo acontece com a mudança que estamos

lidando com o mundo ao nosso redor e com isso da maneira como percebemos o ambiente ao redor (NOË, 2009).

Tal transformação do nosso corpo muda de esquema bem como o sentido do que está perto de nós. Podemos mapear o espaço independente de nós mesmos, mas também podemos mapeá-lo em relação a nós mesmos. Segundo Noë (2009) os psicólogos denominam esse fenômeno de espaço peripessoal. O resto do espaço está além do escopo de nossa ação. Este é o espaço extra pessoal. As transformações do esquema corporal podem induzir extensões do espaço peripessoal em relação ao que antes era o espaço extra pessoal. Aprender o uso de um instrumento para fins práticos tem o efeito de aumentar a extensão do espaço para as pessoas. O que estava longe agora se torna próximo.

Nós podemos somente formar conceitos através do corpo. Além do mais, cada entendimento que nós podemos ter do mundo, nós mesmos, e os outros podem somente ser moldados em termos de conceitos formados por nossos corpos (...). Esses conceitos usam nosso sistema perceptivo, imagético e motor para caracterizar nosso ótimo funcionamento no cotidiano. Esse é o nível no qual nós estamos em contato máximo com a realidade de nosso ambiente (LAKOFF & JOHNSON, 1999, p. 555).

Assim, o corpo pode ser aqui entendido como um conjunto complementar corporificado (*embodiment*) entre corpo, ambiente e artefatos que ampliam (*extension*), restringem, integram, implicam modificações (*embeddedness*) e estão intimamente engendradas.

Outro ponto fundamental a ser discutido está relacionado ao papel da mente na relação entre o corpo:

A mente é corporificada (*embodied*) e não um fenômeno ou faculdade de outra natureza, de uma outra espécie de substância. A cognição e a percepção são compreendidas não apenas como o resultado de uma representação, mas como um fenômeno dependente das capacidades corporificadas para resultar em uma ação, ou seja, de uma ideia de *bodymind* ou *embedded mind* (SANTANA, 2006, p. 52).

Ao considerarmos as ideias propostas pelo linguista George Lakoff e o filósofo Mark Jonhson (1999), os mecanismos que nos permitem perceber e movimentar pelo ambiente são os mesmos que criam nossos sistemas conceituais e modos de raciocínio. Desta forma, interagir num ambiente através de qualquer mediação tecnológica não servirá apenas para criar uma nova estética

ou outra configuração artística, mas funcionará como um meio no qual podemos perceber e agir por outras ignições, com outras demandas para o aparato sensório-motor, aspectos que são distintos dos contextos convencionais, estimulando assim a percepção por outras vias, e isso importa para a construção da cognição (SANTANA, 2015).

#### 4.2 Uma abordagem enativa para percepção

Percepção não é simplesmente alguma coisa que acontece em um evento momentâneo, nossa ideia inicial parte do seguinte conceito: “[...] o que eu chamo de *abordagem enativa* é que a nossa capacidade de perceber não depende apenas, mas é constituída pela posse deste tipo de conhecimento sensório-motor”(NOË, 2004, p. 2).

A mediação tecnológica, não apenas nas artes como também no nosso cotidiano, permite um alargamento das nossas competências para perceber e interagir com o mundo, alterando assim nossa percepção de nível básico, a qual é responsável pela nossa capacidade primeira de adquirir conhecimento (LAKOFF, JOHNSON, 1999). A percepção é conduzida continuamente pelas vivências experienciais no campo dos sentidos, onde o corpo é afetado nas diferentes relações estabelecidas.

A ação no mundo é sempre perceptivelmente guiada. E a percepção sempre ativa engajamento com o mundo. O observador situado não visa extrair as propriedades do mundo como se elas fossem pregadas, mas sim compreender o envolvimento de seu corpo com o ambiente, geralmente na tentativa de provocar uma mudança desejada na relação entre os dois. Entender a percepção é entender como essas regularidades ou contingências sensório-motoras são geradas pelo acoplamento entre corpo e mundo e como são utilizadas na constituição de atos perceptuais e perceptivamente orientados (DI PAOLO, EZEQUIEL A.;BUHRMANN, THOMAS; BARANDIARAN, 2017, p. 55).

Com base na essência desta pesquisa, procuramos registrar os conceitos de: sensação, percepção, sentidos, sensorialidade e multissensorialidade, os quais serão abordados no delinear deste estudo:

*Sensação* é a base das experiências imediatas geradas por um único estímulo isolado (MATLIN e FOLEY, 1996), sendo definida como resposta dos órgãos dos sentidos a um estímulo

(FELDMAN, 1999). A sensação pode ser concebida como uma percepção de qualidades sensíveis (FERRATER MORA, 1978). Considera-se aqui a sensação como o feedback dos órgãos dos sentidos a um estímulo.

*Percepção* é a interpretação dos estímulos, o reencontro ou a construção do significado deles, considerada a partir de uma intencionalidade, que inclui reações, interesses e atitudes afetivas em relação aos estímulos recebidos do ambiente (ABBAGNANO, 2007). Para Júlio Plaza (2003, p.46), “perceber é selecionar e categorizar o real, extrair informações que interessam num momento determinado para algum propósito”. Nesta pesquisa, considera-se percepção como a interpretação de um contexto composto de estímulos, de interesses e de reações.

E, por fim, conforme Lúcia Santaella (2005, p.70), “os *sentidos* são sensores cujo desígnio é perceber, de modo preciso, cada tipo distinto de informação”. São as informações capturadas e processadas por estes órgãos que indicam a forma como o mundo físico é codificado. Cada sentido percebe os estímulos de forma diferente. Os ambientes sensoriais interativos propiciam experiências únicas em função da forma como cada um experimenta uma sensação.

Entende-se por *sensorialidade* como as percepções pelos sentidos. Definida por Michel Chion (1994), como percepções que não são de nenhum sentido em particular, mas do conjunto dos sentidos. O termo sensorialidade deriva de sensibilidade, que se origina do grego *aisthesis* ou *aistheton* (sensação, sensível); encontra-se vinculado a tudo que diz respeito à percepção pelos sentidos ou conhecimentos sensível-sensorial (SILVA; FURTADO, 2010). Nas ciências humanas, a sensorialidade está diretamente relacionada ao conceito de Estética. A sensorialidade relaciona-se diretamente a uma noção amplificada do estético, pois se expressa como experiência, quer das faculdades e disposições humanas pré-reflexivas, quer da percepção dos estímulos recebidos e processados pelos sentidos. Esta experiência estética, ou experiência sensível, nada mais é que a dimensão onto-antropológica e a relação primordial do homem com o mundo (SILVA; FURTADO, 2010).

Ao passo que *multissensorialidade* refere-se à percepção sensorial a partir de informações obtidas por dois ou mais sentidos de forma simultânea. De acordo com José Alfonso Ballester-Alvarez (2002), quando se utiliza a multissensorialidade espera-se que o sujeito apreenda o contexto ao seu redor, no qual é preciso considerar que cada canal sensorial se caracteriza por ter um tipo de percepção. Somos seres multissensoriais por natureza, percebemos os estímulos tridimensionalmente e de forma inter-relacionada entre os sentidos.

Um exame desta noção de ligações locais entre sistemas sensoriais e motores - ou, como também são chamadas, contingências sensório-motoras (SMCs<sup>12</sup>) - é um primeiro passo para tornar operacional a ideia de ação perceptivamente guiada, ou seja, descritível em termos científicos. Longe de ser uma ideia direta, veremos que o conceito de dependências sensório-motoras admite diferentes interpretações e refinamentos. De fato, sugerimos que há algum ganho em distinguir entre diferentes usos dessa noção e que eles merecem nomes diferentes. Para mostrar isso, Di Paolo (2017) adota uma perspectiva de sistemas dinâmicos para estabelecer as bases para uma formalização da abordagem sensório-motora da percepção. Sendo assim, assumimos que o agente e seu ambiente podem ser suficientemente aproximados como sistemas bem definidos, pelo menos em termos que são relevantes para nossa investigação.

Discutido sobre a os processos cognitivos e inconscientes que se estruturam no corpo a partir das interações sensório-motoras com o ambiente, a seguir, no Capítulo 5, apresentamos nosso percurso metodológico.

---

<sup>12</sup> A formulação original de O'Regan e Noë descreve as SMCs da seguinte forma: "A estrutura das regras que governam as mudanças sensoriais produzidas por várias ações motoras, isto é, o que chamamos de contingências sensório-motoras que governam a exploração visual" (O'Regan e Noë 2001, p. 941).

## 5 CAPÍTULO

### ***SENTIENDUM: O PROCESSO CRIATIVO***

Neste capítulo procuramos descrever de forma detalhada o processo de criação, assim como todo percurso metodológico, estruturado para que fossem alcançados nossos objetivos, além de apresentarmos os critérios utilizados para escolha do método de pesquisa.

Delineamos o presente estudo com base no *design* participativo, através do envolvimento ativo dos usuários em todo o processo de *design*, discussões em grupo, sessões de *brainstorming* (WILSON, 2013), testes de protótipos e estudo piloto desenvolvido em diferentes momentos ao longo do workshop realizado na disciplina Oficina Arte e Tecnologias Contemporâneas, na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul-UFMS.

Além disso, discorreremos sobre o processo de concepção da obra *Sentiendum*, destacando os principais aspectos, tais como espaço, evento, público, interatividade/imersividade, interfaces, controlador digital e saídas (SOGABE, 2010).

#### **5.1 Sobre a criação da obra**

O processo de construção do conhecimento científico na pesquisa pode ser considerado como uma das expressões mais complexas da atividade humana, sendo caracterizado como um processo de busca por respostas, ou até mesmo soluções de problemas em diferentes contextos e/ou áreas de estudo. Neste sentido, norteamos nossa pesquisa com a seguinte questão:

*Até que ponto e de que maneira o Multi Control contribui para criação e experimentação de instalações multissensoriais? Neste sentido, que tipo de entradas e saídas são necessárias para possibilitar um ambiente imersivo/interativo?*

Sendo assim, nosso primeiro passo foi buscar conhecer as reais necessidades dos usuários, prática que cada vez mais tem se tornado fundamental em processos de desenvolvimento em Engenharia com foco no usuário. Tais informações podem ser adquiridas de diversas maneiras,



como entrevistas, discussões abertas, ou até mesmo trazendo completamente os usuários para dentro do processo de *design* (DIX *et al.*, 2004). Neste sentido, para atingir os objetivos da presente pesquisa, optamos pelo método fundamentado no design participativo (DIX *et al.*, 2004; SHNEIDERMAN; PLAISANT, 2009).

À luz do *design participativo*, procuramos desenvolver nosso estudo o mais próximo quanto possível do ambiente real dos artistas, por esse motivo, decidimos trabalhar com os mesmos no contexto da concepção de uma instalação imersiva/interativa.

O *design participativo* é definido como:

[...] uma filosofia que engloba todo o ciclo de design. É o design no local de trabalho, onde o usuário é envolvido não apenas como um sujeito de experimentação ou como alguém a ser consultado quando necessário, mas como um membro da equipe de design. (...) O design participativo, portanto, objetiva refinar os requisitos do sistema iterativamente, por meio de um processo de design em que o usuário é envolvido ativamente (DIX *et al.*, 2004, p.14)

Sendo assim, a metodologia baseada no design participativo propõe o envolvimento ativo dos usuários no processo de design, propondo que essa participação é um elemento que pode levar a informações mais precisas sobre as necessidades dos mesmos (SHNEIDERMAN; PLAISANT, 2009). Nesse contexto, o envolvimento ativo e constante dos usuários foi imprescindível tanto no processo de desenvolvimento do sistema quanto na concepção final da obra.

Para Shneiderman e Plaisant (2009), existem diversas variações de design, não estabelecendo-se padrões específicos para o levantamento de informações ou até mesmo para comunicações/relações entre usuários e pesquisador (DIX *et al.*, 2004). Assim, aplicamos uma série de métodos, descritos nas demais subseções deste subcapítulo, à medida que os julgamos necessários. É importante ressaltar, que nesta pesquisa, os usuários foram incluídos ativamente no processo de investigação e tomada de decisão, ora de forma consultiva, ora por consenso, a depender da decisão a ser tomada.

### 5.1.1 Discussões em Grupo

As discussões em grupo são uma forma de coleta de dados em grupos alternativa aos grupos focais e às entrevistas de grupo. Segundo Flick (2009), existem pelo menos duas vantagens nessa abordagem. A primeira é que grupo pode compartilhar opiniões individuais, discutindo equívocos e evitando opiniões muito radicais. A segunda se dá pelo fato de promover uma maior proximidade com as relações cotidianas (FLICK, 2009).

Nossa opção pelas discussões em grupo ocorreu por essa estimular o debate e utilizar desse modo a própria dinâmica nele desenvolvida como fontes centrais de conhecimento.

Desse modo, nossa pesquisa utilizou-se de um *grupo natural*, uma vez que os participantes do estudo já faziam parte de um mesmo coletivo artístico, neste caso, alunos do mesmo curso e disciplina. O método adotado para as discussões em grupo foi similar ao mencionado em Flick (2009). Não foi necessária gravação e transcrição das sessões, neste caso realizamos apenas anotações sobre as deliberações e discussões realizadas.

### 5.1.2 Brainstormings

De acordo com Wilson (2013), *brainstorming* é um método para geração de ideias, o qual pode possibilitar o aumento da eficácia criativa na busca de soluções para problemas. As sessões de *brainstorming* realizadas tiveram como objetivo gerar ideias sobre os aspectos funcionais do sistema a ser desenvolvido, com vistas a eliminar possíveis barreiras de usabilidade.

A opção por esse instrumento de coleta de dados, se deu por seu potencial em gerar soluções inovadoras para resolução de problemas, reduzindo dificuldades de comunicação entre o pesquisador e os participantes do estudo, bem como as divergências entre os próprios participantes, que poderiam aflorar na elucidação de requisitos (SCHOLZ, 2018).

