

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE ARTES
BACHARELADO EM ARTES VISUAIS**

**ARTE-LUZ-INTERATIVIDADE: UMA ABORDAGEM DO USO DA
TECNOLOGIA NA ARTE E DA LUZ COMO MATERIAL**

DANIELA FEITOSA ARAÚJO

**PORTO ALEGRE
2018**

DANIELA FEITOSA ARAÚJO

**ARTE-LUZ-INTERATIVIDADE: UMA ABORDAGEM DO USO DA TECNOLOGIA
NA ARTE E DA LUZ COMO MATERIAL**

Trabalho de conclusão apresentado à banca do Curso de Artes Visuais – Bacharelado em Artes Visuais do Instituto de Artes da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito obrigatório para obtenção do título de Bacharel em Artes Visuais.

Orientador: Prof. Dr. Alberto Marinho Ribas Semeler

DANIELA FEITOSA ARAÚJO

**ARTE-LUZ-INTERATIVIDADE: UMA ABORDAGEM DO USO DA TECNOLOGIA
NA ARTE E DA LUZ COMO MATERIAL**

Trabalho de conclusão apresentado à banca do Curso de Artes Visuais – Bacharelado em Artes Visuais do Instituto de Artes da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito obrigatório para obtenção do título de Bacharel em Artes Visuais.

Porto Alegre, dezembro de 2018

Prof. Dr. Alberto Marinho Ribas Semeler - Orientador

Prof. Dra. Alessandra Lucia Bochio - Banca examinadora

Prof. Dra. Marina Bortoluz Polidoro - Banca examinadora

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Desiree Santos e ao Igor Balteiro que colaboraram com a execução da obra apresentada. Sem suas contribuições, ideias e incentivo este trabalho não seria possível.

À ThoughtWorks pelo espaço na sala Mão na Massa, onde trabalhei ao longo do ano, e por ceder parte dos equipamentos utilizados.

À Gisele Ramires que teve papel fundamental na minha jornada durante a graduação e muito mais que uma colega, se tornou uma amiga.

Ao Felipe de Moraes por me incentivar, apoiar e acreditar em mim.

Ao Ricardo Cantergi pelo carinho e suporte nos momentos mais difíceis que tive nos últimos anos do curso.

Agradeço também aos membros da banca pelo tempo dedicado. Prof. Dra. Alessandra Lucia Bochio e Prof. Dra. Marina Bortoluz Polidoro, que através de pontuações incríveis agregaram valor imensurável a este trabalho.

Ao meu orientador, Alberto, pela confiança depositada.

"Às vezes olhar para o futuro pode ser assustador porque por definição ele é desconhecido. Mas com arte e tecnologia podemos contar histórias reais sobre o que está por vir e trazer nitidez para essas questões."

Andrew McWilliams - TEDxVilnius

RESUMO

O presente trabalho relata o processo de construção de uma obra de arte computacional interativa que tem a luz como fonte principal de sua constituição estética. Trata-se de uma malha de LEDs que acendem quando o espectador caminha sob eles. Seus principais componentes são o Microsoft Kinect, responsável por detectar a presença do espectador, uma placa Arduino, que controla a malha de LEDs, e um computador com o software Processing instalado, responsável por orquestrar o funcionamento dos dispositivos. A proposta é um convite para que o fruidor saia de um lugar de contemplação e se descubra como co-autor, explorando novas maneiras de experimentar a obra. Do ponto de vista teórico, a pesquisa engloba questões como interatividade, arte computacional, a relação da obra com o corpo do espectador e a utilização da luz como material. Além disso, apresenta artistas referenciais como Jim Campbell, Takahito Matsuo, entre outros.

Palavras-chave: Arte e Tecnologia. Arte interativa. Arte computacional. Luz.

ABSTRACT

This project reports the building process of an interactive computer work of art which uses light as its main source of aesthetical constitution. It is based on a grid of LEDs which light up as the spectator walks below them. Its main components are the Microsoft Kinect, which detects the presence of the spectator, an Arduino board, which controls the LEDs grid, and a computer with Processing software installed, which orchestrates the devices functioning. The concept is an invitation for the user to quit their position of contemplation and identify themselves as a co-author, exploring new ways of experiencing the piece. From a theoretical point of view, this research comprehends topics such as interactivity, computer art, the link between piece and spectator's body and the application of light as material. Besides, it presents reference artists like Jim Campbell, Takahito Matsuo, among others.

Keywords: Art and Technology. Interactive art. Computer art. Light.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema de funcionamento de instalação interativa	18
Figura 2 – <i>A lamentação</i> (1305), Giotto de Bondone	23
Figura 3 – <i>A virgem dos rochedos</i> (1495-1508), Leonardo da Vinci	24
Figura 4 – <i>La Parade</i> (1887-88), Georges Seurat	25
Figura 5 – <i>La Parade</i> (1887-88) - detalhe ampliado, Georges Seurat	25
Figura 6 – <i>The light inside</i> (1999), James Turrell	27
Figura 7 – <i>Light Topography Wave</i> (2014), Jim Campbell	28
Figura 8 – <i>Optone</i> (2009), Tsutomu Mutoh	29
Figura 9 – <i>Fantasia Aquáticas Iluminadas</i> (2009), Takahito Matsuo	30
Figura 10 – Dispositivos utilizados na construção da obra	33
Figura 11 – Componentes do sensor Kinect	34
Figura 12 – Componentes do protótipo	36
Figura 13 – Protótipo em ambiente com baixa luminosidade	37
Figura 14 – Esquema de montagem da obra	38
Figura 15 – Efeito das sombras no sensor Kinect	39
Figura 16 – Imagens geradas a partir das informações capturadas pelo sensor Kinect	39
Figura 17 – Captura da câmera e imagem gerada a partir do sensor de profundidade associadas à pontos que identificam os LEDs na estrutura física	40
Figura 18 – Circuito equivalente a uma linha da matriz de LEDs	41
Figura 19 – Esquema da malha de LEDs	42
Figura 20 – LED com fibra ótica em diferentes condições de luminosidade	43
Figura 21 – Interação com o público	44
Figura 22 – Espaço da instalação na pinacoteca Barão de Santo Ângelo	44
Figura 23 – Possibilidades de variação da grade	46

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Especificações de <i>hardware</i> e <i>software</i> utilizados	32
Quadro 2 – Materiais utilizados por elemento luminescente	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FPS	<i>Frames per Second</i> (Quadros por Segundo)
IDE	<i>Integrated Development Environment</i> (Ambiente de Desenvolvimento Integrado)
IR	Infrared radiation (Radiação infravermelha)
LED	<i>Light-emitting Diode</i> (Diodo Emissor de Luz)
RGB	R. <i>Red</i> : Vermelho, G. <i>Green</i> : Verde, B. <i>Blue</i> : Azul
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
USB	<i>Universal Serial Bus</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	ARTE COMPUTACIONAL E INTERATIVIDADE	12
2.1	DA CONTEMPLAÇÃO À INTERAÇÃO	12
2.1.1	Graus de interatividade	14
2.2	ARTE COMPUTACIONAL	16
2.3	INSTALAÇÕES INTERATIVAS	17
2.3.1	O corpo do observador nas instalações interativas	20
3	A LUZ COMO MATERIAL	22
3.1	A LUZ NA HISTÓRIA DA ARTE	22
3.2	LUZ E INTERATIVIDADE	28
3.3	O CUBO PRETO	30
4	COMPOSIÇÃO DA OBRA	32
4.1	DISPOSITIVOS E TECNOLOGIAS	32
4.1.1	Microsoft Kinect	33
4.1.2	Arduino	34
4.1.3	Processing	35
4.1.4	Computador	35
4.2	PROTOTIPAÇÃO E TESTES	35
4.3	DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO	37
4.3.1	Interface	38
4.3.2	Gerenciamento digital	40
4.3.3	Dispositivo de saída de dados	40
4.3.3.1	Circuito	41
4.3.3.2	Malha de LEDs	42
4.4	MONTAGEM E INSTALAÇÃO	43
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
	REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

Arte-Luz-Interatividade: Uma abordagem do uso da tecnologia na arte e da luz como material traz à tona a perspectiva da arte computacional, que "envolve sistemas computacionais tanto nos seus processos de criação e produção quanto na forma de apresentação"(BOONE, 2013, p. 36), e tem como base a construção de um *software*, bem como a utilização dispositivos eletrônicos, como o computador, Microsoft Kinect e Arduino, para a criação de um ambiente tridimensional e interativo que reage de acordo com a presença do espectador.

Nesta proposta será apresentada uma obra interativa que tem a luz como fonte principal de sua constituição estética. As variações captadas através do sensor Kinect, conectado a um computador, causam o acender e apagar de LEDs (Diodo Emissor de Luz ou *Light Emitting Diode*) dispostos em uma malha presa ao teto. Essa malha é gerenciada por uma placa Arduino. Cada LED, por sua vez, está conectado à fios de fibra ótica que transmitem a luz emitida por eles, gerando um efeito de minúsculos pontos de luz que acompanham o espectador à medida que este caminha pelo espaço.

A presença do espectador, estimulada através do sensor Kinect, provoca o efeito de luzes que acendem e apagam. Neste momento, o fruidor se torna fator indispensável para a constituição da obra. Torna-se obrigatória a manipulação contemplativa dos objetos de luz (caminhar sob eles) para a existência da mesma. O processo de comunicação entre a instalação e o fruidor, em si, é a obra. O observador faz parte do processo de realização da mesma. O que remete ao efêmero provocado por essa interação e que também está presente no aspecto tecnológico, tanto no *hardware* quanto no *software* utilizados.

O interesse sobre o tema vem da relação precoce que possuo com sistemas de computação, presente inclusive em minha formação acadêmica. Surge como uma tentativa de fundir dois universos dos quais me sinto parte: a arte e a tecnologia. Além disso, a proposta traz como base de estudo a questão da interatividade, o papel da luz na arte e como esses trabalhos são influenciados pelo meio ao qual são expostos. A pesquisa engloba imersão na temática, busca de fontes em leituras de textos teóricos, visualização de vídeos, estudos relacionados a eletrônica e a computação.

2 ARTE COMPUTACIONAL E INTERATIVIDADE

Neste capítulo serão apresentados três temas centrais que, no trabalho proposto, aparecem relacionados entre si. São eles: a interatividade, a arte computacional e o universo das instalações interativas. No que tange à interatividade relatamos os caminhos que, do ponto de vista do espectador, foram percorridos na arte até, finalmente, chegarmos na interação. Além disso, pesquisamos os diferentes graus de interatividade explorados por autores desde Lévy, que propõe a interatividade no contexto das tecnologias analógicas e digitais, até Primo, que realiza um estudo da interatividade em ambientes informáticos. Depois, vamos buscar entender o significado da arte computacional e alguns dos fatores que a caracterizam. E, por fim, analisaremos o universo das instalações interativas e como se dá a relação entre elas e o corpo do observador.

2.1 DA CONTEMPLAÇÃO À INTERAÇÃO

De acordo com Frechiani (2011, p. 97), historicamente, dentre as tendências que situam a importância do espectador na constituição da obra, a arte percorreu um caminho até finalmente desembocar no universo da interatividade. Esse percurso parte da contemplação, onde o fruidor é um agente passivo, passa pela participação ativa, onde encontramos a manipulação de objetos, até finalmente chegar na interação, onde se manifesta uma relação de reciprocidade entre o usuário e um sistema computacional. Neste processo Vares (2015, p. 2570) afirma que é possível perceber mudanças circunstanciais e definitivas na criação, na produção e, também, na recepção e percepção da obra por parte do espectador.

Segundo Plaza (1990, p. 10), foi a partir dos anos cinquenta que se constituíram, no campo da arte, tendências que traduzem e antecipam as mudanças produzidas pelas tecnologias. Experiências de representações visuais levaram os artistas desta época a interagir com a ciência e a tecnologia sob o nome de arte cinética, utilizando-se da luz, do movimento e da cor, numa tentativa de sistematizar a arte visual, argumenta Rahde (1999, p. 76). Retomando Plaza (1990, p. 11), o artista se interessa por uma nova forma de comunicação, onde procura a participação do espectador para elaborar a obra de arte. A obra deixa de ser fruto apenas do artista e se produz no decorrer do diálogo. O espectador não está mais reduzido ao olhar, ele tem a possibilidade de agir sobre a obra e modificá-la. Ainda de acordo com Plaza (1990, p. 14) "a noção de arte de participação tem por objetivo encurtar a distância entre criador e espectador. Na participação ativa o espectador se vê induzido à manipulação e exploração do objeto artístico ou de seu espaço". Vivenciamos o início do deslocamento das atribuições do artista para o fruidor.