Todas as sessões de brainstorming ocorreram de modo a gerar tantas ideias quanto fosse possível, sem julgamento de valor, em que se discutia, criticava, e priorizava as ideias para iterações

futuras ou inclusão nos próximos protótipos (WILSON, 2013). As sessões foram gravadas em vídeo, e foram feitas anotações em papel, posteriormente analisadas.

### 5.1.3 Prototipação

O recurso de prototipação é uma metodologia que utiliza os protótipos como meio para atingir os requisitos do sistema, através de um processo iterativo (LANTZ, 1986). Sommerville (2011, p. 30) define um protótipo como “[...] uma versão inicial de um sistema de software, usado para demonstrar conceitos, experimentar opções de projeto e descobrir mais sobre o problema e suas possíveis soluções”.

A construção de protótipos se justifica pelas necessidades de análise das experimentações em tempo real da tecnologia, além de analisar o princípio de funcionamento, ampliando as chances de sucesso da versão final.

Para implementação do protótipo, delineamos sua construção com base no modelo de desenvolvimento proposto na Figura 14:



**Figura 14:** Processo de desenvolvimento de protótipo (SOMMERVILLE, 2011)

Em um primeiro momento realizamos um plano de prototipação com base nas necessidades dos usuários, definindo-se as características funcionais, em seguida construímos circuitos eletrônicos em matriz de contatos para execução e análise do funcionamento. Nessa etapa, o pesquisador atuava com auxílio do computador, simulando o funcionamento e explicando-o,

quando a simulação não era possível, à medida que ações eram tomadas pelos usuários. Esse tipo de teste informal é barato, rápido e, normalmente, produtivo (SHNEIDERMAN; PLAISANT, 2009).

## **5.2 Imersão/entendimento do problema**

Conforme discutido anteriormente, a pesquisa ocorreu em um workshop sobre o uso do Arduino em Arte e tecnologia, realizado concomitantemente a disciplina Oficina Arte e Tecnologias Contemporâneas, no qual participaram quatro alunos do Curso de Bacharelado em Artes Visuais da UFMS, localizada em Campo Grande - MS. De acordo com a estrutura curricular do respectivo curso, os alunos em fase de conclusão podem optar pelo estudo em disciplinas de caráter prático, fortemente ligadas ao Trabalho de Conclusão de Curso (TCC).

Os partícipes se mostraram entusiasmados com as possibilidades do uso do Arduino no campo da Arte e tecnologia, tendo em vista que os mesmos não conheciam a tecnologia. A colaboração ocorreu durante aproximadamente 48 horas, ao longo de dois meses, com encontros semanais regulares realizados as terças e sextas feiras, das 8:15 às 11:15, no Laboratório de Informática do Departamento de Artes Visuais, equipado com computadores e projetor de imagens. Em alguns momentos, utilizamos a marcenaria da UFMS, contando com auxílio do responsável técnico do setor, seja para confecção de detalhes da instalação ou para ajustes no encapsulamento do sistema desenvolvido. Por necessitarmos de um ambiente escuro, os testes do protótipo e montagem da instalação foram realizados nos corredores do departamento ou na sala de reuniões.



**Figura 15:** Ministração do workshop, de cima para baixo, da esquerda para a direita: Apresentação das aplicações de pesquisas em Arte e tecnologia com uso do Arduino; Abordando características elétricas do Arduino UNO; Possibilidades de uso de dispositivos conectados às entradas e saídas; Técnicas de uso de instrumentos para testes de componentes eletrônicos, em projetos artísticos com uso do Arduino.

Essa fase buscou estabelecer nossa rede de contatos, ampliar nosso vocabulário na área, aprofundar o conhecimento das principais necessidades dos partícipes relacionados à experimentação de poéticas interativa/imersivas em Arte Computacional com uso do Arduino, por meio das discussões em grupo (FLICK, 2009). Nesse caminhar, apresentamos aos partícipes o conceito de microcontroladores, características elétricas e tipos de Arduino, ambiente de desenvolvimento, linguagem de programação, sensores e testes de componentes eletrônicos.

### 5.3 Criação e experimentação de uma instalação imersiva/interativa

Nesta fase, adotamos o método iterativo, durante a qual realizamos a criação/concepção da instalação interativa/imersiva e testes do protótipo, em sintonia com os *feedbacks* do *brainstorming* (WILSON, 2013) e discussões em grupo (FLICK, 2009).

No início do processo investigativo, apresentamos a ideia inicial da instalação interativa *Sentiendum*, cuja proposta buscava explorar aspectos multissensoriais, que não apenas a visão, apesar do interator em determinado momento estar contemplando um ambiente virtual através do uso da Realidade Virtual. De acordo com essa proposta, o interator utilizaria os óculos, onde tudo passaria a ser na grade de cinza (preto e branco). As imagens do ambiente virtual estariam pautadas na ilusão da arte óptica, em preto e branco, tons de cinza, fornecendo a sensação de profundidade. Na Figura 16 apresentamos a proposta inicial da instalação:

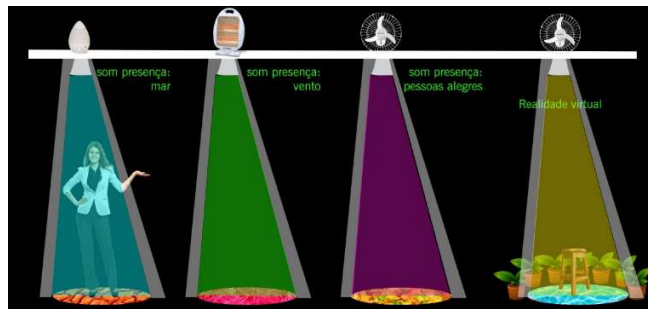


**Figura 16:** Imagem representativa de *Sentiendum*.

Até chegar na tenda, o interator deveria escolher entre dois caminhos, após a escolha caminhar descalço em várias texturas diferentes (memórias para o corpo), abaixo de cada textura, um sensor *piezzoelétrico* iria ativar diferentes sons, os quais seguirão o ritmo da caminhada. No término do caminho, um sensor ultrassônico enviaria um sinal para o Arduino, o qual iria ativar um ventilador, proporcionando a sensação de vento.

Ao entrar na tenda, o interator iria utilizar os óculos, neste caso, um VR Box, tendo um acelerômetro integrado a um Arduino, conforme as imagens visualizadas e a movimentação do corpo, o Arduino deveria acionar uma válvula eletrônica, proporcionando desse modo chuva, sincronizada aos movimentos do corpo do interator.

Com base *design participativo*, na primeira sessão de *brainstorming*, o projeto da instalação foi remodelado, a ideia seria explorar sensações com base em conceitos e elementos relacionados à natureza, conforme apresentado na Figura 17:



**Figura 17:** Imagem representativa de *Sentiendum* como resultado da primeira sessão de *brainstorming*

De acordo com essa proposta, o interator passaria por quatro estágios:

**Primeiro estágio:** Inicialmente uma lâmpada permanece acionada, indicando ao interator a posição de início da experimentação, ao se aproximar da região iluminada, um sensor ultrassônico detectaria a presença, acionando automaticamente um áudio, relacionado ao som do mar. Um umidificador contendo um aroma a ser definido também seria acionado. Após um tempo previamente programado, o microcontrolador desabilita a lâmpada e umidificador, acionando a lâmpada verde, convidando o interator ao estágio seguinte.

**Segundo estágio:** Neste estágio, quando o sistema detecta a presença, sons que remetem ao vento e um aquecedor seria acionado automaticamente, por um determinado tempo, desligando-se automaticamente e acionando a lâmpada do estágio seguinte.

**Terceiro estágio:** Ao detectar a presença, sons de pessoas alegres seriam liberados, juntamente com um ventilador, sendo desabilitados em seguida após determinado tempo, acionando a lâmpada do estágio seguinte.

**Quarto estágio:** Por fim, o interator teria acesso ao ambiente de Realidade Virtual, onde o interator estaria imerso em espaço virtual com chuva, além do acionamento de um áudio relacionado a chuva, além disso, uma válvula seria acionada liberando uma espécie de chuva sob o corpo do interator.

Estas foram as propostas discutidas na fase inicial da pesquisa, contudo, o projeto irá se reestruturando, ao longo do processo de criação.

#### 5.4 Prototipação e design da solução

Para análise funcional das ideias, construímos o primeiro protótipo do *Multi control*, apresentado na Figura 18:



**Figura 18:** Protótipo do *Multi-control*

O circuito foi montado em matriz de contato, utilizamos um sensor ultrassônico, placa de Arduino, 3 módulos relés 3 tomadas externas, entre outros. Decidimos realizar um estudo piloto através da simulação apenas do Quarto estágio, tendo em vista que os demais seguiriam a mesma lógica estrutural/eletrônica.



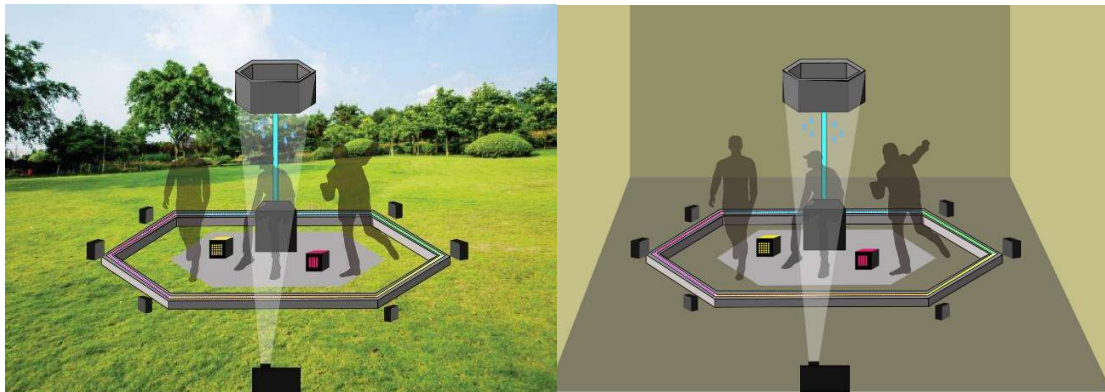


**Figura 19:** Estudo piloto com os primeiros testes do protótipo

O grupo decidiu realizar os testes com uma fita de LED (Figura 19), pois a construção da estrutura necessária para suporte dos eletroeletrônicos (lâmpadas, ventiladores, aquecedores) na instalação demandaria um tempo maior. O protótipo funcionou corretamente, atendendo aos requisitos propostos para o estudo piloto. No encontro seguinte, realizou-se uma reunião com o grupo, na busca de refletir conjuntamente sobre o trabalho realizado até o momento.

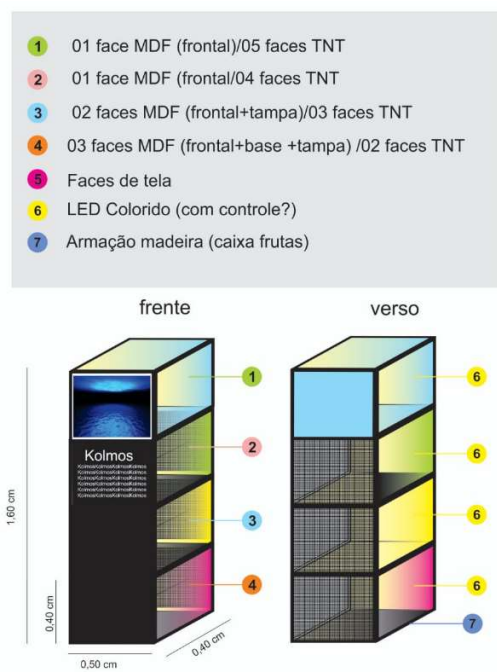
Do ponto de vista da instalação, estipulamos algumas delimitações. Primeiro, decidimos eliminar a ideia do suporte para os eletroeletrônicos, além do (1) tempo de construção e o estudo do tipo de material, (2) dimensões, (3) custo para construção, (4) mobilidade com as peças e (5) segurança dos interatores foram alguns dos fatores para a tomada de decisão. Em segundo lugar, a ideia de uma única célula, em formato de octógono, pareceu um melhor caminho por diversos motivos: (1) proteção da fita de LED RGB, (2) redução de custos, (3) segurança dos interatores (4) proteção das fitas de LED e (5) melhor aspecto estético.

Com base nas discussões realizadas, a instalação *Sentiendum* foi reestruturada, e após o segundo *brainstorming*, chegou-se à versão apresentado na Figura 20:



**Figura 20:** Imagens representativas de *Sentiendum* como resultado da segunda sessão de *brainstorming*

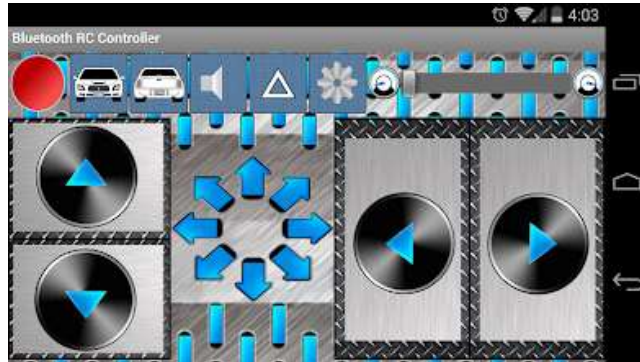
De acordo com essa proposta, as caixas de som estariam dispostas ao redor do octógono, para uma melhor sonorização ambiente. As fitas de LED RGB estariam protegidas e instaladas internamente na estrutura do octógono. O conteúdo da realidade virtual seria projetado em uma estrutura instalada ao centro do octógono, possibilitando que o público externo também tivesse acesso ao conteúdo da realidade virtual. Nesta mesma estrutura estaria instalada uma válvula eletrônica para liberação de água (chuva). Essa segunda versão, embora possibilitasse a apresentação da obra tanto em um ambiente aberto quanto fechado, identificou-se a necessidade de um elemento para armazenamento do *Multi control* e concentração dos dispositivos (ventilador, umidificador, equipamentos de som, entre outros) em um único ponto. Para suprir tal necessidade, o grupo projetou um Totem, o qual foi denominado de *Kolmos*, composto por quatro cubos, facilitando desse modo as conexões elétricas e interligação de equipamentos. O esquema está esquematizado a seguir, na Figura 21:



**Figura 21:** Imagem representativa contendo as dimensões do *Kolmos*

Além do conter os equipamentos da instalação, o *Kolmos* estaria posicionado na frente da instalação, contendo o *Release* e informações da obra, as quais poderia ser acessada com uso da Realidade Aumentada, com o conteúdo a ser explorado através da imersão na Realidade Virtual.

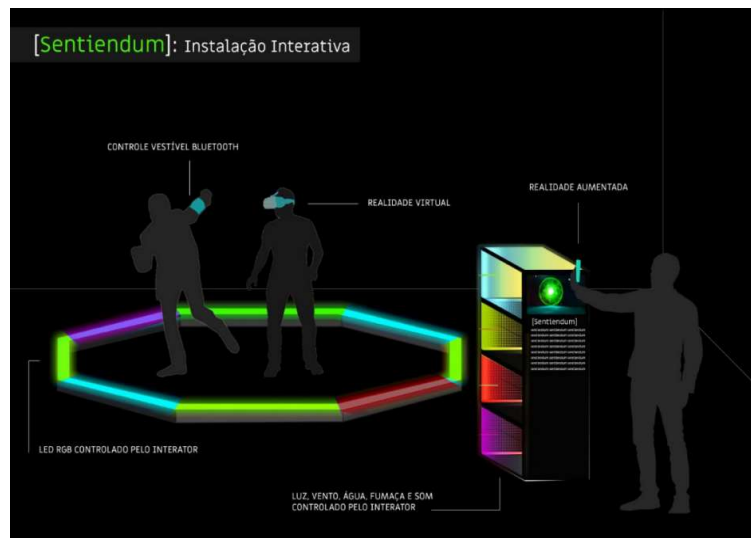
Um dos pontos também discutido foi o modo de acionamento dos dispositivos eletroeletrônicos (ventilador, fita de LED, umidificador entre outros) com base na quantidade de fios e cabos presentes na instalação. A maneira encontrada para solução desse ponto foi o uso de comunicação sem fio, via *bluetooth*. O controle dos periféricos consistiu no uso de um aplicativo, o *Bluetooth RC Controller*, apresentado na Figura 22:



**Figura 22:** Tela inicial do aplicativo *Bluetooth RC Controller*

O *Bluetooth RC Controller* é utilizado em robótica móvel, para controle de robôs a distância. O aplicativo possui dois modos de acionamentos, um manual e outro com uso do acelerômetro do próprio aparelho celular, em nosso caso, fizemos uso do segundo modo. Para tanto, projetamos um vestível para suporte do aparelho celular, o qual poderia ser vestido tanto pelo o interator com os óculos de realidade Virtual quanto por um segundo interator.

A versão final da instalação está representada na Figura 23:



**Figura 23:** Imagem representativa da versão final da instalação *Sentiendum*

Para versão final de *Sentiendum*, procuramos detalhar alguns aspectos, como espaço, evento, público, interatividade, interfaces, controlador digital e saídas (SOGABE, 2010).

**Espaço:** O espaço necessário para instalação é de uma área de 5m x 5m, relativo à área interna, e neste caso, o público terá acesso por qualquer um dos lados do octógono, composto por hastes de madeira, vazadas, com aproximadamente 1,20m de comprimento cada uma. Duas fitas de LED RGB com 5m de comprimento cada uma, as mesmas estarão dispostas internamente na parte vazada das hastes, no momento em que estiverem todas conectadas.



**Figura 24:** Construção de octógono para instalação, de cima para baixo, da esquerda para a direita: Projeto inicial com dimensões do octógono; técnico do setor de marcenaria da UFMS realizando cortes de peças; alunos auxiliando nos trabalhos na marcenaria; disposição final do octógono

O processo de interação ocorrerá apenas por um ou dois interatores posicionados dentro do octógono. É desejável que o ambiente seja o mais escuro possível, para que possa destacar os efeitos proporcionados pela iluminação das fitas de LEDs.

**Evento:** Quando entramos na instalação, encontramos um grande octógono iluminado. O som de chuva predomina no ambiente. O Totem criado, posicionado em frente ao octógono também possui uma iluminação interna, que oscila suavemente, convidando o interator a se aproximar e participar da instalação. O evento pode ter momentos contemplativos, seja ao se observar a instalação do ponto de vista da interatividade, quanto a contemplação proporcionada pela o ambiente imersivo de Realidade Virtual.

**Público:** A participação do público, de modo geral, parece acontecer em um primeiro momento predominantemente através da contemplação, contudo, um ou dois interatores podem participar da obra, com uso dos acessórios (óculos de realidade virtual e o vestível para o celular). Como a parte visual da obra é predominante, o público pode ficar muito tempo parado, observando os efeitos de áudio (som da chuva ambiente) e visual (proporcionado pelo efeito luminoso dos LED).

**Interatividade/Imersividade:** Em *Sentiendum*, a interatividade ocorre através do movimento do braço do interator, o qual tem um celular no vestível com o *Bluetooth RC Controller* instalado, e em conexão com módulo Bluetooth conectado ao Arduino, através da comunicação serial, ocorre o acionamento de diferentes dispositivos (ventilador, máquina de fumaça, alteração dos efeitos luminosos da fitas de LED RGB), proporcionando múltiplas sensações no corpo do interator.





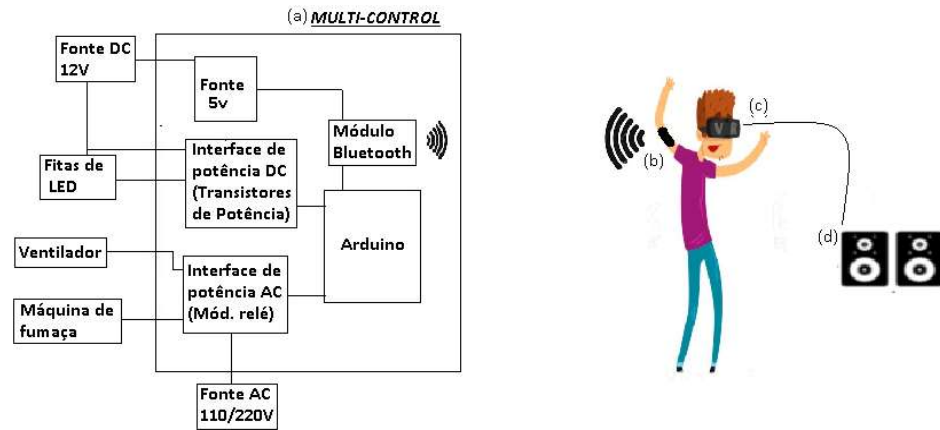
**Figura 25:** Estudo piloto da instalação *Sentiendum* e testes do *Multi control* controlando diferentes dispositivos<sup>13</sup>

A imersão ocorre concomitantemente a interação, o interator estará imerso em um ambiente com vento e chuva. Também é possível o interator caminhar no ambiente virtual, através do controle remoto do VR box, ao se deslocar, o interator terá acesso a outros sons, que remetem a natureza. Essa relação conjunta (interação/imersão) presente na definição do movimento do corpo (físico/virtual), envolvido com as múltiplas sensações, compõe a poética da obra.

**Interfaces de Entrada/Saída e controlador digital:** O *Multi control* é responsável por todo o controle e automação das entradas e saídas dos sinais. Uma placa de Arduino conectada via módulo Bluetooth ao aplicativo *Bluetooth RC Controller*, identifica a posição do interator através do acelerômetro instalado no aparelho celular. A comunicação entre Arduino e aparelho celular é realizada através do protocolo de comunicação serial e de programação desenvolvida em linguagem C, disponível no Apêndice A.

---

<sup>13</sup> Vídeo de uma das etapas do estudo piloto disponível em:  
<https://drive.google.com/file/d/1HNNHY13jmmemRVW10S1v-wlk15p50pbeN/view?usp=sharing>  
 ou em: <https://www.tumblr.com/blog/edigital-reality>



**Figura 26:** (a) Representação em blocos da estrutura interna do *Multi control*; (b) vestível contendo o aparelho celular; (c) óculos VR; (d) caixas para sonorização do ambiente

Através dos dados recebidos via comunicação serial, o Arduino aciona a fita de LED RGB, bem como o ventilador e a máquina de fumaça com aromatizador, atuando na percepção olfativa do interator, além de proporcionar mais um efeito estético interessante ao público. Como o Arduino possui limitação em termos de corrente elétrica, duas interfaces de potência foram integradas ao *Multi Control* (Figura 27).



**Figura 27:** *Multi control*, da esquerda para a direita: imagem traseira, com saídas para controles de fitas de LED RGB; imagem frontal contendo seis saídas para controle de dispositivos alimentados com tensão alternada (ventilador, umidificador, máquina de fumaça, entre outros)

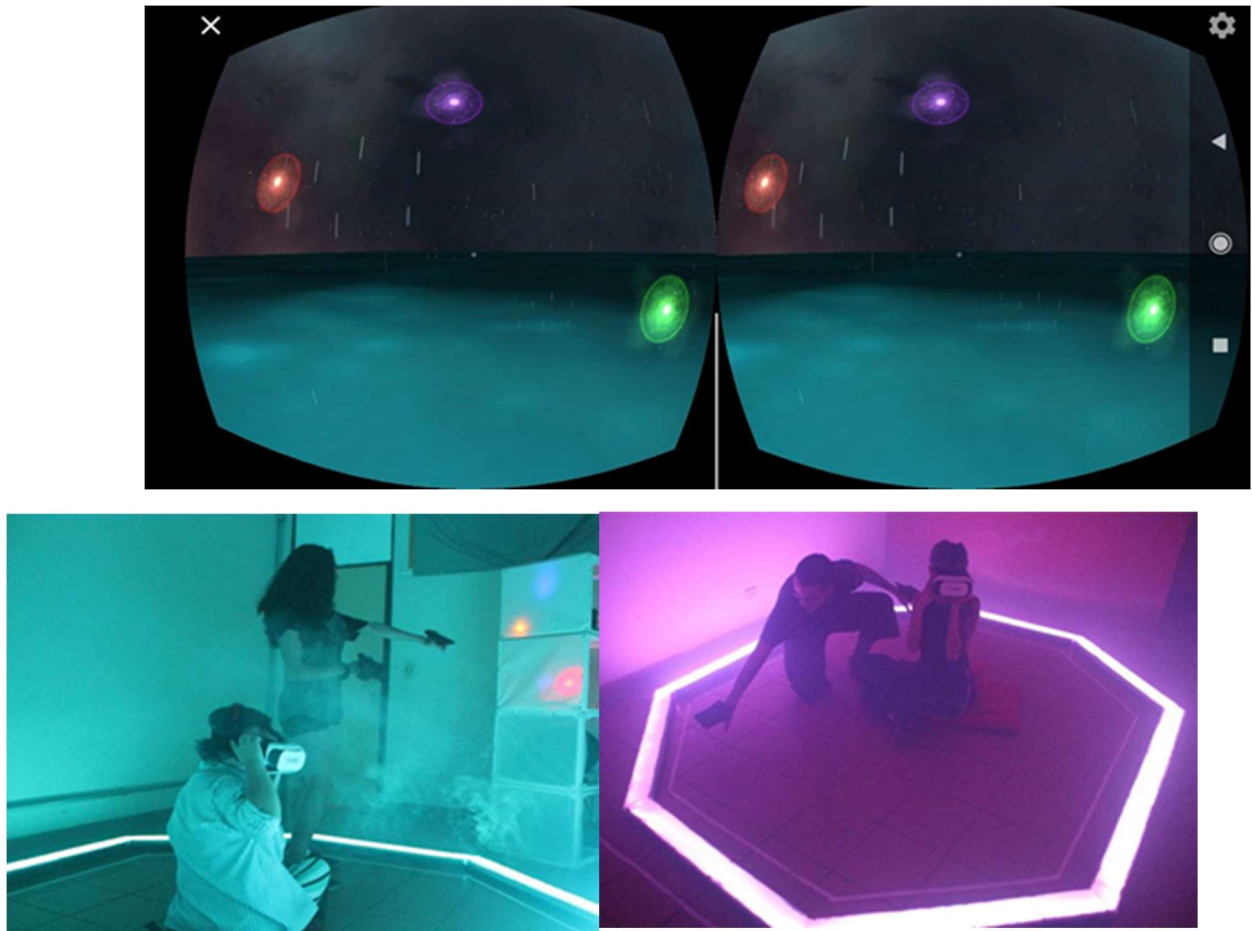


A interface de potência DC, está conectada as portas para controle PWM do Arduino, controlando diferentes cores da fita de LED. A interface de potência AC, através de um módulo relé, possibilita o acionamento dos dispositivos alimentados por tensão alternada (ventilador e máquina de fumaça).

### **5.5 Design do ambiente virtual**

O ambiente da Realidade Virtual foi desenvolvido no *Unity 3D*, uma *Game Engine* com ampla aceitação de mercado e acadêmica, e que permite trabalhar com *scripts* nas linguagens *JavaScript* e *C#*. Os scripts em *C#* são mais documentados e fáceis de encontrar conteúdo, além de serem bem semelhantes a Linguagem C, utilizada para a programação do Arduino, sendo escolhido para uso neste projeto.