Rahde (1999, p. 77) afirma que nos anos setenta a intervenção do público na obra se tornou um fator natural, já que esta era uma das muitas intenções dos trabalhos criados neste período. Propostas como as da escultora Lygia Clark tornaram possível a desestetização da arte, não importando se os trabalhos se configuravam como obras de arte, mas procurando envolver o espectador nos aspectos psicológicos da leitura imagística, diz a autora. Acrescenta que na década de oitenta houve uma ruptura em relação às décadas anteriores quando se passou a pesquisar as novas tecnologias, como o computador e o audiovisual, estabelecendo-se verdadeira revolução nas artes. Para Caetano (2009, p. 53) inaugura-se a era das interfaces, na qual novos paradigmas são evidenciados a partir da interação homem-máquina. Segundo ela, junto com a proliferação dos computadores pessoais, ocorre a desmistificação das tecnologias computacionais, o que colocou os artistas diante de possibilidades estéticas interativas. "A teoria e o fazer artístico, antes distanciados do apoio da solução científica, encontraram novas formulações, atendo-se mais ao processo do que ao produto final no conceito de obra"(RAHDE, 1999, p. 78).

Tavares (2011) explica que o fenômeno da interação mediado pelas tecnologias eletrônicas pressupõe a existência de um processo de realimentação, em que cada ação do receptor condiciona uma conseqüente reação da máquina e vice-versa, possibilitando um contínuo diálogo entre esses elementos. A visão computacional tem um grande papel neste processo pois são os algoritmos que tornam os trabalhos artísticos mais dinâmicos, imersivos e fazem com que o espectador se constitua como parte do trabalho. Como visão computacional compreende-se a definição proposta por Caetano (2010, p. 134) que diz que "é a forma pela qual 'o computador enxerga' e 'interpreta as imagens', um conjunto de dados numéricos digitais, uma matriz numérica digital descrevendo qualquer conjunto imagético fisicamente contextualizado".

Rabello (2011, p. 2566) relata que os artistas tem proporcionado novos mundos ao estabelecer diálogos e projetar novas realidades, propondo obras que ultrapassam o modelo de objeto pronto para um modelo vivo e em constante transformação, o que possibilita ao público um território de experiência ampliado por meio da simbiose entre homem e máquina.

Para Domingues (1997, p. 22) a arte interativa é, portanto, completamente avessa ao princípio da inércia. Surge um novo espectador que, através das interfaces, tem acesso a obra proposta. Ainda de acordo com a autora, são as interfaces amigáveis que permitem as trocas do espectador com as fontes de informação. A contemplação é substituída pela relação. Assim, Plaza (1990, p. 20) conclui que uma obra de arte interativa é um espaço latente e suscetível a todos os prolongamentos sonoros, visuais e textuais. O cenário programado pode se modificar em tempo real ou em função da resposta dos operadores. A interatividade não é somente uma

comodidade técnica e funcional; ela implica física, psicológica e sensivelmente o espectador em uma prática de transformação. O destinatário potencial torna-se co-autor e as obras tornam-se um campo aberto a múltiplas possibilidades e suscetível a desenvolvimentos imprevistos numa co-produção de sentidos.

2.1.1 Graus de interatividade

A partir de estudos dos trabalhos de autores como Lévy (2010), Couchot et al. (2003), Tavares (2011), Bochio (2010), Primo (2000), Souza e Franco (2012) podemos classificar a interatividade de diferentes maneiras. Tomemos como ponto de partida o trabalho de Lévy (2010, p. 81) onde afirma que o termo interatividade, em geral, ressalta a participação ativa do beneficiário de uma transação de informação. Acrescenta que um receptor da informação nunca é completamente passivo: ele decodifica, interpreta, mobiliza seu sistema nervoso de muitas maneiras, e sempre de forma diferente de outra pessoa. Trazendo com isso o que chama de grau de interatividade, que, segundo ele, é distinto para cada mídia ou dispositivo de comunicação e pode ser medido em eixos diferentes, são eles (LÉVY, 2010, p. 82):

1. As possibilidades de apropriação e de personalização da mensagem recebida, que podem ser linear, em rede, em fluxo, em mundo virtual;
2. A reciprocidade da comunicação, que pode ser separada em três princípios: um-todos, um-um e todos-todos;
3. A virtualidade, que enfatiza o cálculo da mensagem em tempo real em função de um modelo de dados de entrada;
4. A implicação da imagem dos participantes nas mensagens;
5. A telepresença.

Para Bochio (2010, p. 14), determinar os graus de interatividade, significa identificar os modos e as possibilidades de interação em função da maneira como se manifesta o diálogo entre homem e máquina. Ela afirma que os eixos apresentados nos dão subsídios para pensarmos em uma análise mais apurada da questão de interatividade. É importante ressaltar que, assim como ocorre no trabalho de Bochio, estamos focando em uma análise da interatividade no contexto digital e Lévy se refere, também, às tecnologias analógicas.

Couchot et al. (2003) classificam a interatividade em duas frentes: a exógena e a endógena. Afirmam que a interatividade não se limita a permitir ao espectador conversas com a imagem. Ela

se estende aos próprios objetos virtuais simulados pelo computador. "À interatividade exógena que se estabelecia entre o espectador e a imagem, acrescenta-se a interatividade endógena que regula o diálogo dos objetos virtuais entre eles, quer sejam bi ou tridimensionais, abstratos ou de aparência realista"(COUCHOT et al., 2003, p. 29). Para Couchot et al. (2003), quando estes dois tipos de interatividades se cruzam, as relações entre espectador e imagem, e mais geralmente entre homem e máquina, tornam-se muito diferentes, pois enriquecem consideravelmente o diálogo.

Em seu artigo *Aspectos estruturais e ontogênicos da interatividade* Tavares (2011) discorre sobre três autores que propõem diferentes modos de interatividade e traça uma relação entre eles: Ascott, com a interatividade trivial e não-trivial; Holtz-Bonneau, com as interatividades de seleção e de conteúdo; e Marie-Hélène Tramus que propõe as interatividades simulada e real. Para Tavares (2011), em termos gerais, nas interatividade trivial, de seleção ou simulada, o receptor atualiza apenas o potencial de escolhas embutido na obra, enquanto na interatividade não-trivial, na de conteúdo ou real, o receptor pode enriquecer e transformar a informação que circula ou que está estocada nos terminais.

Giannetti (2006 apud SOUZA; FRANCO, 2012, p. 532) destaca três tipos de interatividades provenientes da comunicação homem-máquina: a partir de um sistema mediador, onde ocorrem reações pontuais e simples; de um sistema reativo, onde o usuário tem acesso multidirecional ao conteúdo a partir de possibilidades limitadas pela programação e definição do sistema; e de um sistema interativo de fato, onde o interator passa à função de emissor de informação, podendo intervir, manipular e gerar novos conteúdos.

No que tange à interatividade em ambientes informáticos Primo (2000) sugere que há dois tipos de interação: reativa e mútua. Sendo que, os sistemas reativos se fecham na ação e reação. Enquanto um pólo age, o outro reage. E, uma vez estabelecida a hierarquia, ela passa a ser repetida em cada interação. Trazendo para o campo da arte e tecnologia, Tavares (2011) explica que na interatividade reativa se evidencia um processo de realimentação circular. O *feedback* reativo entre obra e receptor se manifesta, ao atualizar, por meio de *inputs*, as opções de escolha já predeterminadas e sugeridas pela obra, que se encontram armazenadas em memória. Sendo assim, podemos adaptar as palavras de Primo (2000) ao nosso contexto: o espectador age em um obra de arte reativa apenas nos limites planejados pelo artista. Além disso, Primo (2000) destaca que a interação mútua não se define apenas pela simples troca ou intercâmbio. Ela vai além da ação de um e da reação de outro. Este automatismo dá lugar a uma complexidade de relações que ocorrem entre os interagentes, onde os comportamentos de um afeta os do outro. Vai além

do *input* determinado e único, já que a interação mútua leva em conta uma complexidade global de comportamentos, além de contextos sociais, físicos, culturais, temporais, entre outras coisas.

2.2 ARTE COMPUTACIONAL

Boone (2013, p. 36) afirma que arte computacional é toda arte produzida através de sistemas computacionais e que, conseqüentemente, necessita de um computador para a sua existência. Venturelli (2011, p. 132) corrobora com esta ideia ao afirmar que para ser considerado um trabalho artístico de arte computacional, ele deve ser projetado para executar processos computacionais, ou seja, realizar entradas e saídas de dados, seguindo regras formais, ou algoritmos. Em seu artigo *Interatividade computacional*, ela afirma ainda que

toda obra de arte computacional contém os seguintes elementos descritivos: 1) é definida como arte pelo meio; 2) é obrigatoriamente executada em um computador; 3) é interativa; e 4) é interativa, porque ela é executada em um computador. Os itens 3 e 4 distinguem obras de arte computacional de trabalhos auxiliados por computador. O que significa isso? Significa que a obra é interativa apenas no caso em que as ações do interagente são prescritas antecipadamente, em parte, gerando concomitantemente a obra, mediada pelo processamento computacional. (VENTURELLI, 2011, p. 133)

Partindo desta premissa é possível afirmar que toda obra de arte computacional é interativa e que toda obra de arte interativa pode variar de acordo com o que o fruidor fizer. Isso significa que sua exibição difere de pessoa para pessoa. Segundo Venturelli (2011, p. 139) o fruidor ajuda a gerar e exibir a obra, sendo que o papel do artista é o de criar possibilidades através de variáveis que muitas vezes são parte de algum código executado pelo processo computacional. Lister et al. (2009, p. 21) afirmam que em um nível ideológico, a interatividade tem sido uma das principais características da arte computacional. Sendo que, enquanto a arte tradicional oferece consumo passivo, a arte computacional oferecem interatividade.

Outra característica marcante da arte computacional interativa é a efemeridade. Em seu texto *A humanização das tecnologias pela arte*, Domingues (1997, p. 19) afirma que a arte que se faz com tecnologias interativas tem como pressupostos básicos a mutabilidade, a conectividade, a não-linearidade, a efemeridade e a colaboração. A arte tecnológica interativa, portanto, pressupõe a parceria, o fim das verdades acabadas, do imutável e do linear. Reforçando essa ideia, Venturelli (2004, p. 24) nos diz que "a arte que nasce da união artística e tecnológica é a mais efêmera de todas: a arte do espaço-tempo-movimento. É a arte da ação e do dinamismo". E Semeler (2011, p. 72) propõe que, em projetos de arte e tecnologia, mesmo que a preocupação com o efêmero não apareça como elemento de primeiro plano, ela é decorrente da obsolescência inerente aos

dispositivos tecnológicos utilizados, bem como nos efeitos instantâneos produzidos em tempo real pela ação do espectador.

Segundo Rabello (2011, p. 2567) a partir do momento em que a arte se insere no âmbito da tecnociência, o diálogo entre obra e espectador se estabelece não somente sobre a base da linguagem ou da reflexão, mas principalmente de uma maneira prática, à medida em que exige a ação do observador no contexto da obra. Para Lister et al. (2009, p. 22), no contexto da arte computacional, interatividade se refere a capacidade dos usuários de intervir diretamente e alterar a obra. O público da arte computacional se torna um usuário ao invés de um espectador. É necessário que este usuário intervenha ativamente a fim de produzir significado. Essa intervenção, na verdade, acrescenta outros modos de engajamento, como brincar, experimentar e explorar, sob a idéia de interação. Como afirma Campbell (2000), o artista não escreve o lado do espectador da interação, portanto, o usuário pode responder de maneira mais aberta. Assim, provavelmente, os únicos diálogos significativos que ocorrem durante a interação com um trabalho são entre os espectadores e eles mesmos. As respostas do trabalho são, portanto, reflexos alterados das respostas do espectador e por isso as limitações com as quais nos defrontamos neste momento já não são tecnológicas.