O ambiente virtual criado, convida o interator à imergir/interagir em um espaço projetado para provocar o imaginário e permitir diferentes experiências multissensoriais, relacionando no processo poético conceitos de presença e memória. Trata-se de um lugar totalmente aberto, chuvoso, com céu escuro e nuvens esparsas, apresentado na Figura 28:



**Figura 28:** Ambiente virtual e real, de cima para baixo, da esquerda para a direita: Ambiente virtual desenvolvido no *Unity 3D*; Interatores explorando o ambiente virtual e os efeitos de luzes do octógono; Interatores explorando o ambiente virtual e o controle de luzes e demais artefatos presentes no ambiente

O ambiente também é composto por luzes flutuantes, de diferentes cores, as quais denominamos de *cintilantes*. Quando o interator direciona o olhar para o *cintilante*, um som será acionado (pássaros, cantos indígenas adultos, cantos de crianças, entre outros), cada *cintilante* possui um som específico, onde o volume alterna proporcionalmente conforme a distância do interator. Os sons foram planejados para trazer em memória questões sócio culturais e da natureza,

tendo em vista que a região do Mato Grosso do Sul- MS é uma das regiões brasileiras com uma população significativa de indígenas e comunidades quilombolas.

Neste capítulo descrevemos todo o nosso percurso metodológico, estruturado para que fossem alcançados os objetivos pesquisa. Discorremos sobre o *design* participativo, apresentando os resultados das discussões em grupo, sessões de *brainstorming* (WILSON, 2013), testes de protótipos e estudo piloto desenvolvido em diferentes momentos ao longo do workshop realizado na disciplina Oficina Arte e Tecnologias Contemporâneas, até a concepção da obra *Sentiendum*.

No próximo capítulo apresentamos o *Multi Control*, as diretrizes que nortearam o projeto e implementação dos circuitos eletrônicos que o constituem.

## 6 CAPÍTULO

### *MULTI CONTROL*

O presente capítulo tem por objetivo apresentar o *Multi Control*, suas características eletroeletrônicas, técnicas e descrição do princípio de funcionamento.

Para tanto, propomos uma discursão sobre as diretrizes do projeto, as quais nortearam a implementação do sistema, bem como nossa busca na redução de barreiras em usabilidade, estimulando desta forma o uso do *Multi Control* para a experimentação de instalações que busquem explorar poéticas interativas/imersivas.

#### **6.1 Diretrizes de *design***

Ao longo da etapa de imersão, e com base nas discussões em grupo e *braingstormes*, os usuários participantes da pesquisa demonstraram claramente as reais necessidades e características de um sistema compreensível, de simples instalação e programação.

Sendo assim, para documentar as evidências e a argumentação que nos levaram a definir cada diretriz, optamos por utilizar um *design rationale* orientado à estrutura (CARROLL, 2003; DIX et al., 2004), por se constituir em uma atividade de reflexão e documentação, com base em discussões, debates e negociações que determinam a organização dos requisitos de um sistema, os motivos que conduziram a determinada escolha ou descarte de funcionalidades, entre outros aspectos (CARROLL; ROSSON, 2003), de forma a tornar a presente pesquisa mais objetiva, possibilitando o encadeamento de ideias.

##### **6.1.1 Diretriz 1: Interface de potência DC**

*D1: Proporcionar mecanismos que permitam aos artistas o acionamento de fitas de LED RGB*

No início da etapa de imersão, os artistas sentiram a necessidade de utilizar fitas de LED RGB na instalação, contudo, o limite de consumo de corrente das portas do Arduino é de 20mA.

As respectivas fitas consomem, de modo geral, 4,8 watts por metro, consumindo 0,4A/m, conforme apresentado na Equação 1:

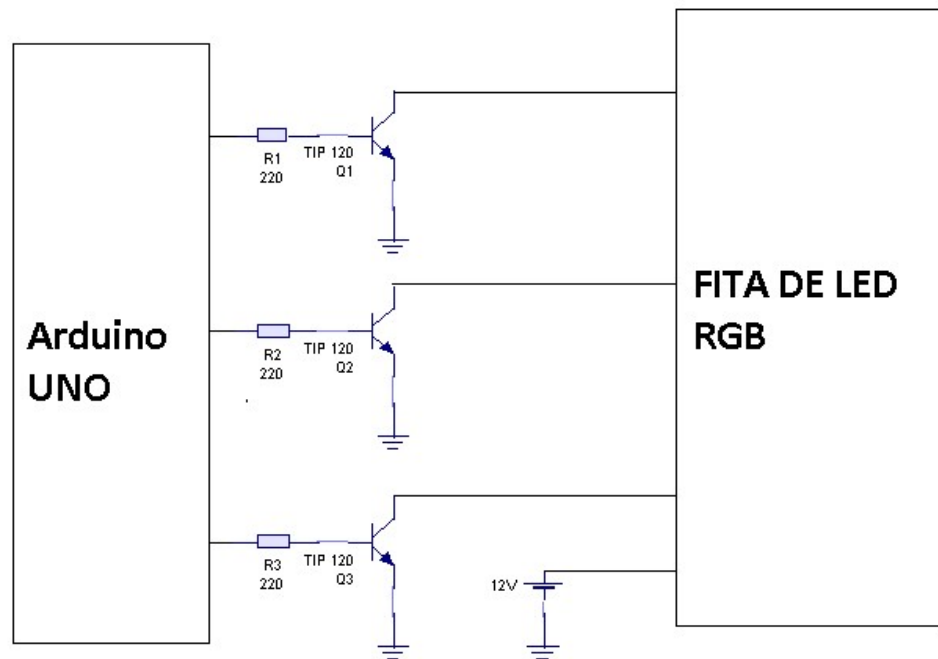
$$I = \frac{P}{E} = \frac{4,8W}{12V} = 0,4A \quad (1)$$

Em que  $I$  é a corrente elétrica,  $P$  é a potência dissipada e  $E$  corresponde a tensão elétrica.

Com a utilização de uma fita com 5m de comprimento, o consumo de corrente total é de 2A (5 x 0,4A). Como o grupo decidiu utilizar duas fitas de LED RGB, o consumo de potência e corrente elétrica são elevados proporcionalmente, necessitando de um circuito capaz de dissipar uma corrente elétrica de 4A. Sendo assim, após consulta aos parâmetros elétricos disponíveis no *datasheet*<sup>14</sup>, escolhemos utilizar um transistor em configuração *Darlington*, mais especificamente o TIP 120, por ser capaz de dissipar uma potência de 65W e 5,4A. Desta forma, elaboramos o circuito representado na Figura 29:

---

<sup>14</sup> O Datasheet do TIP 120 está disponível em: <  
[https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Tip120&gclid=Cj0KCQiAt\\_PuBRDcARIsAMN1Bdq3oBAS7-0XaJ1ZVWu4UGspdcN30ViGUfi9JZbyNVu68ONg1xd2wgAaAoRvEALw\\_wcB](https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Tip120&gclid=Cj0KCQiAt_PuBRDcARIsAMN1Bdq3oBAS7-0XaJ1ZVWu4UGspdcN30ViGUfi9JZbyNVu68ONg1xd2wgAaAoRvEALw_wcB)> Acesso em: 28/09/2019



**Figura 29:** Circuito eletrônico da interface de potência DC

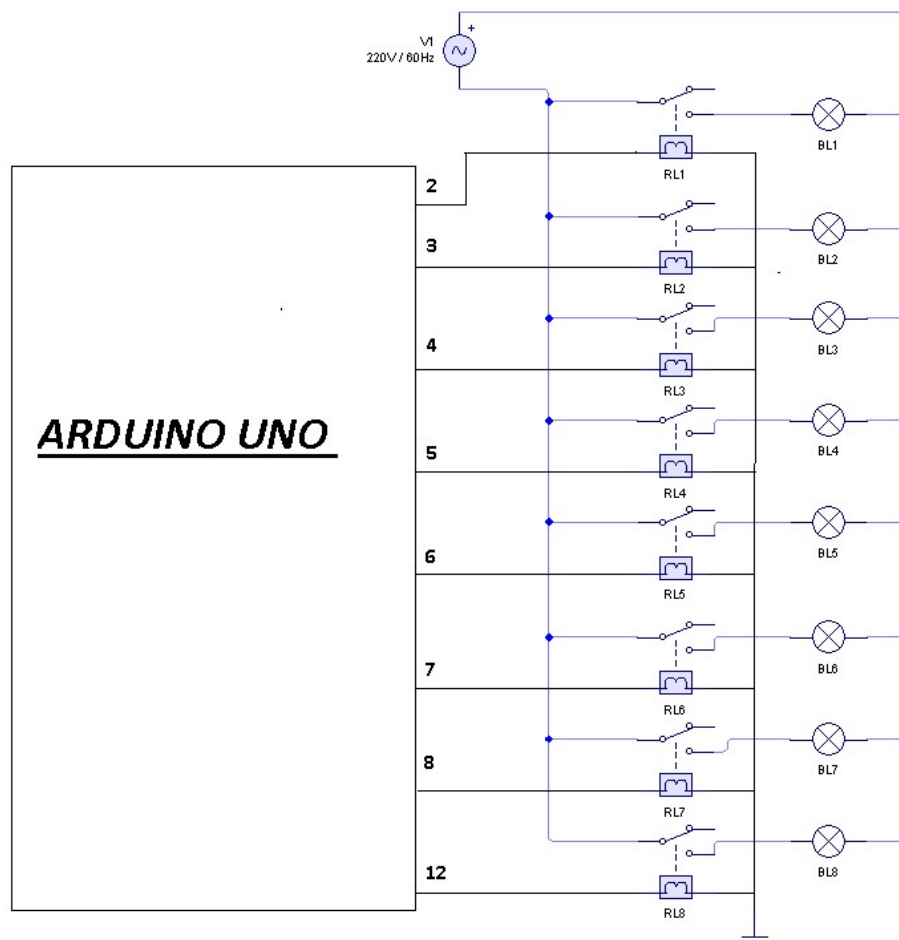
O circuito projetado tem a capacidade de alimentar aproximadamente diversas fitas de LEDs, bem como possibilita o controle de outros tipos de dispositivos que apresentem parâmetros elétricos compatíveis (como por exemplo cooler, motores elétricos DC, lâmpadas DC, entre outros) ampliando a possibilidade de explorar diferentes experimentações.

### 6.1.2 Diretriz 2: Interface de potência AC

*D2: Proporcionar mecanismos que permitam aos artistas o acionamento de equipamentos alimentados por tensão alternada*

A proposta da instalação interativa/imersiva *Sentiendum* foi explorar múltiplas sensações, e por essa razão, o acionamento de um ventilador para proporcionar a sensação do vento no corpo do interator, sincronizado com o conteúdo da Realidade Virtual, era uma das necessidades dos usuários. Como discutido anteriormente, a placa de Arduino possui limite de acionamento de

dispositivos em corrente contínua, e de modo algum, é possível conectar diretamente um equipamento com alimentação AC, como por exemplo um aparelho ventilador. Para que possa ser realizada a interligação desses dispositivos, um dos caminhos é a utilização de um módulo relé. O circuito de interface de potência está apresentado na Figura 30:



**Figura 30:** Circuito eletrônico da interface de potência AC

No circuito acima, os pinos do Arduino configurados como saída são conectados diretamente ao módulo relé, que ao ser acionado, comutará os contatos (NF-NA) permitindo a passagem de corrente elétrica a carga, que neste caso, estão representadas como lâmpadas.

Os usuários também não apresentavam conhecimento do modo como realizar a interligação entre os relés e equipamentos, e neste sentido, no *Multi Control*, as conexões já foram realizadas, permitindo que os usuários apenas conectem os equipamentos.

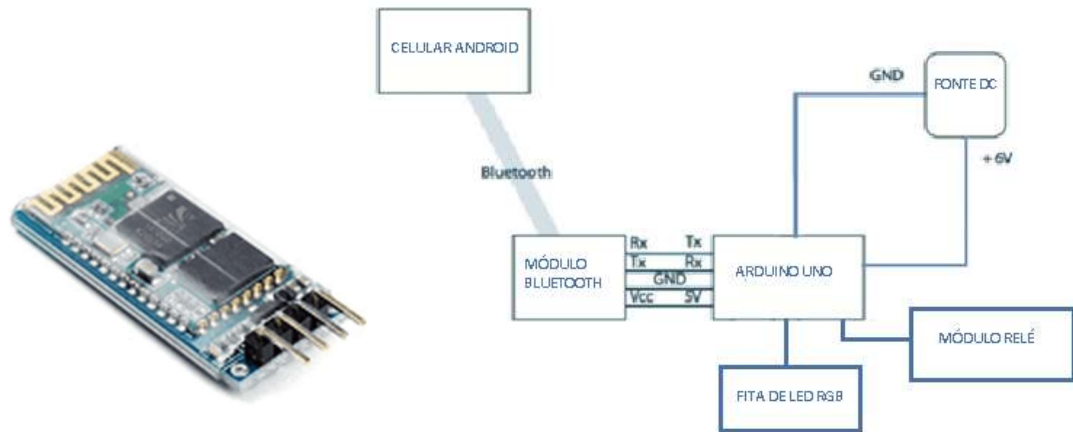
### **6.1.3 Diretriz 3: Comunicação sem fio com Arduino e monitoramento do movimento do corpo**

#### *D3: Possibilitar o controle e monitoramento do movimento do corpo a distância*

Uma das questões levantadas no primeiro estudo piloto realizado foi a importância do monitoramento do movimento do corpo, e transmissão de dados sem fios, permitindo uma maior mobilidade do interator na instalação. Dentre as diversas alternativas disponíveis para realização dessa tarefa, como por exemplo o uso do Kinect, optamos pela utilização do aplicativo *Bluetooth RC Controller*, já apresentado no Capítulo 5, por se constituir uma alternativa de baixo custo, e que atendeu as necessidades para execução da instalação.