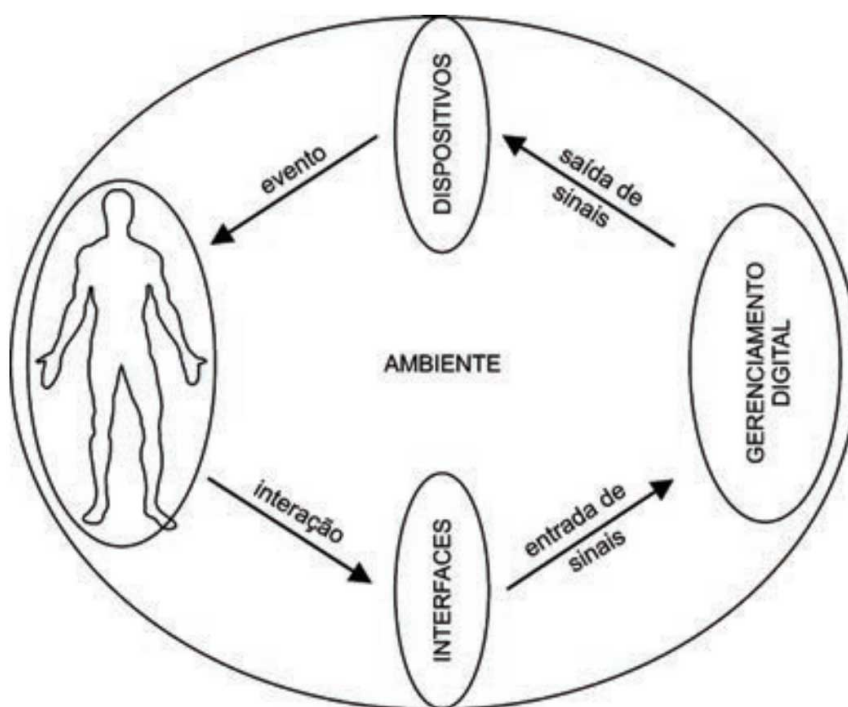
2.3 INSTALAÇÕES INTERATIVAS

Para Rosenthal (2003 apud SOGABE, 2011, p. 62) a instalação tem sua origem no envolvimento do espaço na obra e, de acordo com Semeler (2015, p. 1130), vem para romper com a hegemonia absoluta da frontalidade da pintura e com o pedestal da escultura para propor um espaço expandido, penetrável, participativo e ambíguo deslizando entre as fronteiras da materialidade e da imaterialidade. Neste contexto Domingues (1998) relata que o lugar onde o artista expõe a obra é também tratado como material, sendo assim, o espaço é incorporado ao conceito do trabalho. Sogabe (2008, p. 1992) afirma que a instalação sempre se caracteriza pela exploração do espaço pelo público, através de alguns elementos, sejam objetos ou imagens em graus diferenciados de interação com o fruidor. Para Bochio (2010, p. 5), no campo da arte e tecnologia, o conceito de instalação é ampliado para um ambiente onde são criadas situações com dispositivos tecnológicos. "A instalação interativa é um sistema vivo onde o público dialoga fisicamente com um evento que está acontecendo no ambiente, e que se modifica de acordo com as interações do público"(SOGABE, 2011, p. 62).

A figura 1 mostra o esquema de funcionamento de instalações interativas proposto por Sogabe (2011, p. 62). Podemos constatar que no ambiente existem cinco elementos: espaço,

público, interfaces, gerenciador digital e dispositivos. Além disso, existem processos que acontecem no tempo, sendo eles, o evento, a interação e o processamento de informações com entrada e saída de sinais.

Figura 1 – Esquema de funcionamento de instalação interativa



Fonte: Sogabe (2011, p. 62)

O espaço sempre deve ser considerado para que a obra seja, de fato, uma instalação. De acordo com Bochio (2010, p. 6), no contexto das instalações interativas, o espaço se torna sensível e os movimentos mais sutis do público são capturados, provocando o diálogo com a imagem. A partir da análise realizada por Sogabe (2011, p. 64) podemos afirmar que um evento é tudo que acontece dentro deste espaço. São as respostas fornecidas pelo sistema computacional que se materializam por meio dos dispositivos. Para Domingues (1998) os dispositivos compõem a cenografia, a ambientação, mas acima de tudo acrescentam elementos internos à própria concepção da obra. Sogabe (2011, p. 62) afirma que a simples presença do público no espaço, através do andar, ou de alguma ação física, pode gerar alterações no ambiente. Essas alterações (ou interações) são controladas por algum sistema computacional, ou como denomina o autor, através de gerenciamento digital, que recebe as informações (entrada de sinais), processa através de um programa e devolve para o ambiente no formato de informações atualizadas (saída de sinais), provocando um novo ciclo.

Para Sogabe (2011, p. 64) a instalação interativa entende o público como essencial para o acontecimento da obra. O interator se torna um elemento físico presente na instalação e que o artista tem de considerar. Público e interatividade estão intimamente conectados tendo em vista que a interação se manifesta em alguma ação proposta pelo interator. Bochio (2010, p. 6) explica, ainda, que

Em seus deslocamentos pelo espaço, o público constrói uma trama de relações com a obra por aproximação, afastamento, retornos, paradas, transformando o que é percebido por ele. Em instalações interativas, além disso, o público tem a possibilidade de agir e interagir com a situação proposta promovendo modificações nas próprias imagens e sons: há transformações de ordem física e não mais apenas perceptiva – o que caracteriza o termo interativo nas instalações. (BOCHIO, 2010, p. 6)

De acordo com Witt e Vares (2012, p. 199), para que qualquer tipo de interatividade aconteça, é necessária a existência de uma interface, uma tecnologia que propicie a comunicação entre o sistema e o interator. Lévy (2010, p. 37) define interface como sendo "todos os aparatos materiais que permitem a interação entre o universo da informação digital e o mundo ordinário", enquanto Sogabe (2011, p. 66) afirma que "a interface é o aparato físico que capta as ações do público na instalação, a parte sensível do sistema tecnológico". Sogabe (2011, p. 66) relata também que a interface não é apenas um aparato tecnológico, mas está diretamente relacionada à produção da poética da instalação. Witt e Vares (2012, p. 199) destacam que estas interfaces devem sempre evoluir, num sentido em que se tornem cada vez mais próximas ao nosso corpo, tenham um funcionamento simples de aprender, e que, acima de tudo, sejam capazes de atender às necessidades da obra. Para Rabello (2013) a interface permite, através de um canal de mão dupla entre homem e máquina, que a ação do homem, por mais sutil e imperceptível que pareça, seja reconhecida, processada pela máquina e devolvida para o interator. Portanto, as interfaces se tornam um tipo de condutor, estabelecendo a interatividade e convertendo os espectadores em atores dos sistemas. Rabello (2011, p. 2570) afirma que é por meio da interface que a troca de informação e a interação se efetiva, conectando o homem à máquina e engendrando uma atividade intensa, na qual dois mundos até então distintos são intimados a se entrecruzar. A interface provoca uma experiência interativa entre agentes, estabelecendo um novo tipo de relação entre o real e o artificial. Parafraseando Arantes (2004, p. 140) podemos dizer que "é a partir da interface com o interator que a obra pode se manifestar".

2.3.1 O corpo do observador nas instalações interativas

Numa época onde se solicita uma atuação corporal do observador dentro da obra de arte para que esta se atualize ou materialize Sogabe (2007, p. 1582) destaca que a condição do corpo do espectador adquire grande importância, pois, numa visão de um todo sistêmico, este se torna elemento constitutivo da obra. De acordo com Vares (2015, p. 2568) "quando conectado, esse corpo possuirá também alterações em sua espacialidade e fisicalidade, pois através das conexões – onde ocorre o encontro entre o orgânico e o inorgânico – seu corpo será aumentado, ampliado". Chega-se, então, em um momento de diálogo tamanho entre arte, telecomunicações e tecnologia que o público, não mais apenas espectador, passa à posição de interator, explicam Souza e Franco (2012, p. 528).

Sogabe (2007, p. 1585) entende que o diálogo corporal do espectador com a obra sempre existe. Segundo ele, isso ocorre mesmo nas obras de arte mais tradicionais à medida em que o próprio tamanho e a estrutura da obra provocam a aproximação, o afastamento, o andar de um lado ao outro ou o movimentar da cabeça do observador. Diz ainda que

Nas obras mais tradicionais, até antes do modernismo, a postura do observador em geral é sempre de um corpo fixo, quase imóvel, cujos movimentos restringem-se basicamente ao olhar, que percorre a imagem, de acordo com os centros de atenção e composição dos elementos visuais existentes. (SOGABE, 2007, p. 1585)

Segundo Rabello (2013) a inserção do corpo no espaço artístico foi inicialmente proposta pela arte da participação nos anos 1970 e 80. Nesta época já se articulava uma experiência sensorial por meio da ativação dos sentidos em ambientes cinéticos fosse pela utilização de óculos, pela ação de pisar, deitar ou apertar botões. Soares (2013, p. 534) diz que ao se analisar o comportamento corporal do público diante da obra (considerando a mente como parte do corpo), percebe-se que os artistas intencionalmente vem solicitando uma real aproximação do observador em relação à mesma, até que ela passe a existir na condição de que o fruidor não só esteja presente, como faça parte da obra e, ainda, colabore com a sua realização. Nas palavras de Semeler (2015, p. 1140) "o espectador é recrutado por meio da interatividade para que exerça um papel ativo na construção da obra".

Ainda de acordo com Rabello (2013) a correlação entre o processo interativo e a experiência estética tornou-se mais evidente com o advento das tecnologias digitais à medida que estas solicitam cada vez mais a ação, a movimentação, a vivência e a conexão do homem com o ambiente virtual, promovendo situações distintas dentro de uma dimensão estética. Para Couchot et al. (2003, p. 37) é possível notar que os dispositivos interativos imaginados pelos

artistas tendem a solicitar a participação do corpo inteiro. Neste contexto, Sogabe (2007, p. 1587) acrescenta que o corpo da obra já não existe independente do corpo do observador e que a tecnologia digital transforma os ambientes das instalações em ambientes onde o espaço projeta-se para dentro de imagens inteligentes, que se atualizam de acordo com cada participante, o qual denomina interator ou interagente.

Vares (2015, p. 2563) afirma que na interatividade o corpo dos usuários é colocado em contato direto com as tecnologias, fazendo trocas com estas através da emissão e recepção de mensagens, desenvolvendo o processo da obra. Nas palavras de Witt e Vares (2012, p. 198), "a interatividade também proporciona uma fricção: a do corpo do usuário, orgânico, com um sistema tecnológico, artificial". Para Vares (2015, p. 2563), neste contexto, a realização da obra não pode ser atribuída apenas ao artista, pois o público irá decidir se empresta ou não o seu corpo ao trabalho. Ela acrescenta que existe uma mudança de paradigma da própria experiência corporal tendo em vista que esses experimentos acontecem publicamente, onde qualquer ação executada pelo interator pode ser vista por outras pessoas presentes no espaço, que podem vir a julgá-lo. Esse fato, pode interferir no próprio desenrolar da obra, fazendo com que o usuário se dedique mais ou menos a participar efetivamente da mesma. Witt e Vares (2012, p. 199) concluem que durante o processo das obras, o corpo do espectador e o sistema tecnológico, são convidados a trabalhar em conjunto para que a proposta artística tenha sucesso. "Afim, é ao corpo que pertencem nossas sensações e percepções, que são justamente os campos afetados por instalações interativas"(WITT; VARES, 2012, p. 199).

3 A LUZ COMO MATERIAL

De acordo com Vega (2007, p. 18) os artistas, em diferentes épocas, se viram inspirados e cativados pela luz, tanto a natural quanto a artificial, e tentaram capturar seu mistério e sua natureza mágica em suas criações. Alguns em particular, como Caravaggio, Vermeer e Monet, buscaram retratar, quase como uma obsessão, a luz e seus efeitos no mundo ao seu redor e, mais recentemente, os artistas contemporâneos vem se utilizando da luz como matéria-prima, realizando manipulações em três dimensões para projetar suas dimensões infinitas.

Para entendermos como se deu, na arte, o uso da luz como material, precisamos compreender o processo de rompimento do pensamento clássico, a mimese, para o romântico, a *poiesis*, afirma Henno (2010, p. 74). Portanto, ainda que o objeto dessa pesquisa seja a luz como meio, faz-se necessário traçar um breve panorama histórico de como a mesma se manifesta ao longo da história da arte. Além disso, dedicaremos parte deste capítulo a explorar obras de artistas contemporâneos que trabalham a luz como material em um contexto de interatividade. E, por fim, vamos buscar compreender o cenário e a importância do cubo preto para exibição desse tipo de obra.

3.1 A LUZ NA HISTÓRIA DA ARTE

De acordo com Henno (2010, p.73) desde os primórdios da humanidade, quando o homem descobria o fogo, a luz sempre desencadeou fascínio. Esse deslumbramento se manifesta de maneiras distintas ao longo da história da arte. Muga (2008) afirma que "a experiência da luz atravessou três paradigmas ao longo da história: o paradigma da luz atributo - a luz venerada; o paradigma da luz efeito - a luz domesticada; e o paradigma da luz causa - a luz instrumentalizada".

Referindo-se à luz venerada, Muga (2008) observa que ela é percebida essencialmente como um atributo dos objetos, uma propriedade que lhes é inerente e não como um resultado da incidência luminosa. De acordo com Arnheim (1996 apud MUGA, 2008) até o renascimento a luz era usada basicamente como um meio de modelar o volume e não enquanto efeito da iluminação. Nesse contexto, o mundo é claro, os objetos são por si só luminosos e as sombras são aplicadas para sugerir rotundidade. Destaca também que, na arte religiosa, os fundos dourados, as auréolas e as línguas de fogo aparecem como atributos brilhantes, representações simbólicas da divindade e não como reflexo da luz. Podemos ver um exemplo destes atributos na figura 2 que mostra a obra *A lamentação* de Giotto de Bondone.

Figura 2 – A lamentação (1305), Giotto de Bondone



Fonte: Muga (2008)

Muga (2008) relata que é a partir do renascimento que o paradigma da luz atributo dá lugar ao da luz efeito. Além disso, conclui que foi mergulhando na *camara oscura* que vários pintores do barroco e do renascimento perseguiram uma representação realista da natureza. E que, graças à ela Leonardo da Vinci desenvolveu o método *chiaroscuro* e o *sfumato*, reforçando a tridimensionalidade e a profundidade da representação, evidenciando, assim, o efeito da luz incidente e das partículas atmosféricas na difusão da luz. Esse estudo, como podemos ver na figura 3, *A virgem dos rochedos* de Leonardo da Vinci, é desenvolvido no seio da escuridão que antes atributo do mal, torna-se aliada para se chegar à luz, afirma Muga (2008).

Figura 3 – *A virgem dos rochedos* (1495-1508), Leonardo da Vinci



Fonte: Muga (2008)

Com o advento da fotografia os pintores precisaram se reinventar. Para Henno (2010, p. 77) "o progresso tecnológico atrelado a fotografia exigiu que os artistas deslocassem o hábito descritivo da mimesis para um desenvolvimento interno de sua criatividade". Voltando a Muga (2008), a fotografia influenciou os impressionistas a saírem do ateliês e procurarem no interior do globo ocular a percepção de uma natureza que, a cada mutação de luz, mudava de aspecto e de verdade. Segundo Gombrich (1995 apud MUGA, 2008) Édouard Manet e seus seguidores descobriram que "ao olharmos a natureza ao ar livre e à plena luz do dia, as formas redondas parecem planas, e não vemos os objetos cada um com a sua cor própria, mas uma mistura brilhante de matizes que se combinam nos nossos olhos".

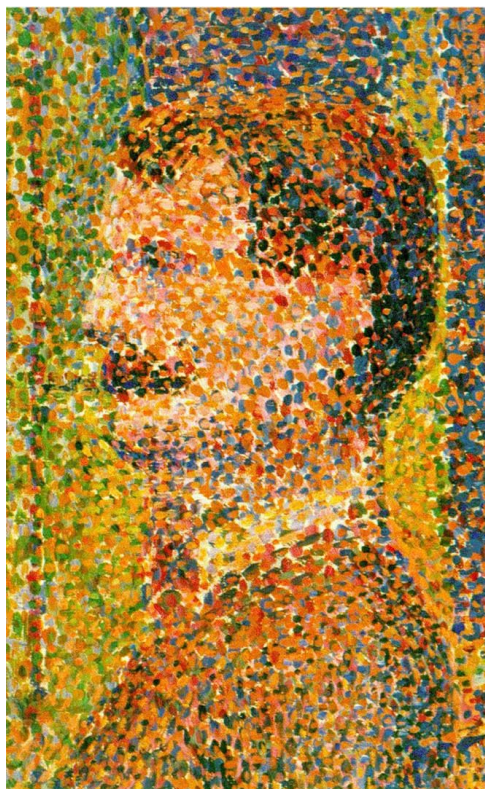
De acordo com Henno (2010, p. 78) foi apoiado no preceito de que a cor se mistura no olho e não na paleta que Seurat aplicava pontos de cor na tela, em locais estratégicos, a fim de que a mistura desses pontos, a partir de uma distância apropriada, fossem vistos como uma única cor pelo observador. Na figura 4 podemos ver a obra *La Pared* do artista e na figura 5 um detalhe ampliado desta mesma obra, que nos faz perceber como a mesma é constituída.

Figura 4 – *La Parade* (1887-88), Georges Seurat



Fonte: Henno (2010, p.79)

Figura 5 – *La Parade* (1887-88) - detalhe ampliado, Georges Seurat



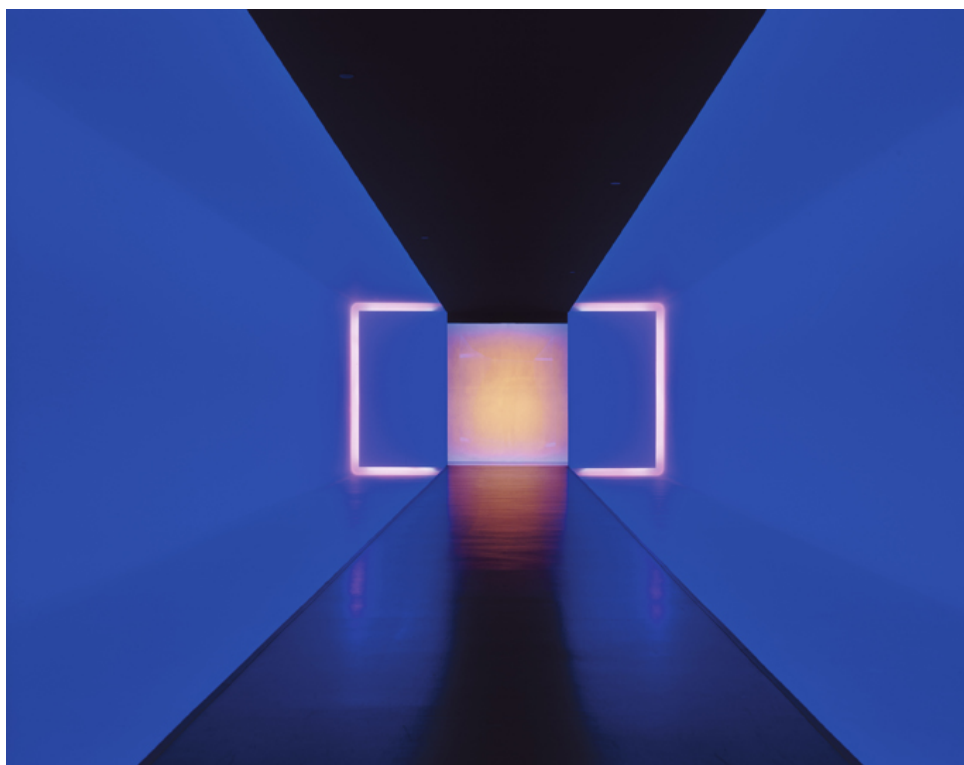
Fonte: Henno (2010, p.79)

Para Muga (2008), depois de ocupar o lugar de atributo brilhante e de efeito de iluminação, ao longo do século XX, a luz se torna um meio. Segundo Azevedo (2005, p. 1) a função da luz não

é mais somente de iluminar, de tornar visível uma obra ou um objeto, ou o mero reflexo dos seus efeitos suspensos no espaço. A luz passa a ser tratada como objeto ou material. Na perspectiva da arte contemporânea, se vê que, em muitas obras, a luz passa à matéria. Vega (2007, p. 23) afirma que, atualmente, muitos artistas exploram as possibilidades da luz artificial, trabalhando com mescla de materiais e diversos tipos de fontes de luz. Brandi (2015, p. 50) destaca que "alguns artistas e movimentos estéticos estão fortemente relacionados com a linguagem da luz, mesmo quando não a utilizam como objeto central da obra".

James Turrell, por exemplo, foi pioneiro de uma nova preocupação com os fenômenos do espaço e da luz. Em seus primeiros trabalhos investigou os efeitos da luz artificial. Ele também desenvolveu várias instalações que aumentaram a relação entre a luz e a estrutura arquitetônica. Em conversa com Adcock (1990, p. 114), ele relata que uma das dificuldades de usar a luz é que ainda não é tradição utilizá-la em nossa cultura. Por outro lado, não é mais incomum usá-la do que usar pedra, argila, aço ou tinta. O artista declara seu interesse em trabalhar a luz como material, mas não luz em vidro, fibra de vidro ou acrílico, e sim no próprio espaço e nas qualidades do espaço, fazendo luz sem a forma física tradicional. Ele nos traz também que há uma rica tradição na pintura do trabalho sobre a luz, mas que isso de fato não é luz - é o registro da visão. Na figura 6 podemos ver sua obra intitulada *The light inside* que transforma as paredes de um túnel em vasos para a condução da luz e nos dá uma ideia da dimensão na qual o artista trabalha este material.

Figura 6 – *The light inside* (1999), James Turrell

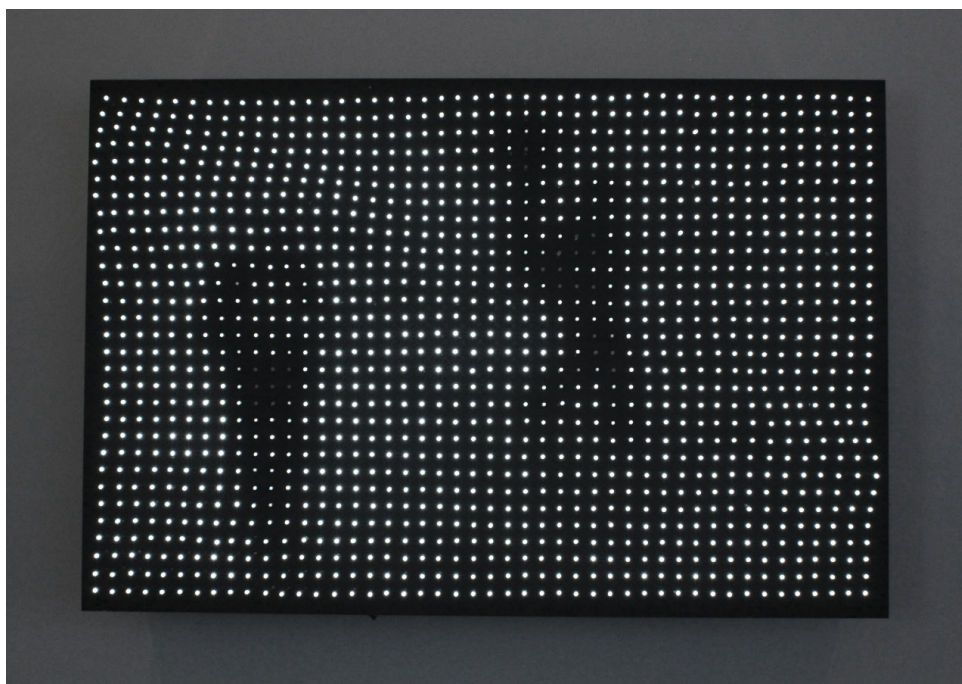


Fonte: Disponível em: <<http://jamesturrell.com/work/thelightinside/>>.

Acesso em: 18 jun. 2018

Já o trabalho de Jim Campbell chama à atenção pela antítese presente em suas obras. Em um vídeo produzido pela KQED (2015), o artista constata que em um mundo de alta definição e telas cada vez mais finas usa tecnologia para produzir o contrário: imagens borradas e em baixa resolução em painéis tridimensionais. Não há projeção. Essas vídeo-esculturas (figura 7) são compostas por grades de LEDs que atuam como uma televisão de *pixels* desconstruída. De perto, as luzes piscam de maneira desordenada, sendo apenas uma constelação de pontos brilhantes sem muito significado. A peça só começa a se revelar quando o espectador se afasta, tornando-se primeiro uma onda sincronizada de luzes em movimento e depois se transformando em imagens de crianças brincando ou homens e mulheres caminhando.

Figura 7 – *Light Topography Wave* (2014), Jim Campbell



Fonte: Disponível em: <<https://design-milk.com/pixelated-led-art-jim-campbell/>>.
Acesso em: 22 mar. 2018

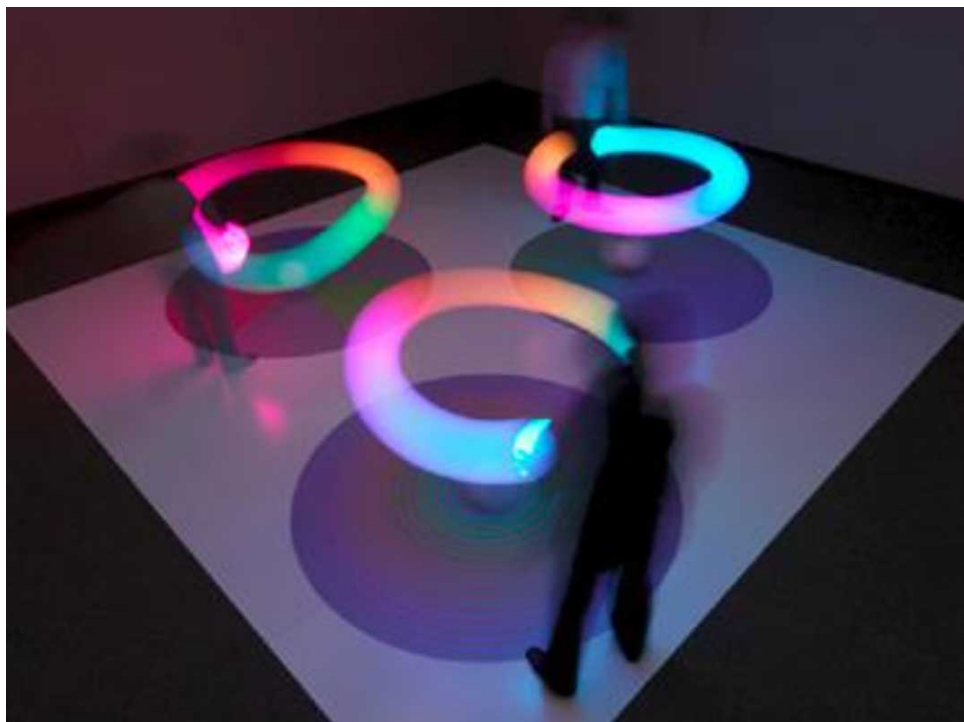
3.2 LUZ E INTERATIVIDADE

Henno (2010, p. 73) afirma que, aliado ao desenvolvimento da ciência e da tecnologia, o homem de hoje tem condições de gerar e projetar a luz artificialmente ao invés de se restringir aos meios naturais. E que, ao se apropriar da luz, ele controla as emissões cromáticas a ela vinculadas a partir de filtros ou de dispositivos tecnológicos específicos. Além disso, a autora relata que, atualmente, o artista dispõe de ferramentas que lhe possibilitam projetar através da luz. E, dessa forma, no caso da luz como fonte de emissão ou projeção, controla os dispositivos de luz, trabalhando poeticamente no momento em que confere um sentido à sua obra. Com o passar dos anos, os limites destes dispositivos se dissipam o que permite que a interação homem-luz cresça gradualmente. O reflexo dessa relação cada vez maior com os dispositivos técnicos, propicia uma abertura crescente da obra: o artista pode trabalhar em conjunto com o espectador na construção de seu sentido.