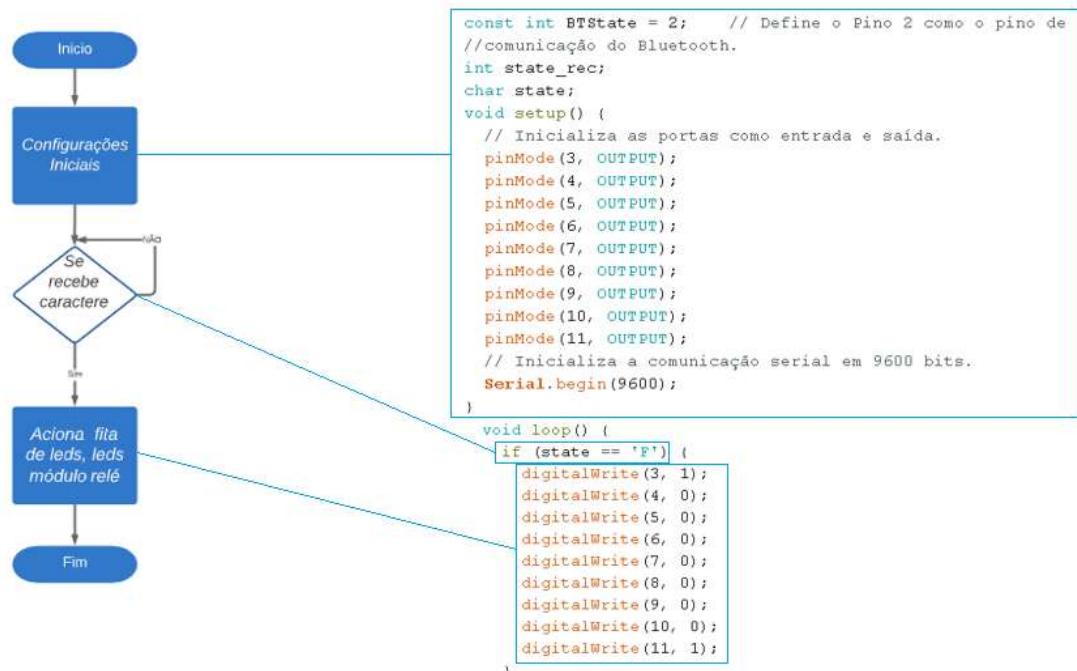
A troca de dados com o Arduino ocorreu através do módulo Bluetooth HC-06. Esse módulo trabalha na configuração *slave*, ou seja, apenas recebendo comandos de outro dispositivo de controle. A imagem do módulo e o diagrama em blocos que representa o modo de funcionamento da proposta é apresentado na Figura 31:





**Figura 31:** Da esquerda para a direita: Módulo HC-06, diagrama esquemático

Para cada posição detectada, um caractere é enviado do aparelho celular e recebido pelo módulo HC-06, o qual decodifica a informação e transmite ao Arduino via comunicação serial, e de acordo com a programação realizada, habilita a(s) porta(s) específica(s) do Arduino, as quais acionarão a fita de LED e dispositivos conectados ao módulo relé. Na Figura 33 apresentamos o fluxograma de funcionamento, realizando uma interrelação entre algoritmo e a lógica de programação:



**Figura 32:** Da esquerda para a direita: Fluxograma do princípio de funcionamento da comunicação serial, código elaborado em linguagem C

Em um primeiro momento, realizamos as configurações iniciais, através da declaração das variáveis e definição das portas como saída, além da taxa de velocidade de comunicação de dados. Neste caso, se o sistema recebe o caractere “F”, executa os comandos presentes na função, caso contrário, continua a aguardar o recebimento de uma outra informação ou caractere.

#### 6.1.4 Diretriz 4: Conexões *Plug-and-Play*

*D4: Realize a conexão dos dispositivos da instalação o mais prático e rápido possível*

Com o objetivo de proporcionar aos usuários maior praticidade nos processos de experimentação artística, foi necessário concentrar todos os circuitos em um mesmo dispositivo, para tanto, adaptamos uma caixa de som para este fim. Na parte frontal, instalamos 6 tomadas para interligação de dispositivos AC. Também procuramos fixar a placa de Arduino de modo a disponibilizar ao usuário acesso aos conectores USB e de alimentação, o que possibilitou aos

usuários acesso para (re)programar o Arduino e modificar a programação conforme o ambiente e objetivos da instalação, além de ampliar as possibilidades de experimentação.

#### **6.1.5 Diretriz 5: Flexibilidade para (re)programação**

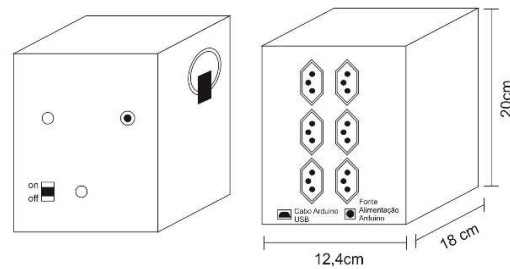
*D5: Proporcione mecanismos para (re)programação, como a verificação do acionamento do funcionamento em tempo real*

Após a utilização de um encapsulamento para condicionamento do Arduino, módulo relé e circuito de interface de potência, identificamos a necessidade de permitir os usuários a possibilidade de acesso ao Arduino para (re)programação, conforme objetivos poéticos da instalação. Este detalhe também se tornou relevante para que fosse possível verificar as cores acionadas das fitas de leds ou até mesmo a identificação da tomada que estava habilitada para interligação dos dispositivos com alimentação em 220/110V. Para suprir tal necessidade, disponibilizamos na parte frontal do *Multi Control* acesso ao conector USB de interface de programação do Arduino, conforme mostra a Figura 34, a qual possibilitou (re)programar o Arduino, e assim, permitir experimentar as possibilidades e efeitos poéticos da instalação em tempo real, como também o processo de comunicação e transferência de dados entre computador e a placa de Arduino.

#### **6.2 Multi Control: Visão Geral**

O projeto do *Multi control* foi realizado a partir do reaproveitamento de uma caixa multimídia com defeito, a qual possuía dimensões adequadas aos objetivos da proposta de desenvolvimento do sistema.

### DIMENSÕES DO MULTI CONTROL

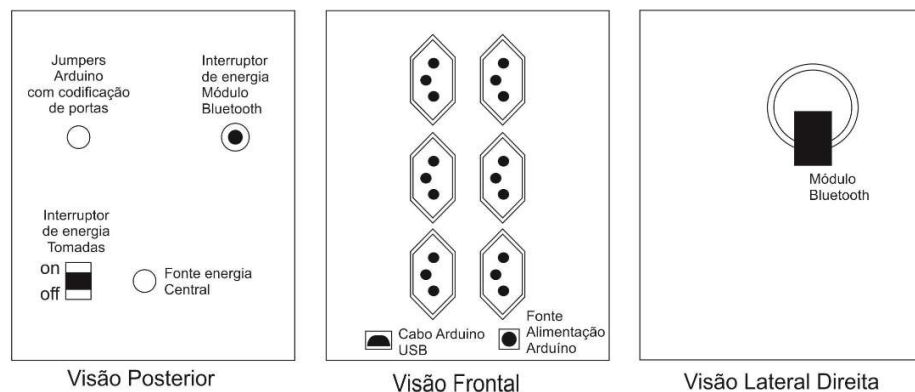


**Figura 33:** Dimensões do *Multi Control*

Apresentamos na Figura 35, uma visão geral do *Multi control*. No painel posterior, disponibilizamos jumpers, com vistas a fornecer aos usuários acesso as portas do Arduino que não foram utilizadas. O conector de energia central, recebe 12V para alimentação das fitas de leds.

### **Multi Control**

Visão Frontal, Lateral e Posterior



**Figura 34:** Visão Posterior, Frontal e Lateral direita do *Multi Control*

A chave On/Off foi inserida, para habilitar a tensão de 220V das tomadas, desta forma, reduzindo o risco de choque elétrico na manipulação de dispositivo alimentados com tensão alternada. No momento da transferência de dados (*Upload*) para o Arduino, a tensão nos pinos de

comunicação (RX e TX) elevam-se, podendo danificar o módulo *bluetooth*, por esse motivo, um interruptor de energia foi inserido no painel posterior, o qual desabilitará o módulo *bluetooth* no momento da programação. No painel lateral direito, os usuários tem acesso e visualização ao módulo *bluetooth*, esse aspecto permite agilidade na substituição do módulo em caso de queima, ou até mesmo a verificação do pareamento com outros dispositivos, a exemplo do aparelho celular. O diagrama completo, com a interligação entre os dispositivos está disponível no Apêndice E.

Sendo assim, o *Multi Control* é capaz de receber sinais de sensores analógicos e digitais, controlar interativamente iluminação entre outros objetos conectados. A interface e estrutura do equipamento foi pensada para proporcionar aos usuários uma experiência de usabilidade intuitiva, além de permitir a instalação de equipamentos de forma ágil.

Após discutirmos neste capítulo as diretrizes que nortearam a implementação do sistema, e abordarmos as principais características eletroeletrônicas, técnicas e funcionais do *Multi Control*, apresentamos no próximo capítulo nossas reflexões finais, a partir das experiências vivenciadas e do cenário delineado pela pesquisa, revelando diferentes perspectivas de investigações na área.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho percorreu junto a um objetivo maior, compreender até que ponto e de que maneira o sistema de baixo custo, desenvolvido com base na plataforma de prototipagem Arduino, o qual denominamos *Multi Control*, pode contribuir para criação e experimentação de instalações multissensoriais, identificando que tipo de entradas e saídas são necessárias para possibilitar um ambiente imersivo/interativo.

Para analisarmos o funcionamento e usabilidade do sistema com artistas em práticas de criação e experimentação, adotamos ao longo da pesquisa o *design* participativo como abordagem metodológica e o método iterativo para criação do protótipo.

Além disso, realizamos uma revisão da literatura discutida nos capítulos 3 e 4 relacionada à produção artística sobre os sistemas artísticos imersivos, tendo como foco a Arte Interativa e Realidade Virtual e o estudo das inter-relações corporificadas (*embodiment*) entre corpo, artefatos e ambiente, fundamentado em uma abordagem corporificada da percepção, as quais foram essenciais para analisarmos o funcionamento do *Multi Control*, fomentando reflexões e discussões interdisciplinares entre Arte e Computação.

A concepção da instalação *Sentiendum*<sup>15</sup> para verificação e análise funcional do sistema pôde revelar as potencialidades e limitações do *Multi Control*, bem como necessidades que se refletiram em modificações e adequações do protótipo ao longo do processo criativo. A experimentação do *Multi Control* na instalação foi apresentada no dia 21/10/2019 das 9:00 às 17:00 horas e 22/10/2019 das 9:00 às 12:00, no Departamento de Artes Visuais da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, com visita de aproximadamente 60 participantes. É importante ressaltar que na semana anterior ao evento, cartazes (Apêndice D) com detalhes em Realidade Aumentada

---

<sup>15</sup> Uma síntese do processo de criação e desenvolvimento da obra como um todo, está disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1b31v0HnKzWalUP3C77sE3cXlBKeBfWWK/view?usp=sharing> ou em <https://www.tumblr.com/blog/edigital-reality>

(RA) foram distribuídos em diversos departamentos da UFMS divulgando e convidando o público para participação.

Embora o foco da presente pesquisa esteja no *Multi Control*, e a análise da recepção do público não faça parte do escopo do nosso estudo, achamos conveniente realizarmos o registro em vídeo em dois momentos. Em um primeiro momento, com o objetivo de identificarmos quais os aspectos funcionais das entradas e saídas do *Multi Control* são necessários para possibilitar um ambiente imersivo/interativo, realizamos o registro em vídeo das experimentações.

Ao observarmos a performance dos interatores na instalação procuramos refletir sobre as relações entre corpo, artefato e ambiente. Compreendemos que em diferentes momentos, as tecnologias disponíveis no espaço controladas pelo *Multi Control*, puderam ser corporificadas por alguns interatores. Este fato pode ser percebido através dos diferentes movimentos do corpo dos interatores no processo de interação no ambiente imbricado a mudança de sons, imagens virtuais, e a iluminação do octógono e do Totem. Todo esse contexto permitiu a regulação e modificação da percepção baseadas em experiências singulares vivenciadas por cada interator.

Em um segundo momento, solicitamos a alguns professores e alunos do curso de bacharelado em Artes Visuais, que não participaram do processo de criação da obra. que comentassem sobre a experiência no processo de interação e imersão com a obra. Os relatos gravados foram extremamente ricos, no sentido de revelar a multiplicidade de sentidos, percepções e sensações produzidas. A seguir apresentamos a transcrição do relato de dois artistas, professores do curso de Bacharelado em Artes Visuais da UFMS:

[...] Eu me senti muito envolvida, completamente imersa, nas duas propostas, tanto na proposta de sentar e colocar o óculos de realidade virtual quanto com a proposta de interagir com as mãos, eu percebi que o som ia mudando, som que me tirou da realidade, eu realmente, me tranquilizei muito, pelos instantes que eu estava na instalação eu realmente consegui ficar imersa ali, pensando nos sons, nas cores, em tudo que eu estava vendo, foi muito interessante [...] (Professor A, Transcrição de relato)

[...] Esses sons foram bem interessantes porque eles projetavam memórias da gente, infância, memórias de filmes, a música e a sonoridade delas eram bem diferentes, então te

levavam a diferentes ambientes e sensações, percebi que o som iria mudando[...] (Professor B, Transcrição de relato).

Ao refletirmos sobre dos modos de participação em *Sentiendum*, bem como do relato de alguns interatores, as experiências provocadas a partir da interação com a obra, produziram significados para além da proposta, tais como: *concentração ou atenção focada, conexão, feedback do desempenho, meditação da atenção plena, brincadeiras ou diversão*.