Um bom exemplo desta interação é a obra *Optone* (figura 8) de autoria do designer Tsutomu Mutoh que, de acordo com Henno (2010, p. 115), usa um objeto com um eixo vertical cujo topo possui uma cúpula contendo LEDs que se iluminam a partir do movimento aplicado pelo interator. Devido ao seu peso e à ação da gravidade a cúpula pode ser movimentada sem que a base perca contato com o solo. Assim, movimentos de rotação e balanço feitos por

quem interage são detectados por sensores, acionando os LEDs que estão dentro da cúpula. O dispositivo está vinculado a um *software* desenvolvido pelo autor que associa uma cor às coordenadas pelas quais a cúpula passa.

Figura 8 – *Optone* (2009), Tsutomu Mutoh



Fonte: Henno (2010, p. 115)

Outro artista cuja obra é relevante no contexto deste trabalho e que, além da luz, explora a perspectiva da arte computacional, é o japonês Takahito Matsuo que, segundo Soares (2013, p. 5), cria mundos interativos de fantasia e de luz que fazem parte de uma estética enigmática, misturando som e luz perante os movimentos do observador. Seu trabalho destaca as diferentes gradações de luz e sombra que contrastando mostram um mundo de fantasia e imaginação. Em *Fantasia Aquáticas Iluminadas* (figura 9), a exploração através de luz, projeções, arquitetura e interações humanas é fortemente encorajada. À medida que os visitantes se aproximam das paredes, se movimentam e se afastam, o número e a frequência das medusas aumentam e diminuem. As formas orgânicas e a brilhante paleta de azúis criam um mundo subaquático surreal, onde movimentos lúdicos e interações com o espaço arquitetônico resultam em uma comunicação não dita entre artista e participante.

Figura 9 – *Fantasia Aquáticas Iluminadas* (2009), Takahito Matsuo



Fonte: Soares (2013)

3.3 O CUBO PRETO

O cubo branco tende a não ser o cenário ideal para exibição de obras que tem a luz como material. Soares (2013, p. 40), afirma que "a maioria dos autores que trabalham com arte e tecnologia procuram o espaço do cubo preto como espaço expositivo. Neste espaço o que interessa é um novo ver, um espanto com a imagem". Diz ainda que o nome cubo preto para este tipo de exposição surge em contraposição ao cubo branco, criado por Brian O'Doherty, num ensaio publicado pela revista *Artforum* em 1976, fazendo alusão ao espaço das galerias de arte, com paredes brancas, sem janelas isolando o espectador num meio aparentemente atemporal. A ideia do cubo preto surge como ambiente ideal para propagação da luz e é também uma forma de imersão no interior da mente do artista.

De acordo com Sogabe (2011, p. 63) quando pensamos em instalações interativas, temos a lembrança de uma sala fechada e escura. Ele diz que essa condição está relacionada ao tipo de projetores de imagens existentes em uma época: com baixa luminosidade e que necessitavam de escuridão para apresentarem imagens nítidas. O autor afirma que, atualmente, essa condição já não é obrigatória, pois temos projetores de alta luminância, que podem funcionar em ambientes totalmente iluminados. Conclui então que, pela melhora dos equipamentos, o ambiente escuro passa a ser uma opção e não uma condição necessária. Ainda que isso possa ser verdade no que tange à imagem projetada, quando se trata da luz como fonte de emissão não se pode dizer o mesmo. Henno (2010, p. 125) afirma que, quando há pouca ou nenhuma luminosidade, a intensidade das cores é maior e mais perceptível devido ao contraste com a escuridão. E,

além disso, o contraste da cor como informação luminosa em face da escuridão estabelece comunicação com o observador seduzindo-o pelos sentidos que tal cor suscita.

4 COMPOSIÇÃO DA OBRA

Esta capítulo está organizado em quatro partes. Primeiro vamos trazer um breve relato sobre os dispositivos e tecnologias utilizados, depois apresentaremos o protótipo construído para validar o *software* e o *hardware* escolhidos para elaboração da obra, em seguida vamos fazer uma descrição da solução, apresentando as principais barreiras encontradas ao longo do percurso e, por fim, apresentaremos o projeto de instalação e montagem.

4.1 DISPOSITIVOS E TECNOLOGIAS

Com o intuito de manter documentada, possibilitando a reprodução ou atualização deste projeto no futuro, se faz necessário listar as versões e configurações aplicadas (quadro 1), bem como introduzir os principais dispositivos e tecnologias utilizados. Dentre os componentes essenciais em termos de *hardware* temos o Microsoft Kinect, o Arduino e o computador; enquanto o principal *software* é a Processing, responsável por orquestrar o funcionamento destes equipamentos em conjunto, através de um *script* desenvolvido ao longo desse trabalho.

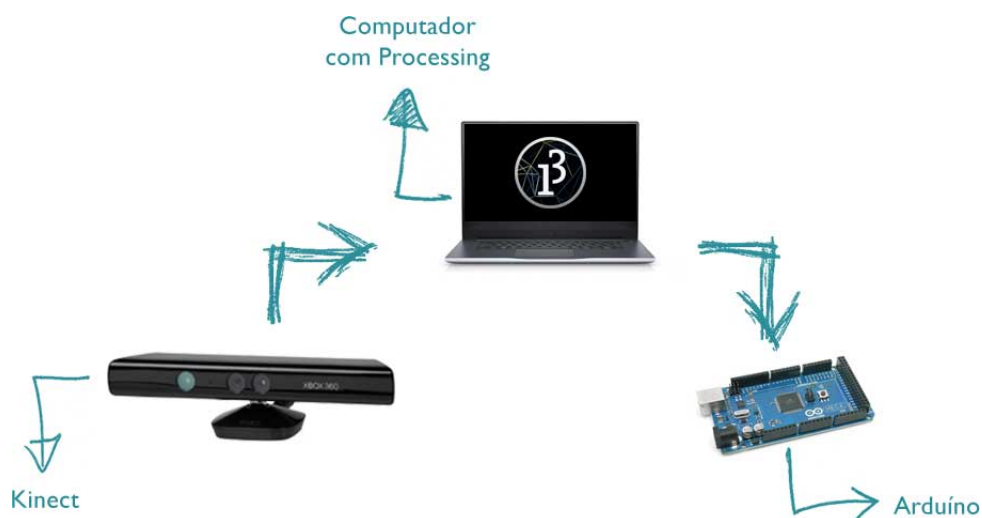
Quadro 1 – Especificações de *hardware* e *software* utilizados

Dispositivo ou <i>software</i>	Requisitos
Microsoft Kinect	Versão 1 - Modelo 1414
Arduino	Modelo Uno para o protótipo e Modelo Mega 2560 para o trabalho final
Computador	Suporte a versão da Processing utilizada e disponibilidade de 2 portas USB
Processing	Versão 3.3.7

Fonte: Elaborado pela autora

A figura 10 mostra como esses dispositivos estão interligados: o Kinect envia dados de profundidade para o computador, que através de um programa escrito em Processing, realiza cálculos e processamento das informações recebidas e, em seguida, envia instruções para o Arduino. Esse processo é cíclico e constante durante toda a execução da obra.

Figura 10 – Dispositivos utilizados na construção da obra

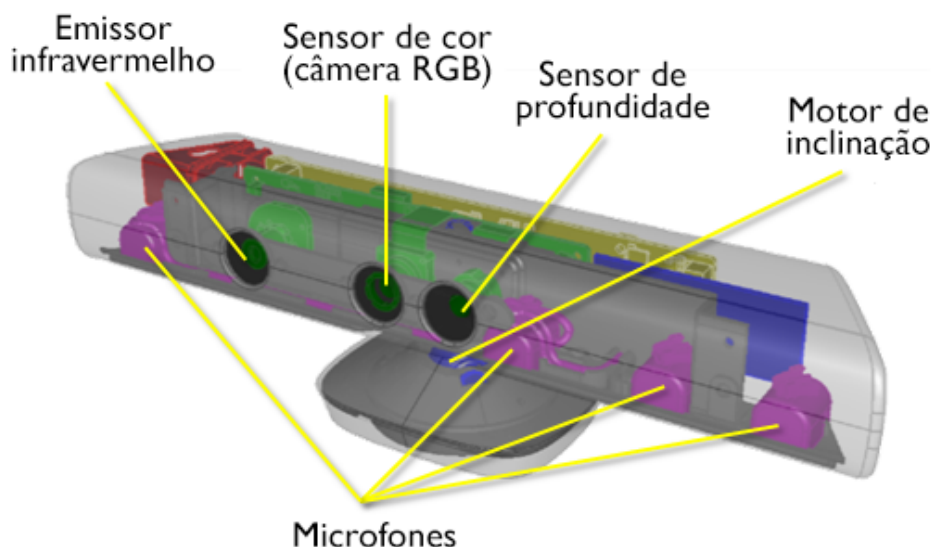


Fonte: Elaborada pela autora

4.1.1 Microsoft Kinect

O sensor Kinect é um dispositivo lançado em 4 de Novembro de 2010 como um acessório do console Xbox 360 da Microsoft. Orientado, principalmente, a indústria de jogos, foi criado para servir como uma forma de interação entre o utilizador e o console Xbox 360 através de gestos e comandos de voz. De acordo com a Microsoft (2018), em sua primeira versão, é capaz de capturar imagens com 640×480 *pixels* a 30 fps. O aparelho é formado por um emissor e sensor de profundidade baseados em infravermelho, uma câmera RGB, um motor de inclinação e uma série de 4 microfones. Na figura 11 podemos ver a posição de cada um destes componentes no dispositivo.

Figura 11 – Componentes do sensor Kinect



Fonte: Adaptado de Microsoft (2018)

Dentre seus componentes, o que mais nos interessa no contexto deste trabalho, é o sensor de profundidade. Ashley e Webb (2012) afirmam que a produção de dados tridimensionais é a principal função do Kinect. Ele difere de qualquer outro dispositivo de entrada justamente porque provê uma terceira dimensão e, para tanto, se utiliza de um emissor e uma câmera de infravermelho. Segundo Lucero (2012) o emissor projeta um padrão estruturado de luz infravermelha, enquanto a câmera lê esses raios e interpreta a deformação da projeção, convertendo essa informação em valores de profundidade e, conseqüentemente, medindo a distância entre o objeto e o sensor. De acordo com Correia (2013) estas medidas baseiam-se em triangulação tendo em conta o emissor, a câmera e as posições dos *pixels* no cenário. A profundidade é codificada numa escala de cinzas. Quanto mais escuro o *pixel*, mais próximo do sensor está esse ponto no espaço. Sendo que, *pixels* pretos indicam que não existe informação de profundidade. Isto ocorre no caso dos pontos estarem muito longe, impossibilitando a sua captura, no caso de estarem numa área onde não haja pontos do emissor de infravermelhos, no caso de o objeto refletir mal a luz infravermelha ou, finalmente, no caso de os pontos estarem muito próximos do sensor, uma vez que o campo de visão do Kinect é limitado em cerca de 80 centímetros a 4 metros.

4.1.2 Arduino

O Arduino é uma plataforma de prototipação eletrônica de *hardware* livre e de placa única (ARDUINO, 2018). De acordo com o *site* oficial do projeto, o objetivo é criar ferramentas acessíveis, com baixo custo, flexíveis e fáceis de usar. Para Souza et al. (2011) ela é ideal para

a criação de dispositivos que permitam interação com o ambiente, podendo utilizar diversas fontes de entrada como, por exemplo, sensores de temperatura, luz ou som, e como saída LEDs, motores, *displays*, auto-falantes, entre outros, criando desta forma possibilidades ilimitadas. É possível dizer à placa o que fazer enviando uma série de instruções ao microcontrolador. Para isso é necessário utilizar a linguagem de programação do Arduino (baseada em Wiring) e o seu *software* (IDE - *Integrated Development Environment* ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado), baseada em Processing (ARDUINO, 2018).

4.1.3 Processing

De acordo com Santos et al. (2008, p. 115) Processing é a primeira ferramenta criada para artistas por artistas e o seu desenvolvimento foi iniciado no MIT Media Lab por dois estudantes de graduação: Casey Reas e Benjamin Fry. Segundo informações contidas no *site* oficial do projeto, Processing (2018) é uma plataforma e uma linguagem de programação de código aberto (*open source*) para prototipação de *software* dentro do contexto das artes visuais. Disponível desde 2001, a Processing vem promovendo a alfabetização em *software* dentro das artes visuais e a alfabetização visual dentro da tecnologia.

4.1.4 Computador

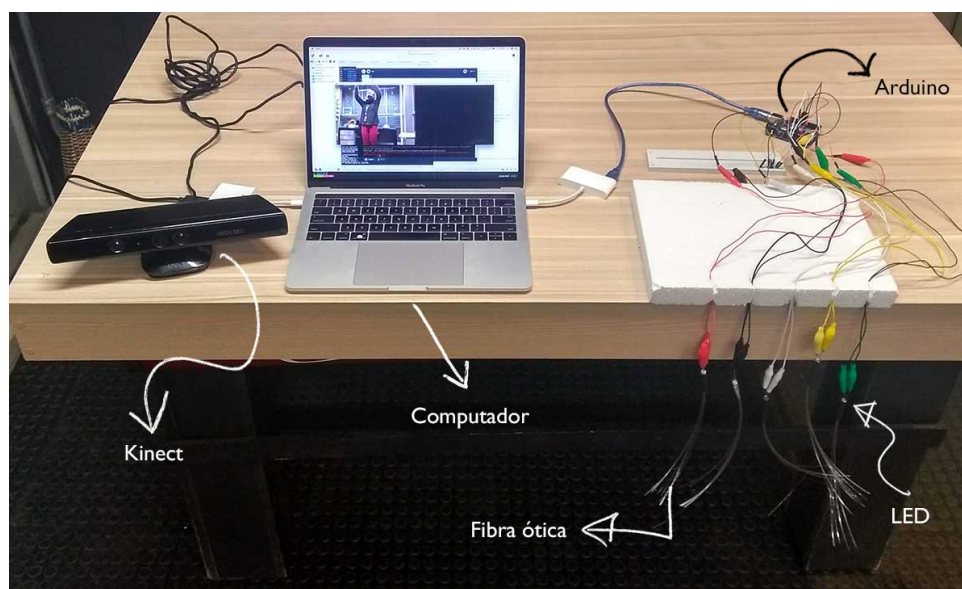
Este trabalho requer a utilização de um computador para processar os dados capturados pelo Kinect e enviar ao Arduino. O projeto foi desenvolvido e testado em equipamentos com configurações distintas, sendo que, à princípio, seus únicos requisitos são o suporte à instalação da versão de Processing mencionada no quadro 1, disponível no início deste capítulo, e duas portas USB, uma para cada dispositivo. Não foram realizados testes de *performance* para identificar a configuração mínima necessária para suportar o processamento de imagem executado. Estuda-se a possibilidade de utilização de um Raspberry PI (2018), que é uma série de computadores de placa única que se conecta a um monitor e utiliza *mouse* e teclado padrões, para obter como resultado uma instalação mais compacta e sem tantos dispositivos aparentes.

4.2 PROTOTIPAÇÃO E TESTES

Para validar o projeto foi construído um protótipo com o Microsoft Kinect, um computador, um Arduino Uno e 5 LEDs conectados à ele conforme pode ser visto na figura 12. Através da utilização de duas bibliotecas, *Open Kinect for Processing* e Firmata, construiu-se um *script* simplificado que controlava os dispositivos de entrada e saída de forma integrada, causando,

assim, o acender e apagar dos LEDs de acordo com as informações capturadas pelo sensor. Desejava-se provar a possibilidade de, primeiro, controlar os dispositivos de entrada e saída de dados de maneira simultânea e, depois, a capacidade da luz emitida pelo LED se propagar através da fibra ótica.

Figura 12 – Componentes do protótipo



Fonte: Elaborada pela autora

No que diz respeito a integração dos elementos presentes na obra, foi possível constatar seu correto funcionamento já em conformidade com o modelo da proposta introduzida na SEÇÃO 4.3 DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO, pois os dispositivos utilizados para prototipação são os mesmos ou muito similares aos que encontramos no trabalho final. A partir disso, o desafio se concentrou em construir a malha de LEDs, bem como fazer a colagem da fibra ótica em cada um deles, além de criar a versão final do *script* que deveria funcionar como uma matriz e carecia de otimização em sua lógica de detecção de presença.

Na figura 13 podemos ver uma amostra do protótipo sendo executado em um ambiente com baixa luminosidade. Constatou-se que a luz conseguia se propagar ao longo da fibra, mas que se mostrava com maior intensidade em suas extremidades. A partir disso foi elaborada uma proposta de junção dos LEDs com a fibra ótica que será apresentada mais adiante na Subseção 4.3.3.2 Malha de LEDs.

Figura 13 – Protótipo em ambiente com baixa luminosidade



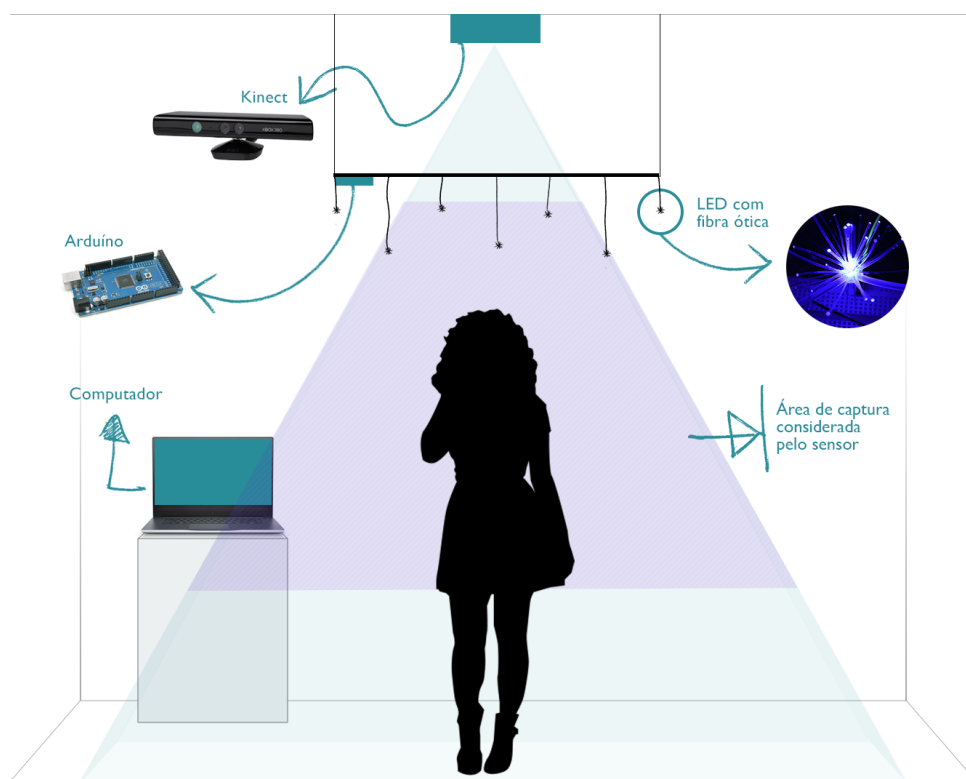
Fonte: Elaborada pela autora

4.3 DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO

Para efeitos de organização e com o intuito de facilitar a compreensão, esta seção foi organizada de acordo com os elementos presentes no modelo de instalação interativa proposto por (SOGABE, 2011) já cobertos na SEÇÃO 2.3 INSTALAÇÕES INTERATIVAS. São eles: a interface, representada pelo sensor Microsoft Kinect, que parece invisível dado que o interator precisa apenas estar com o seu corpo presente no espaço para que a obra se materialize; o gerenciamento digital que é feito através de um computador e da utilização de Processing para execução e manutenção do programa; e, por fim, o dispositivo de saída de dados, aqui representado por uma composição entre a malha de LEDs e o Arduino, traduzindo informação em luz.

Devido ao recurso de capturar objetos e movimentos no espaço, optou-se pelo uso do sensor Microsoft Kinect que, conectado a um computador, é responsável por captar a área onde os espectadores se encontram. Integrando-o a uma placa Arduino é possível controlar uma série de LEDs, dispostos em uma grade pendente ao teto. Cada LED possui cabos de fibra ótica *side light* (com emissão de luz lateral) conectados à ele que se iluminam conforme os espectadores caminham sob a grade. Na figura 14 podemos ver um esquema de montagem da obra.

Figura 14 – Esquema de montagem da obra



Fonte: Elaborada pela autora

4.3.1 Interface

O Microsoft Kinect atua como interface da instalação interativa proposta neste trabalho sendo utilizado como fonte de entrada de dados (*input*) para mapear o ambiente tridimensional. Considerando suas limitações, a que mais impactou este projeto é causada pela própria natureza da luz projetada pelo sensor. A luz emitida pelo projetor de infravermelho, ao se deparar com um objeto, gera uma sombra em outro que esteja numa distância maior. Segundo Lucero (2012) o resultado é que não se pode determinar a profundidade em zonas afetadas por estas sombras, pois elas criam zonas negras na imagem de profundidade, ou seja, pixels com valor zero, como pode ser visto na figura 15. O impacto gerado aqui é devido à malha de LEDs se encontrar entre o Kinect e o interator. A malha projeta uma sombra, criando pontos onde a área de intersecção entre o LED e o espectador pode não ser percebida. Para contornar este problema, ao invés de um ponto específico, adotou-se uma região maior que a espessura da sombra para garantir o acendimento dos LEDs.

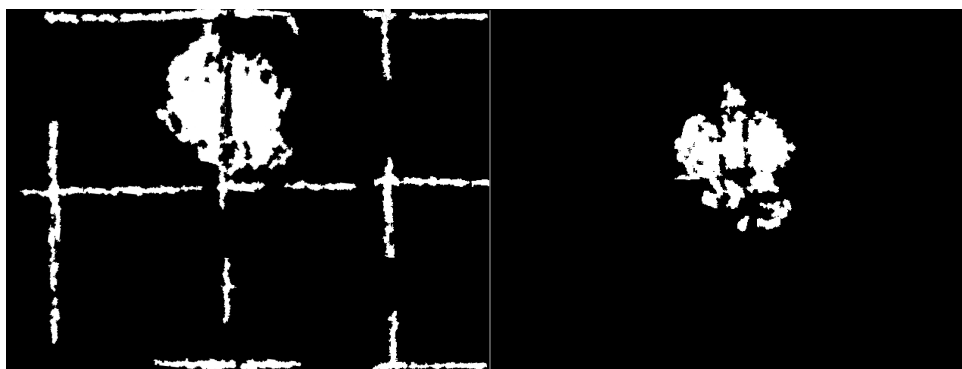
Figura 15 – Efeito das sombras no sensor Kinect



Fonte: Adaptado de Lucero (2012)

Além disso, o Kinect foi configurado através do *script* para considerar a captura de objetos em uma área específica entre a grade e o solo, dessa maneira, apesar de não ser possível impedir a criação de sombras, conforme falado anteriormente, podemos, pelo menos, desconsiderar a grade como uma fonte de entrada de dados. A figura 16 mostra dois exemplos de imagens criadas a partir dos dados capturados pelo sensor. À esquerda temos um caso sem a configuração mencionada e à direita uma imagem com o sensor já calibrado.

Figura 16 – Imagens geradas a partir das informações capturadas pelo sensor Kinect



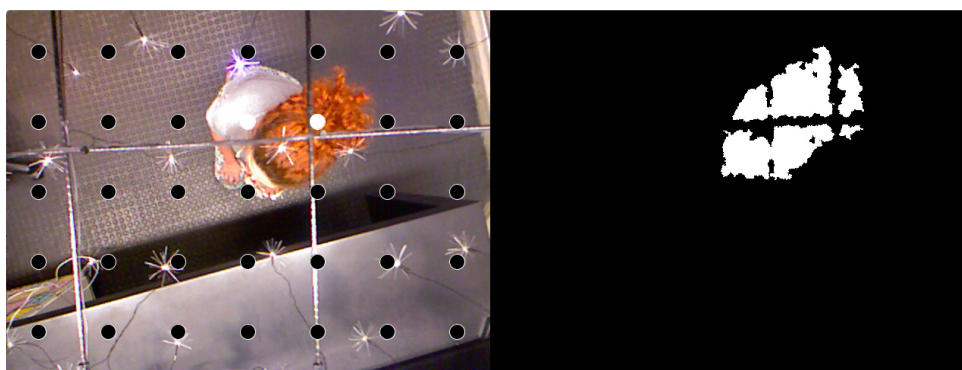
Fonte: Captura de tela gerada pelo sensor Kinect

Outro ponto importante que podemos observar na figura 16 é que as imagens possuem apenas *pixels* pretos e brancos. Este comportamento foi programado de maneira intencional. Isto porque, no âmbito desta proposta, nos interessa saber se existe algo (ou alguém) na área em questão e não a distância que possa estar da grade de LEDs. Dessa forma, interatores de diferentes estaturas podem criar o mesmo efeito ao caminhar sob a malha, ainda que, devido à diferença de distância do sensor, pessoas mais baixas pareçam menores na imagem capturada.