Como discutimos no Capítulo 3, a *imersão de segundo nível* acontece quando ocorre uma cadeia de comunicação completa, de forma fluida, não havendo separação entre o espetáculo e espectador, e neste caso, estão inseridos os sistemas digitais e multiusuários. A imersividade total, inclusive psíquica, acontece nos processos de *imersão de terceiro nível*, onde não ocorreria a substituição total da realidade (LEOTE, 2015). Neste sentido, percebemos indícios dos respectivos níveis de imersão. Alguns dos interatores demonstraram a *imersão de segundo nível*, por meio do movimento das mãos do interator, na qual ocorreu o controle da iluminação ambiente presentes no octógono e no Totem, além do acionamento do vento e fumaça conforme programação do *Multi Control*. A *imersão de terceiro nível*, foi percebida através da experimentação do ambiente virtual construído no *Unity 3D*, uma *Game Engine* com ampla aceitação de mercado e acadêmica, e que permite trabalhar com scripts nas linguagens Java Script e C#.

Os resultados do *Workshop Colaborativo: fazendo Arte com Arduino*, no qual ocorreram as primeiras experimentações e discussões com artistas colaboradores, mostrou que quando os artistas têm acesso ao aprendizado de artefatos tecnológicos, como por exemplo o Arduino, um grande leque de possibilidades de aprendizado é fortemente impactado de maneira positiva. Dessa perspectiva, acreditamos que o esforço para implementar sistemas para experimentação de poéticas mediadas pelas tecnologias, como o uso do Arduino, por artistas sem expertise tecnológica na área de eletrônica e que poderia ser mais estimulado. Com base na experiência vivenciada, pretendemos, como forma de divulgação científica, expandir o modelo de oficinas práticas sobre fundamentos da Eletrônica Analógica, Eletrônica Digital e Eletrônica de Potência, com base em uma abordagem colaborativa, a partir das necessidades e interesses específicos dos artistas.



Cabe reforçarmos, que o trabalho colaborativo é algo positivo, tendo em vista que a perspectiva multidisciplinar pode vir a amplificar o potencial poético e criativo, contudo, a necessidade ou dependência desta colaboração é que nos parece um fator limitante ao avanço e democratização dessas tecnologias no contexto artístico, impactando inclusive no potencial de inovação dos usos poéticos que se faz delas.

Nesta perspectiva, como visto no capítulo 6, uma das abordagens que podem proporcionar uma maior escalabilidade quanto ao uso de tecnologias com base em microcontroladores é a utilização de sistemas em que estejam integrados interfaces de potência, os quais podem se tornar mais acessíveis aos artistas sem *expertise* tecnológica na área de eletrônica, permitindo um contato inicial independente de colaborações com especialistas e dando acesso a novas possibilidades poéticas. Por exemplo, diretrizes como interface de potência DC (Diretriz 1) e interface de potência AC (Diretriz 2), suprimem a quase totalidade do conhecimento técnico necessário à correta configuração e utilização do dispositivo. Sendo assim, a construção desses sistemas precisa assegurar que artistas com diferentes níveis de intimidade com o aparato tecnológico consigam realizar a experimentação de forma ágil. De forma geral, expusemos as maneiras que implementamos essas diretrizes, possibilitando uma maior compreensão das características dos usuários-alvo e das restrições a que estão submetidos, e desse modo, apresentamos o *Multi Control*, um multi controlador de diferentes dispositivos que implementa essas diretrizes.

Diante de tal consideração, esta pesquisa evidencia e corrobora a eficiência da abordagem de *design participativo* nas investigações relacionadas aos processos de construção de projetos de sistemas microcontrolados aplicados na Arte Computacional. O trabalho traz como contribuição a construção da instalação *Sentiendum*, o qual utilizou o *Multi Control*, possibilitando uma análise e verificação dos processos poético-tecnológicos que permearam a obra como um todo. É importante ressaltar que o *Multi Control* poderá ser utilizado para criação e experimentação de outras obras, para além de *Sentiendum*.

Como trabalhos futuros, pretendemos continuar a explorar as possibilidades de uso do *Multi Control* nos processos de criação e experimentação de instalações imersivas/interativas. Para tanto, com base na experiência vivenciada em todo o contexto da pesquisa, identificamos que as futuras versões do *Multi Control* necessitarão: (1) melhorar o mecanismo do *feedback* quanto ao acionamento dos relés que estão acionados no módulo relé, pois os leds indicadores de acionamento presentes nos módulos não podem ser visualizados, neste caso, é possível que um painel frontal de acrílico, permita a visualização dos relés acionados; (2) implementar versões reduzidas e modularizadas das interfaces de potências DC e AC, flexibilizando o uso e aplicações nas experimentações, além de reduzir custos; (3) criar uma fonte DC para alimentação dos circuitos internos, inclusive da placa de Arduino, e (4) construir uma versão portátil do sistema como um todo, alimentado por bateria, dispensando desse modo a necessidade de alimentação AC.

Por fim, acredito que a experiência no berço das práticas colaborativas com base no *design* participativo marcou nossa formação enquanto pesquisador. A pesquisa nos trouxe constantes reflexões em todo o processo, pois não se deu em um movimento unilateral, pelo contrário, ocorreu de forma dialética no sentido de estar em constante sintonia tanto com alunos em formação na Universidade, como também com artistas que já tiveram esta formação, além de proporcionar contribuições no sentido de nos conduzir a um movimento de ressignificação dos processos de desenvolvimento de sistemas microcontrolados para instalações interativas/imersivas.

## REFERÊNCIAS

- ANGELINI, L.; CAON, M.; COUTURE, N.; KHALED, O. A.; MUGELLINI, E. **The multisensory interactive window: immersive experiences for the elderly**, in Adjunct Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2015 ACM International Symposium on Wearable Computers UbiComp/ISWC'15 Adjunct (New York, NY: ACM), 963–968, 2015.
- AMORES, J.; BENAVIDES, X.; AND MAES, P. **PsychicVR: increasing mindfulness by using virtual reality and brain computer interfaces**, in Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems CHI EA'16 (New York, NY: ACM), 2016.
- ARAÚJO, R.B. **Especificação e Análise de um Sistema Distribuído de Realidade Virtual**. Tese de Doutorado, EPUSP, 1996.
- BARRETT, S. F. **Arduino Microcontroller Processing for Everyone! Third Edition**. Morgan Claypool Publishers, 2013.
- BAL, H. **Responsive Aesthetics for Yogic Meditation: an Innovative Design Theory for Holistic Health That Supports Autonomy and Effective Training**. Masters thesis, OCAD University, 2013.
- BAZIN, A. **What is Cinema?** Vol. I. Transl. by H. Gray. Berkeley, CA: University of California, 1967.
- BERNAL, G.; MAES, P. **Emotional beasts: visually expressing emotions through avatars in VR**, in Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems CHI EA'17 (New York, NY: ACM), 2395–2402, 2017.
- BJORK, S.; HOLOPAINEN, J. **Patterns in Game Design (Game Development Series)**. Charles River Media, 2005.
- BROWN, E.; CAIRN'S, P. **A grounded investigation of game immersion**, in CHI'04 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems CHI EA'04 (New York, NY: ACM), 1297–1300, 2004.
- BUECHLEY, L. et. al. **The lilypad Arduino: using computational textiles to investigate engagement, aesthetics, and diversity in computer Science education**. In: ACM. **Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems**, 2008. p. 423-432.
- BURDEA, G. C. **Virtual Reality Technology**, Ed John Wiley & Sons, 2<sup>a</sup> ed, 2003.
- CHAOSHUN, W. **Application of Virtual Reality Technology in Environment Art Design Teaching**. IEEE, p. 1012–1014, 2010.

- CHION, M. **Audio Vision**. Claudia Gorbman (trad.). Nova Iorque: Columbia University Press. 1994.
- CHITTARO, L.; SIONI, R.; CRESCENTINI, C.; FABBRO, F. **Mortality salience in virtual reality experiences and its effects on users' attitudes towards risk**. *Int. J. Hum. Comput. Stud.* 101, 10–22, 2017, doi: 10.1016/j.ijhcs.2017.01.002.
- CHOO, A.; MAY, A. **Virtual mindfulness meditation virtual reality and electroencephalography for health gamification**, In 2014 IEEE Games Media Entertainment (Toronto, ON), 1–3, 2014.
- DAVIES, C.; HARRISON, J. **Osmose: towards broadening the aesthetics of virtual reality**. *SIGGRAPH Comput. Graph* 30, 25–28, 1996, doi: 10.1145/240806.240808
- DELEUZE, G. **Lógica do Sentido**. Tradução de Luiz Roberto Salinas Fortes. São Paulo, Perspectiva, Ed. da Universidade de São Paulo, 1974.
- DIX, A. et al. **Human-Computer Interaction**. 3. ed. Milão: Pearson Education Limited, 2004.
- DI PAOLO, E A.;BUHRMANN, THOMAS ; BARANDIARAN, X. E. **Sensorimotor Life: An Enactive Proposal**. UK: Oxford University Press, 2017.
- DU PLESSIS,I. **Strata:abiometric VRexperience**, in *ACMSIGGRAPH 2017 VR Village SIGGRAPH'17* (New York, NY: ACM), 14:1–14:2, 2017.
- ERMI, L.; MÄYRÄ, F. **Fundamental components of the gameplay experience: analysing immersion**, In *Worlds in Play: International Perspectives on Digital Games Research*, eds S. de Castell and J. Jenson (New York, NY: Peter Lang), 37–53, 2005.
- EUBANKS, A. (2011). **Catching fireflies: a persuasive augmented reality game for android phones**, In *Proceedings of the 49th Annual Southeast Regional Conference ACMSE 11* (Kennesaw, GA), 363–364, 2011.
- EVANS, M.; NOBLE, J.; HOCHENBAUM, J. **Arduino em ação**. São Paulo: Novatec, 2013.
- FLICK, U. **Introdução à Pesquisa Qualitativa**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.
- GARAU, M.; SLATER, M.; VINAYAGAMOORTHY, V.; BROGNI, A.; STEED, A.; SASSE, M. A. **The impact of avatar realism and eye gaze control on perceived quality of communication in a shared immersive virtual environment**, In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems CHI'03* (New York, NY: ACM), 529–536, 2003.
- GONÇALVES, D. A. **A influência da estereoscopia na experiência imersiva nos videogames**. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS CENTRO DE EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS HUMANAS, 2015.

GRIMSHAW, M. **The Oxford Handbook of Virtuality**. Oxford, UK: Oxford University Press, 2003.

GROMALA, D.; TONG, X.; CHOO, A.; KARAMNEJAD, M.; SHAW, C. D. **The virtual meditative walk: virtual reality therapy for chronic pain management**, In Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems CHI'15 (New York, NY: ACM), 521–524, 2015.

GU, G.; FRASSON, C. **Virtual sophrologist: a virtual reality neurofeedback relaxation training system**, In Brain Function Assessment in Learning Lecture Notes in Computer Science, eds C. Frasson and G. Kostopoulos (Cham: Springer), 176–185, 2017, doi: 10.1007/978-3-319-67615-9\_16.

HINTERBERGER, T. **The sensorium: a multimodal neurofeedback environment**. Adv. Hum. Comp, 2011, Int. 2011:724204. doi: 10.1155/2011/724204.

IJSSELSTEIJN, W.; RIVA, G. **Being there: the experience of presence in mediated environments**, In Being There: Concepts, Effects and Measurements Of User Presence In Synthetic Environments Studies in New technologies and Practices in Communication, eds G. Riva, F. Davide, and W. Ijsselsteijn (Amsterdam: IOS Press), 3–16, 2003.

IPOSITO, J E; KIRNER, C. **Técnicas de otimização e realismo em aplicações de Realidade Virtual**. Workshop de Realidade Virtual- WRV, pp. 91-100, UFSCar, São Carlos, 1997.

KITSON, A.; PRPA, M.; RIECKE, B. E. **Immersive Interactive Technologies for Positive Change : A Scoping Review and Design Considerations**. v. 9, n. August, 2018.

KOEBEL, K. Biennale 4D – A Journey in Time. **IEEE Computer Graphics and Applications**, 2017.

KOSUNEN, I.; SALMINEN, M.; JÄRVELÄ, S.; RUONALA, A.; RAVAJA, N.; AND JACUCCI, G. **RelaWorld: neuroadaptive and immersive virtual reality meditation system**, In Proceedings of the 21st International Conference on Intelligent User Interfaces IUI'16 (New York, NY: ACM), 208–217, 2016.

KUBO, M.M.; SANTOS, S.G.; DERIGGI J.R.; KIRNER, C. **Múltiplas visões em um ambiente virtual multiusuário**. Workshop de Realidade Virtual- WRV, pp. 62-70, UFSCar, São Carlos, 1997 Latta, J. N. e Oberg, D. J. A conceptual virtual reality model, IEEE Computer Graphics & Applications, pp. 23-29, Jan., 1994.

LAKOFF, G.; JOHNSON, M. **Philosophy in the Flesh: the embodied mind and its challenge to western thought**. New York: Basic Books, 1999.

KIMER, C; SISCOOTTO, R. **Realidade Virtual e Aumentada: conceitos, projetos e aplicações**. Livro do pré- simpósio. IX Symposium on Virtual and Augmented Reality, 290Pp, 2007.