4.3.2 Gerenciamento digital

O gerenciamento digital da obra é realizado através de um computador que executa um programa escrito em Processing. Interpretando as informações fornecidas pelo Kinect, por meio da biblioteca *Open Kinect for Processing* e, gerando uma imagem bidimensional, que é utilizada por um algoritmo de detecção de cor, é possível determinar quais LEDs devem permanecer apagados e quais devem acender na estrutura. A figura 17 nos dá uma ideia de como o programa foi construído. À esquerda temos uma imagem da câmera com pontos brancos e pretos desenhados sobre ela, onde, cada um deles representa um LED na estrutura física. À direita temos a imagem gerada a partir dos dados do sensor de profundidade, sendo que as áreas brancas identificam a presença do interator. As coordenadas e área dos pontos que visualizamos na imagem à esquerda foram utilizados para capturar fragmentos na imagem à direita. A cor predominante no fragmento de imagem (branco ou preto) determina a informação que é enviada ao Arduino para que este, por fim, acenda ou apague os LEDs. Pontos brancos identificam os LEDs acesos, enquanto os pretos identificam os apagados.

Figura 17 – Captura da câmera e imagem gerada a partir do sensor de profundidade associadas à pontos que identificam os LEDs na estrutura física



Fonte: Elaborada pela autora

4.3.3 Dispositivo de saída de dados

O Arduino e a malha de LEDs, juntos, formam o dispositivo de saída de dados (*output*) que recebe as informações mapeadas pelo sensor Kinect (entrada ou *input*). Cada LED precisa ser controlado individualmente, por isso optou-se pela utilização do Arduino Mega 2560 que possui 54 entradas/saídas digitais, suficientes para atender a proposta apresentada sem adicionar complexidade ao circuito.

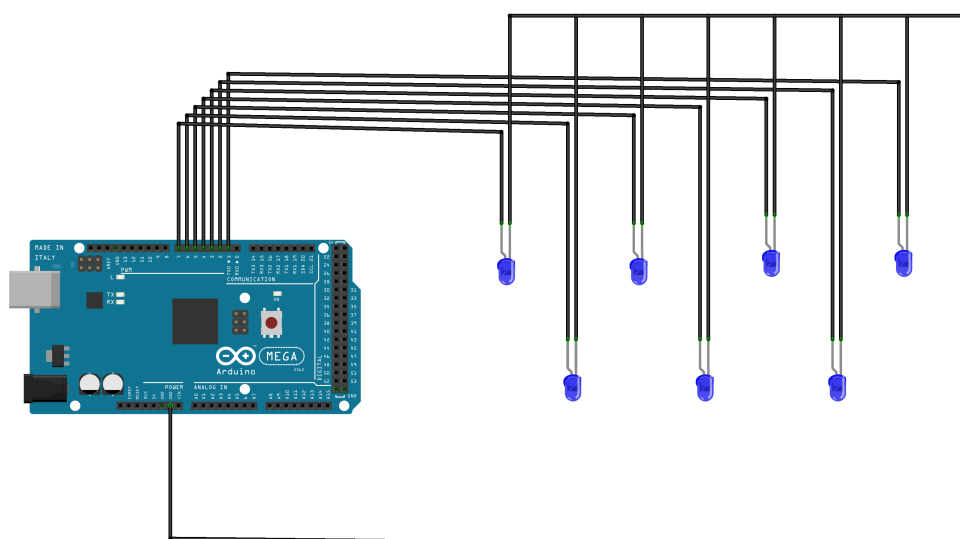
Não foi necessário escrever um *software* para executar no Arduino. Utilizou-se a biblioteca Firmata para servir como ponte de comunicação entre o dispositivo e o computador. Através

de um programa fornecido pela mesma e enviado para o microcontrolador foi possível gerenciar, a partir da Processing, todos os recursos disponíveis na placa.

4.3.3.1 Circuito

O circuito montado para execução deste trabalho é relativamente simples. As pernas negativas dos LEDs foram soldadas em um fio conectado na porta *ground* do Arduino, enquanto as pernas positivas foram conectadas à fios e plugadas individualmente em portas digitais. Na figura 18 podemos ver o esquema equivalente a uma linha da matriz de LEDs. As demais são conectadas da mesma maneira e só não foram adicionadas para não poluir a imagem.

Figura 18 – Circuito equivalente a uma linha da matriz de LEDs



Fonte: Elaborada pela autora

Constatou-se a necessidade de isolamento elétrico e de construir *jumpers* plugáveis na placa. Para isso, alguns materiais foram necessários. Além do próprio LED, pinos metálicos foram utilizados para conectá-lo ao fio e este ao Arduino, *cases* e tubos termoretráteis para isolamento das conexões, bem como a fibra ótica para causar o efeito proposto. O quadro 2 mostra as quantidades e especificações destes materiais por elemento luminescente.

Quadro 2 – Materiais utilizados por elemento luminescente

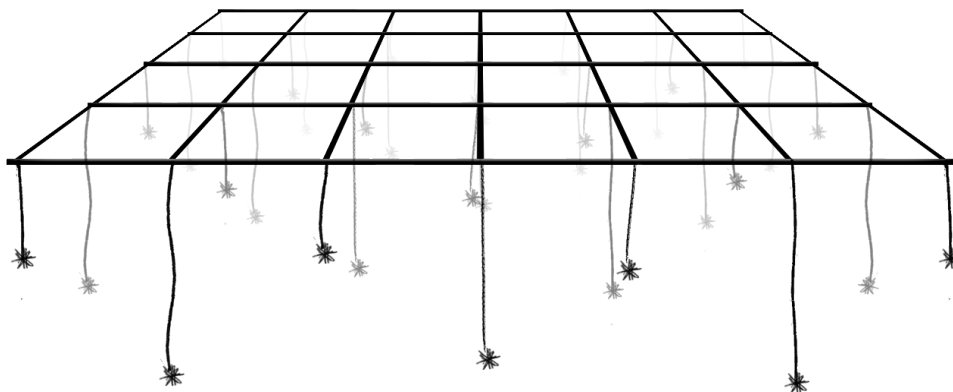
Quantidade	Material	Especificação
01 peça	LED alto brilho azul	5 mm
03 peças	tubo termo retrátil	1 mm de espessura e 5 cm de comprimento
01 peça	pino metálico	macho
01 peça	case plástico	-
02 peças	pino metálico	fêmea
40 cm	fibra ótica <i>side light</i>	0.5 mm de espessura em pedaços de aproximadamente 3 cm
40 cm	fibra ótica <i>side light</i>	0.75 mm de espessura em pedaços de aproximadamente 3 cm
20 cm	fibra ótica <i>side light</i>	1 mm de espessura em pedaços de aproximadamente 3 cm
Tamanho variado	fio	AWG 30

Fonte: Elaborado pela autora

4.3.3.2 Malha de LEDs

A malha é composta primariamente por uma grade de 120 x 80 centímetros que delimita o espaço da instalação onde o espectador pode interagir com a obra. Como podemos ver na figura 19, esta grade possui intersecções a cada 20 centímetros, formando uma matriz de 5 linhas por 7 colunas. Cada intersecção possui um LED preso à ela, somando um total de 35 LEDs dispostos na obra.

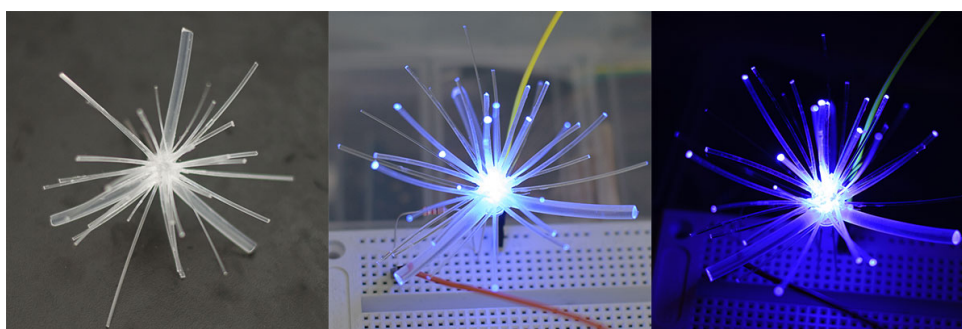
Figura 19 – Esquema da malha de LEDs



Fonte: Elaborada pela autora

Cada LED ocupa uma área na imagem processada pelo sistema computacional e conta com fios de fibra ótica, com emissão de luz lateral, de várias espessuras colados em sua extremidade. Quando o LED acende, a partir da interação com o usuário, a luz é transmitida pela fibra ótica, gerando vários pontos iluminados. Na figura 20 podemos ver o exemplo de um desses LEDs, sendo que, no primeiro quadro o LED é exibido apagado, no segundo aceso em ambiente com alta luminosidade e, por fim, no terceiro quadro, aceso em ambiente com baixa luminosidade.

Figura 20 – LED com fibra ótica em diferentes condições de luminosidade



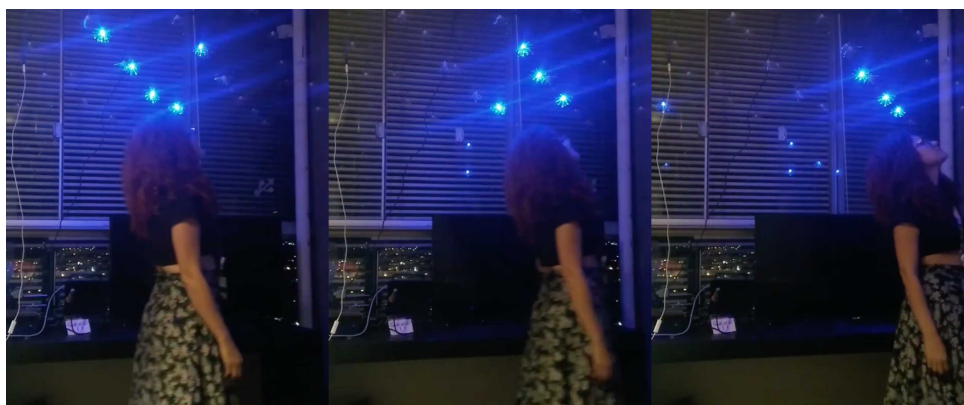
Fonte: Elaborada pela autora

A partir da figura 20 é possível constatar a diferença de exposição em ambientes com distintos graus de luminosidade. Ainda que a luz seja visível ao se observar o LED em um ambiente com alta incidência de luz e, isso viabilize a exposição do trabalho mesmo em condições como esta, se nota uma discrepância considerável quando voltamos nossos olhos para o terceiro quadrante, onde o LED é apresentado em ambiente com baixa luminosidade. A peça ganha destaque e a cor azul se propaga com maior intensidade.

4.4 MONTAGEM E INSTALAÇÃO

A obra foi disposta em um ambiente de laboratório para que fossem realizados testes de funcionamento e iluminação. Na figura 21 podemos ver o resultado em um exemplo de interação com o público. Montada em uma sala com iluminação artificial, a propagação da luz se mostrou adequada mesmo não estando em uma local completamente escuro, o que relativiza a preocupação demonstrada com relação à exposição da obra em um ambiente distinto ao do cubo preto.