- KOSUNEN, I.; SALMINEN, M.; JÄRVELÄ, S.; RUONALA, A.; RAVAJA, N.; AND JACUCCI, G. **RelaWorld: neuroadaptive and immersive virtual reality meditation system**, In Proceedings of the 21st International Conference on Intelligent User Interfaces IUI'16 (New York, NY: ACM), 208–217, 2016.
- LEOTE, R. **Arte Ciência Arte** [online]. São Paulo: Editora UNESP, 2015, 263 p. ISBN 978-85-6833465-2.
- MARKMAN, A. B.; BRENDL, C. M. **Constraining theories of embodied cognition**. Psychol. Sci. 16, 6–10, 2005. doi: 10.1111/j.0956-7976.2005.00772
- MCROBERTS, M. **Arduino Básico**. São Paulo: Novatec, 2011.
- MUÑOZ, J. E.; PAULINO, T.; VASANTH, H.; BARAS, K. “**PhysioVR: A novel mobile virtual reality framework for physiological computing**, in 2016 IEEE 18th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services (Munich: Healthcom), 1–6, 2016.
- NAVARRO-HARO, M. V.; LÓPEZ-DEL-HOYO, Y.; CAMPOS, D.; LINEHAN, M. M.; HOFFMAN, H. G.; GARCÍA-PALACIOS, A.; ET AL. **Meditation experts try Virtual Reality Mindfulness: a pilot study evaluation of the feasibility and acceptability of virtual reality to facilitate mindfulness practice**. In people attending a Mindfulness conference. PLoS ONE 12:e0187777, 2017, doi: 10.1371/journal.pone.0187777.
- NELL, V. **Lost in a Book: The Psychology of Reading for Pleasure**. New Haven, CT: Yale University Press, 1988.
- NÓBREGA, C. A. M. **Art and Technology: coherence, connectedness, and the integrative field**. 2009. 297 f. PhD in Interactive Arts. Planetary Collegium - School of Art and Media, University of Plymouth, Plymouth – UK, 2009.
- NÓBREGA, C. A. M. Plantas, Máquinas e Interafectividade. **Informática na educação: teoria & prática**. Porto Alegre, v.15, n.1, jan./jun. 2012.
- NÓBREGA, C. A.; FRAGOSO, M. L. Pode um sistema telemático prover uma experiência em arte? Arte, ciência e tecnologia nas experimentações artísticas do laboratório NANO. **Revista Eletrônica MAPA D2 - Mapa e Programa de Artes em Dança (e performance) Digital**, Ivani Santana (Org) Salvador: PPGAC, Nov. 2015; 2(2): 153-166.
- NOË, A. **Action in Perception**. Cambridge: MIT, 2004.
- OXER, J.; BLEMMINGS, H. **Practical Arduino - Cool Projects for Open Source Hardware**, 1a Edição, Apress, New York, 2009.
- PATIBANDA, R.; MUELLER, F.; FLOYD, L. M.; DUCKWORTH, J. **Life tree: understanding the design of breathing exercise games**, In Proceedings of the Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play CHI PLAY'17 (New York, NY: ACM), 19–31, 2017.

- PRPA, M.; COCHRANE, K.; RIECKE, B. E. **Hacking alternatives in 21st century: designing a bio-responsive virtual environment for stress reduction**, In *Pervasive Computing Paradigms for Mental Health Communications in Computer and Information Science*, eds S. Serino, A. Matic, D. Giakoumis, G. Lopez, and P. Cipersso (Cham: Springer), 34–39, 2015.
- PRPA, M.; QUESNEL, D.; VIDYARTHI, J.; KITSON, A.; RIECKE, B. E. **Sonic Cradle — Immersive interaction design combining breathing– and neurofeedback to foster focused attention meditation on breath**, In *Poster Presented at the 2nd International Conference on Mindfulness (Rome)*, 2016.
- PRPA, M.; TATAR, K.; RIECKE, B. E.; PASQUIER, P. **The pulse breath water system: exploring breathing as an embodied interaction for enhancing the affective potential of virtual reality**, In *Virtual, Augmented and Mixed Reality Lecture Notes in Computer Science*, ed R. Shumaker (Cham: Springer), 153–172, 2017.
- QUESNEL, D.; RIECKE, B. E. **Awestruck: natural interaction with virtual reality on eliciting awe**, In *2017 IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI) (Los Angeles, CA)*, 205–206, 2017.
- REAS, C.; FRY, B. *Processing: a programming handbook for visual designers and artists*. Mit Press, 2007.
- RIVA, G., BAÑOS, R. M., BOTELLA, C., MANTOVANI, F., AND GAGGIOLI, A. **Transforming experience: the potential of augmented reality and virtual reality for enhancing personal and clinical change**. *Front. Psychiatry* 7:164, 2016, doi: 10.3389/fpsy.2016.00164.
- ROO, J. S.; GERVAIS, R.; HACHET, M. **Inner garden: an augmented sandbox designed for self-reflection**, In *Proceedings of the TEI'16: Tenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction TEI'16 (New York, NY: ACM)*, 570–576, 2016.
- ROSENBLUM, L. **VR Reaborn**, em *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol. 18, No 6, pp. 21-23, 1988.
- RUBIO-TAMAYO, J.; GERTRUDIX BARRIO, M.; GARCÍA, F. **Immersive environments and virtual reality: systematic review and advances in communication, interaction and simulation**. *Multimodal Technol. Interact.* 1:21, 2017, doi: 10.3390/mti1040021
- SAKAMOTO, M.; NAKAJIMA, T.; ALEXANDROVA, T. **Enhancing values through virtuality for intelligent artifacts that influence human attitude and behavior**. *Multimed. Tools Appl.* 74, 11537–11568, 2015, doi: 10.1007/s11042-014-2250-5.
- SANTAELLA, L. **A percepção: uma teoria semiótica**. 2. ed. São Paulo: Experimento, 2005.
- SANTANA, I. **Dança na Cultura Digital**. Salvador:EDFBA. 204pag. 2006. ISBN 85-232-0415-6. Salvador: Editora da UFBA, 2006, v.1. p.204.

SANTANA, I. Lab DCT: experiências e reflexões sobre presença e memória na dança com mediação tecnológica pela perspectiva da cognição situada. **Revista Eletrônica MAPA D2 - Mapa e Programa de Artes em Dança (e Performance) Digital**, Salvador, dez. 2016; 3(2): 27-42.

SANTOS, A. D. **Simulação Médica Baseada em Realidade Virtual para Ensino e Treinamento em Ginecologia**. UFPB, 2010.

SCHOLZ, R. E. P. **Diminuindo a barreira de entrada em usabilidade para experimentação de poéticas interativas na dança**. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Pernambuco. Ciência da Computação, 2018.

SEABORN, K. A. **Mixed Reality Gaming for Older Powered Chair Users: A Human Factors Model of Well-being and Engagement**, 2016. Disponível em: <http://www.gregorydolar.com/access.pdf>, acesso em: 05/04/2019.

SERAFIN, S. et al. Virtual Reality Musical Instruments : State of the Art , Design Principles , and Future Directions. **Computer Music Journal**, 2016.

SHNEIDERMAN, B.; PLAISANT, C. **Designing the User Interface**. 5. ed. Pearson Education Limited, 2009.

SHAW, C. D.; GROMALA, D.; SEAY, A. F. **The meditation chamber: enacting autonomic senses**, In Proceedings of ENACTIVE/07 (Grenoble), 2007.

SILVA, C. V.; FURTADO, S. B. B. **O sensível da imagem: sensorialidade, corpo e narrativa no cinema contemporâneo da Ásia**, Fortaleza-CE, 2010. 113 f. (Mestrado em Comunicação Social) – Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Comunicação Social, Fortaleza-CE, 2010.

SILVEIRA, J. A. **Experimentos com Arduino**. Editora: Profissional, 2011.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de Software**. 9. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

STEUER, J. **Defining virtual reality: dimensions determining telepresence**. J. Commun. 42, 73–93, 1992, doi: 10.1111/j.1460-2466.1992.tb00812.

SUN, K.; CHAN, H.; MENG, K. Research on the Application of Virtual Reality on Arts Core Curricula. **IEEE Computer Graphics and Applications**, p. 234–239, 2010.

TAPIA, S. A. G. **As implicações dos artefatos cognitivos na dança telemática**. UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA, 2012.

VAN DEN HOOGEN, W.; IJSSELSTEIJN, W. A.; DE KORT, Y. A. **Effects of Sensory Immersion on Behavioural Indicators of Player Experience: Movement Synchrony and Controller Pressure**, In Conference DiGRA (West London, UK), 2009.



VAN ROOIJ, M.; LOBEL, A.; HARRIS, O.; SMIT, N.; GRANIC, I. **DEEP: a biofeedback virtual reality game for children at-risk for anxiety**, In Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems CHI EA'16 (New York, NY: ACM), 1989–1997, 2016.

VARELA, F.; THOMPSON, E.; ROSCH, E. **The embodied mind: cognitive Science and human experience**. Boston: Shambhala, 6th ed., 1992.

VENTURELLI, S. **Arte: espaço\_tempo\_imagem**. Brasília: EDunb, 2004.

VIDYARTHI, J. **Sonic Cradle: Evoking Mindfulness Through Immersive Interaction Design**, 2012. Disponível em: <https://vimeo.com/55230632>, acesso em: 04/05/2019.

WARFEL, T. Z. **Prototyping: A Practitioner's Guide**. 1. ed. Rosenfeld Media, 2009.

WIETHOFF, A.; BUTZ, A. **Colour vision: controlling light patterns through postures**, In Proceedings of the 10th International Conference on Smart Graphics SG'10 (Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag), 281–284, 2010.

WILSON, C. **Brainstorming and Beyond: A User-Centered Design Method**. 1. ed. Morgan Kaufmann Publishers, 2013.

## GLOSSÁRIO

Bluetooth – é um protocolo padrão de comunicação primariamente projetado para baixo consumo de energia com baixo alcance, (dependendo da potência: 1 metro, 10 metros, 100 metros).

Corrente Elétrica – é o fluxo ordenado de partículas portadoras de carga elétrica ou o deslocamento de cargas dentro de um condutor, quando existe uma diferença de potencial elétrico entre as extremidades. Tal deslocamento procura restabelecer o equilíbrio desfeito pela ação de um campo elétrico ou outros meios.

Microcontrolador – é um pequeno computador num único circuito integrado o qual contém um núcleo de processador, memória e periféricos programáveis de entrada e saída. A memória de programação pode ser RAM, NOR flash ou PROM a qual, muitas vezes, é incluída no chip.

Overlay – são os códigos impressos na placa de circuito impresso.

Potência elétrica – é uma grandeza física que mede a quantidade de trabalho realizado em determinado período de tempo, ou seja, é a taxa de variação da energia, de forma análoga à potência mecânica.

Prototipagem – é a arte de transferir ideias do âmbito conceitual para a realidade.

Regulador de tensão – é um dispositivo, geralmente formado por semicondutores, tais como diodos e circuitos integrados, que tem por finalidade a manutenção da tensão de saída de um circuito elétrico.

Reset – em um computador ou sistema de transmissão de dados, uma redefinição apaga todos os erros ou eventos pendentes e coloca o sistema em condições normais ou em um estado inicial

Resistência elétrica – é a capacidade de um corpo qualquer se opor à passagem de corrente elétrica mesmo quando existe uma diferença de potencial aplicada. Seu cálculo é dado pela Primeira Lei de Ohm, e, segundo o Sistema Internacional de Unidades, é medida em ohms.

Tensão elétrica – também conhecida como diferença de potencial, é a diferença de potencial elétrico entre dois pontos ou a diferença em energia potencial elétrica por unidade de carga elétrica entre dois pontos. Sua unidade de medida é o volt – homenagem ao físico italiano Alessandro Volta.

Watchdog timer – é um dispositivo eletrônico temporizador que dispara um reset ao sistema se o programa principal, devido a alguma condição de erro, deixar de fazer reset no watchdog timer.

## APENDICE A – PROGRAMAÇÃO DO MULTI CONTROL

```
//UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
//PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO, COMUNICAÇÃO E ARTES  
//PROGRAMAÇÃO MULTI CONTROL  
//AUTOR: EDVANILSON SANTOS DE OLIVEIRA
```

```
float sinVal;  
int ledVal;
```

```
const int BTState = 2; // Define o Pino 2 como o pino de comunicação do Bluetooth.
```

```
// Variáveis Úteis
```

```
int i = 0;  
int j = 0;  
int state_rec;  
int vSpeed = 200; // Define velocidade padrão  $0 < x < 255$ .  
char state;
```

```
void setup() {  
    // Inicializa as portas como entrada e saída.  
    pinMode(3, OUTPUT);  
    pinMode(4, OUTPUT);  
    pinMode(5, OUTPUT);  
    pinMode(6, OUTPUT);  
    pinMode(7, OUTPUT);  
    pinMode(8, OUTPUT);  
    pinMode(9, OUTPUT);  
    pinMode(10, OUTPUT);  
    pinMode(11, OUTPUT);
```

```
    // Inicializa a comunicação serial em 9600 bits.  
    Serial.begin(9600);  
}
```

```
void loop() {
```

```
// Para o carro quando a conexão com Bluetooth é perdida ou desconectada.
if (digitalRead(BTState) == LOW) {
    state_rec = 'S';
}
```

```
// Salva os valores da variável 'state'
if (Serial.available() > 0) {
    state_rec = Serial.read();
    state = state_rec;
    // Serial.println(vSpeed);
}
```

```
// Se o estado recebido for igual a 'F', o carro se movimenta para frente.
if (state == 'F') {
```

```
    digitalWrite(3, 1);
    digitalWrite(4, 0);
    digitalWrite(5, 0);
    digitalWrite(6, 0);
    digitalWrite(7, 0);
    digitalWrite(8, 0);
    digitalWrite(9, 0);
    digitalWrite(10, 0);
    digitalWrite(11, 1);
```

```
}
```

```
if (state == 'I') { // Se o estado recebido for igual a 'I', o carro se movimenta para Frente Esquerda.
```

```
    digitalWrite(3, 0);
    digitalWrite(4, 1);
    digitalWrite(5, 1);
```

```
digitalWrite(6, 0);
digitalWrite(7, 0);
digitalWrite(8, 1);
digitalWrite(9, 0);
digitalWrite(10, 1);
digitalWrite(11, 0);

}

if (state == 'G') { // Se o estado recebido for igual a 'G', o carro se movimenta para Frente Direita.

    digitalWrite(3, 0);
    digitalWrite(4, 0);
    digitalWrite(5, 0);
    digitalWrite(6, 1);
    digitalWrite(7, 0);
    digitalWrite(8, 0);
    digitalWrite(9, 1);
    digitalWrite(10, 0);
    digitalWrite(11, 0);

}

if (state == 'B') { // Se o estado recebido for igual a 'B', o carro se movimenta para trás.

    digitalWrite(3, 1);
    digitalWrite(4, 0);
    digitalWrite(5, 0);
    digitalWrite(6, 1);
    digitalWrite(7, 0);
    digitalWrite(8, 0);
    digitalWrite(9, 0);
    digitalWrite(10, 1);
    digitalWrite(11, 1);

}

if (state == 'H') { // Se o estado recebido for igual a 'H', o carro se movimenta para Trás Esquerda.

    digitalWrite(3, 0);
```

```

digitalWrite(4, 0);
digitalWrite(5, 1);
digitalWrite(6, 1);
digitalWrite(7, 0);
digitalWrite(8, 0);
digitalWrite(9, 1);
digitalWrite(10, 1);
digitalWrite(11, 0);

}

if (state == 'J') { // Se o estado recebido for igual a 'J', o carro se movimenta para Trás Direita.

    digitalWrite(3, 1);
    digitalWrite(4, 0);
    digitalWrite(5, 1);
    digitalWrite(6, 1);
    digitalWrite(7, 0);
    digitalWrite(8, 1);
    digitalWrite(9, 1);
    digitalWrite(10, 1);
    digitalWrite(11, 1);

}

if (state == 'L') { // Se o estado recebido for igual a 'L', o carro se movimenta para esquerda.

    digitalWrite(3, 1);
    digitalWrite(4, 0);
    digitalWrite(5, 0);
    digitalWrite(6, 1);
    digitalWrite(7, 0);
    digitalWrite(8, 0);
    digitalWrite(9, 1);
    digitalWrite(10, 0);
    digitalWrite(11, 1);

}

if (state == 'R') { // Se o estado recebido for igual a 'R', o carro se movimenta para direita.

```

```
digitalWrite(3, 0);
digitalWrite(4, 0);
digitalWrite(5, 1);
digitalWrite(6, 0);
digitalWrite(7, 0);
digitalWrite(8, 0);
digitalWrite(9, 0);
digitalWrite(10, 1);
digitalWrite(11, 0);

}
if (state == 'S') { // Se o estado recebido for igual a 'S', o carro permanece parado.

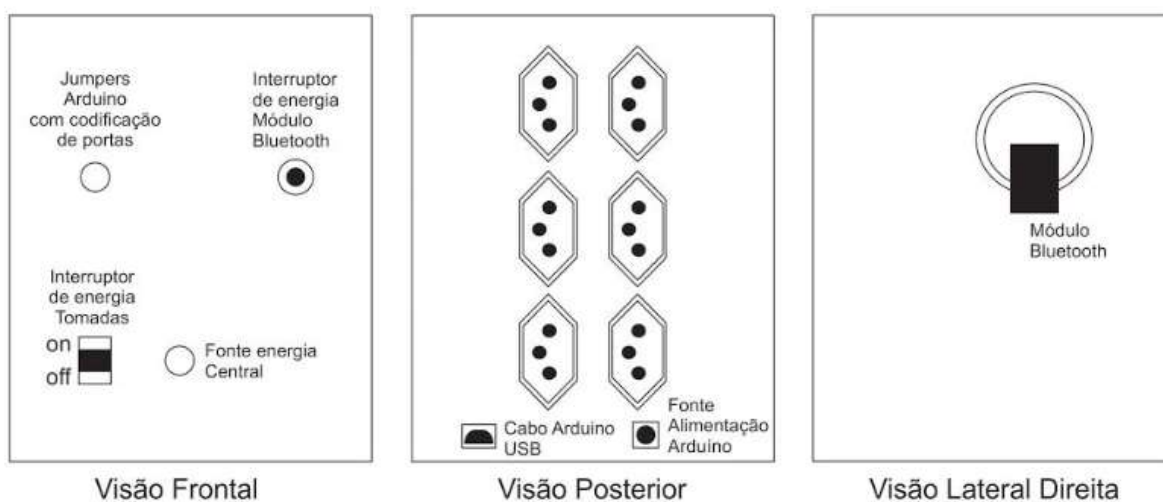
    digitalWrite(3, 1);
    digitalWrite(4, 0);
    digitalWrite(5, 0);
    digitalWrite(6, 0);
    digitalWrite(7, 0);
    digitalWrite(8, 0);
    digitalWrite(9, 0);
    digitalWrite(10, 0);
    digitalWrite(11, 1);

}
}
```

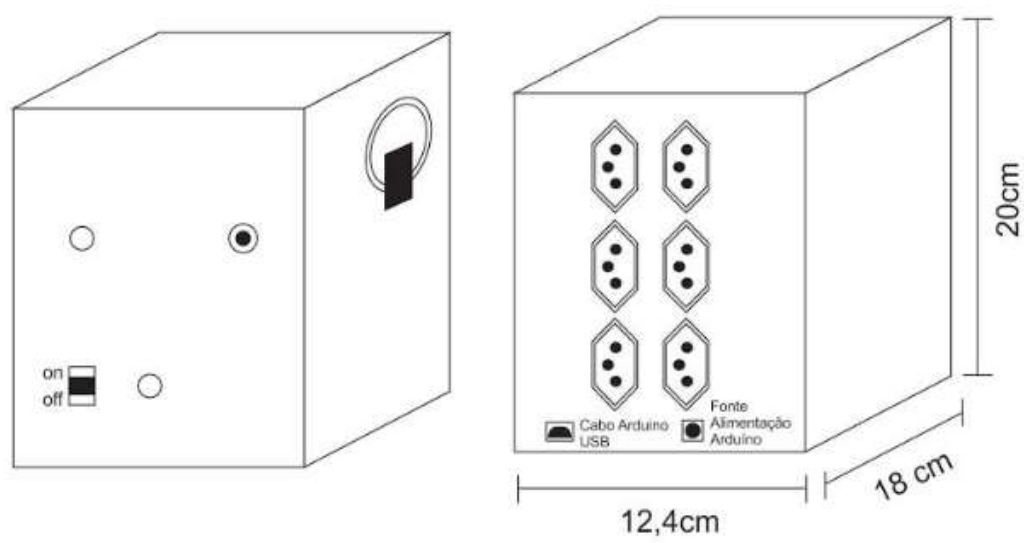


**APENDICE B – PROJETO DO ENCAPSULAMENTO DO MULTI CONTROL****Instalação Interativa Sentiendum**

Visão Frontal, Lateral e Posterior MultiControl

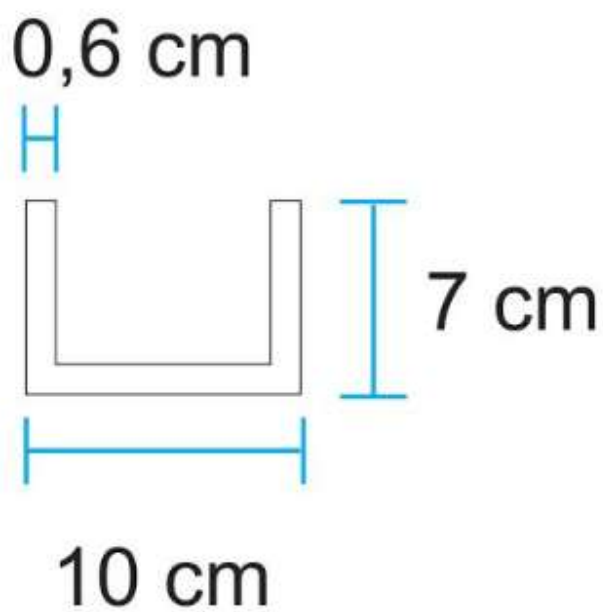


## Dimensões MultiControl



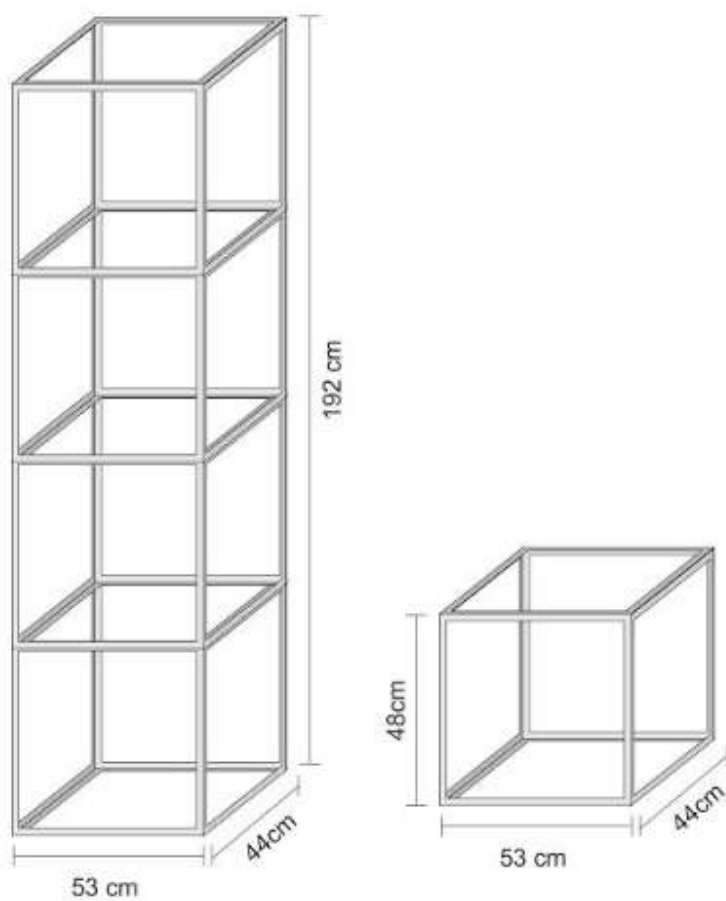
**APÊNDICE C – DOCUMENTAÇÃO DA INSTALAÇÃO *SENTIENDUM***

Visão Lateral peças componentes da estrutura Octógono

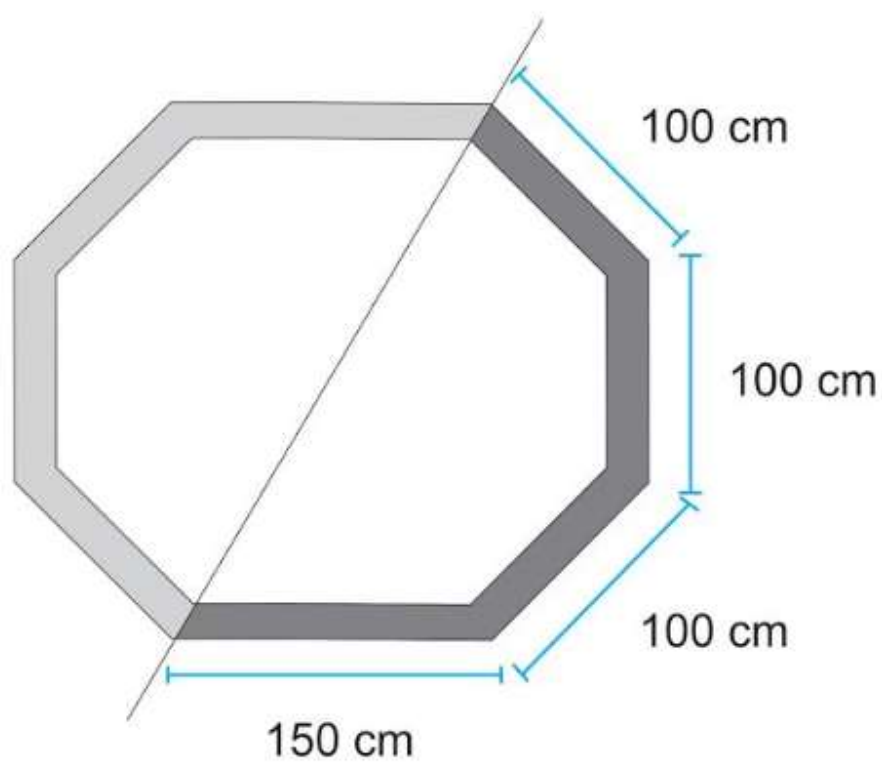


## Instalação Interativa Sentiendum

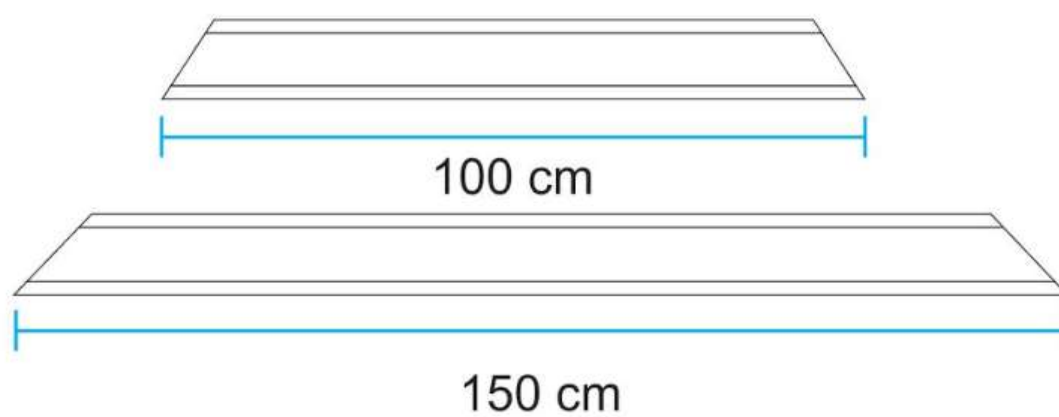
Componentes da estrutura Kolmos



Visão Superior Estrutura Octógono



Visão Superior peças componentes da estrutura Octógono



**APÊNDICE D – CARTAZ DE DIVULGAÇÃO DA INSTALAÇÃO ARTÍSTICA  
SENTIENDUM**



## APÊNDICE E – DIAGRAMA DE LIGAÇÃO DO MULTI CONTROL