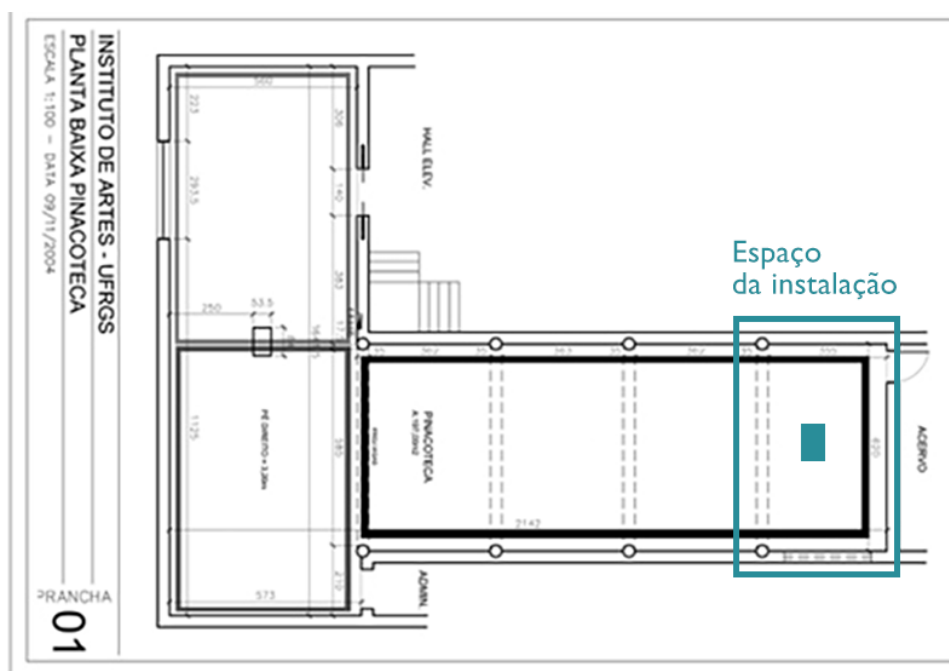
Figura 21 – Interação com o público



Fonte: Elaborada pela autora

O próximo local de montagem será a pinacoteca Barão de Santo Ângelo, no Instituto de Artes da UFRGS, cuja planta com especificação da área na qual a obra será instalada pode ser vista na figura 22. Com um pé direito de 3,2 metros a pinacoteca oferece as condições necessárias para instalação do trabalho que será fixado no teto através de ganchos. O espaço se trata de um cubo branco, com luz artificial controlada, o que nos dá margem para propor um esquema de iluminação que valorize a obra.

Figura 22 – Espaço da instalação na pinacoteca Barão de Santo Ângelo



Fonte: Adaptado de <https://www.ufrgs.br/institutodeartes>

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

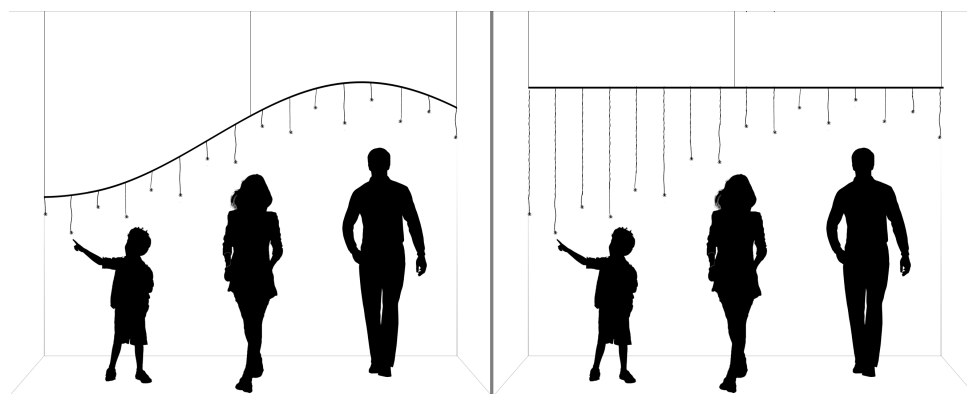
No âmbito deste trabalho, a aplicação da tecnologia e a utilização artística da luz, levou-me à construção de objetos que emanam luz e que, conectados, se completam com a presença do observador. São colocados num espaço com um percurso indefinido, mas com área limitada. Dentro desta área o observador é convidado a explorar seus movimentos e percepções. A experiência confirma a luz como material plástico essencial e a tecnologia como meio para sua execução.

O trabalho realizado é uma amostra da potencialidade do uso da tecnologia na arte e serve como ponto de partida para pesquisas futuras mais aprofundadas. Dando continuidade para a proposta aqui apresentada, algumas variações e otimizações do trabalho foram cogitadas e podem ser aplicadas juntas ou de maneira isolada em trabalhos futuros.

Uma das possibilidades está relacionada ao ganho de escala. No que tem relação com o circuito apresentado, poderiam ser utilizados multiplexadores que permitem aumentar o número de portas digitais do Arduino. Entretanto, a pesquisa necessitaria avançar no que diz respeito ao modelo de captura da presença do espectador no ambiente, dado que a área de abrangência do Kinect é limitada pela altura do local da instalação. A resposta poderia se dar através da triangulação de sensores Kinect ou, talvez, da construção de circuitos mais elaborados utilizando sensores ultrassônicos. Apesar destes sensores terem sido cogitados como uma das possibilidades de implementação de trabalho, nenhum teste de precisão ou *performance* foi realizado em relação aos mesmos.

Foi possível observar neste experimento que a altura do interator influencia diretamente na fruição da obra. Sendo estabelecida uma média para o posicionamento da grade em relação ao solo, indivíduos mais altos tendem a bater com a cabeça nos LEDs, enquanto crianças menores não conseguem tocar os mesmos. Sendo assim, um possível desdobramento seria permitir uma experiência mais homogênea para espectadores de diferentes estaturas. A figura 23 mostra duas possibilidades que foram pensadas para prover esta homogeneidade. À esquerda propõe-se uma variação na forma da grade e, à direita, uma mudança no comprimento dos fios. Ambas as propostas exigem a ampliação da obra para pelo menos o dobro do tamanho apresentado aqui, ainda que ocorra, necessariamente, em apenas um dos eixos.

Figura 23 – Possibilidades de variação da grade



Fonte: Elaborada pela autora

Outro caminho natural diz respeito a aplicação e otimização de efeitos. Através de alteração do *script* e utilização de portas analógicas seria possível, por exemplo, controlar a intensidade dos LEDs de acordo com a distância do espectador, fazendo-os acender ou apagar gradualmente à medida que o interator se afasta ou se aproxima. Além disso, também poderia ser estudada a manipulação de cores distintas através da utilização de LEDs RGB, neste caso, as possibilidades de variação dentro do mesmo trabalho são infinitas.

REFERÊNCIAS

ADCOCK, Craig. **James Turrell: The art of light and space**. Berkeley, Califórnia: University of California Press, 1990.

ARANTES, Priscila. Ciberespaço e estética midiática: tempo, espaço e interconexão. In: **Conexão – Comunicação e Cultura**. Caxias do Sul: UCS, 2004. v. 3, n. 6, p. 129 – 142. Disponível em: <<http://ucs.br/etc/revistas/index.php/conexao/article/view/93>>. Acesso em: 21 jul. 2018.

ARDUINO. **What is Arduino?** 2018. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em: 07 maio 2018.

ASHLEY, James; WEBB, Jarrett. **Beginning Kinect Programming with the Microsoft Kinect SDK**. 1. ed. New York: Apress, 2012.

AZEVEDO, Maria Isabel da Fonseca e Castro Moreira. **A Luz como Material Plástico**. Tese (Doutorado) — Departamento de Comunicação e Arte, Universidade de Aveiro, 2005. Disponível em: <<https://ria.ua.pt/bitstream/10773/1261/1/2009000678.pdf>>. Acesso em: 03. jun. 2018.

BOCHIO, Alessandra Lucia. **As imagens ds instalações interativas: uma abordagem sobre os modelos de solicitar a participação do público na obra de arte**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Estadual Paulista, Instituto de Artes, São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/86934>>. Acesso em: 11 jul. 2018.

BOONE, Silvana. **O efêmero tecnológico e a ausência da arte computacional nos acervos brasileiros**. Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Artes Visuais, Instituto de Artes, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/83713>>. Acesso em: 20 mar. de 2018.

BRANDI, Mirella. A linguagem autônoma da luz como arte performativa: a alteração perceptiva através da luz e seu conteúdo narrativo. **Revista sala preta**, v. 15, n. 2, p. 47–58, 2015. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/salapreta/article/view/102683>>. Acesso em: 17 jun. 2018.

CAETANO, Alexandra Cristina Moreira. Processos artísticos em interfaces computacionais. In: **Anais do 18º Encontro Nacional da ANPAP**. Salvador: [s.n.], 2009. p. 53 – 68. Disponível em: <http://anpap.org.br/anais/2009/pdf/cpa/alexandra_cristina_moreira_caetano.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2018.

CAETANO, Alexandra Cristina Moreira. **Interface: processos criativos em arte computacional**. Dissertação (Mestrado) — Departamento de Artes Visuais, Instituto de Artes, Universidade de Brasília, Brasília, 2010. Disponível em: <<http://www.repositorio.unb.br/handle/10482/7172>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

CAMPBELL, Jim. Delusions of dialogue: Control and choice in interactive art. **Leonardo**, The MIT Press, v. 33, n. 2, p. 133 – 136, 2000.

CORREIA, Miguel Medeiros. **Reconhecimento de Elementos Gestuais com Kinect**. Dissertação (Preparação de Mestrado) — Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, 2013. Disponível em: <https://paginas.fe.up.pt/~ee06160/thesis/wp-content/uploads/2013/03/RelatorioPDI_MiguelCorreia_ee06160.pdf>. Acesso em: 02 maio 2018.

COUCHOT, Edmond; TRAMUS, Marie-Hélène; BRET, Michel. A segunda interatividade. em direção a novas práticas artísticas. In: DOMINGUES, Diana (Org.). **A arte e vida do século XXI**. São Paulo: Editora UNESP, 2003. p. 27 – 38.

DOMINGUES, Diana. A humanização das tecnologias pela arte. In: **A arte no século XXI: A humanização das tecnologias**. São Paulo: Editoria Unesp, 1997.

_____. As instalações multimídia como espaços de dados em sinestesia. In: FECHINE, Yvana; OLIVEIRA, Ana Claudia de (Orgs.). **Imagens técnicas**. São Paulo: Hacker Editores, 1998.

FRECHIANI, Jamile Bravin. Da contemplação à interação: possibilidades de articulações com o espectador. **II Colóquio de Artes e Pesquisa do PPGA/UFES**, v. 1, n. 1, p. 91 – 101, 2011. Disponível em: <<http://periodicos.ufes.br/colartes/article/view/7735/5435>>. Acesso em: 11 jun. 2018.

HENNO, Juliana Harrison. **A cor como fonte luminosa e a inserção do receptor**. Dissertação (Mestrado) — Universidade de São Paulo, Escola de Comunicação e Artes, São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/27/27159/tde-30062011-171847/pt-br.php>>. Acesso em: 23 jul. 2018.

KQED. **Jim Campbell's LED Images Swim Through Space**. 2015. Disponível em: <<https://www.kqed.org/arts/11086747/watch-jim-campbells-led-images-swimming-through-space>>. Acesso em: 30 jun. 2018.

LÉVY, Pierre. **Cibercultura**. 2. ed. São Paulo: Editora 34, 2010.

LISTER, Martin; DOVEY, Jon; GIDDINGS, Seth; GRANT, Iain; KELLY, Kieran. **New Media: a critical introduction**. 2. ed. New York: Routledge, 2009.

LUCERO, Fabricio Alexander Córdova. **Detección de robo/abandono de objetos en interiores utilizando cámaras de profundidad**. [S.l.], 2012. 131 p. Disponível em: <<http://arantxa.ii.uam.es/~jms/pfcsteleco/lecturas/20121212FabricioACordovaLucero.pdf>>. Acesso em: 03 jun 2018.

MICROSOFT. **Kinect for Windows Sensor**. 2018. Disponível em: <<http://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh855355.aspx>>. Acesso em: 02 maio 2018.

MUGA, Henrique António. Paradigmas da luz na percepção e na arte. **Conferência sobre a luz, ESAP**, 2008. Disponível em: <<http://www.psicologia.pt/artigos/textos/A0504.pdf>>. Acesso em: 24 jul. 2018.

PI, Raspberry. **What is Raspberry PI?** 2018. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/about/>>. Acesso em: 17 novembro 2018.

PLAZA, Julio. Arte e interatividade: Autor - obra - recepção. **Brassilpaissdooofuturoboross**, 1990. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/ars/article/view/2909/3599>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

PRIMO, Alex. Interação mútua e reativa: uma proposta de estudo. **Revista da Famecos**, n. 12, p. 81 – 92, jun. 2000. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/limc/PDFs/int_mutua_reativa.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2018.

PROCESSING. **Processing**. 2018. Disponível em: <<https://processing.org/>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

RABELLO, Rafaelle Ribeiro. Espaços utópicos interativos. In: **Anais do 20º Encontro Nacional da ANPAP**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2011. p. 2565 – 2578. Disponível em: <http://www.anpap.org.br/anais/2011/pdf/chtca/rafaelle_ribeiro_rabello.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2018.

_____. O corpo como interface na geração de imagens em ambientes interativos. In: **ARTEFACTUM - Revista de estudos em Linguagens e Tecnologia**. [s.n.], 2013. v. 7. Disponível em: <<http://artefactum.rafrom.com.br/index.php/artefactum/article/view/218>>. Acesso em: 11 jul. 2018.

RAHDE, Maria Beatriz Furtado. Leituras iconográficas e pós-modernidade: da criação humana à criação do humano/máquina. **Revista FAMECUS**, n. 11, p. 75 – 83, 1999. Disponível em: <<http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/revistafamecos/article/view/3053/0>>. Acesso em: 14 ago. 2018.

SANTOS, Bruno N.; MARINHO, Francisco C. C.; BERGAMO, Marília L.; MOTA, Rosilane R. Programação para artistas. In: **SBC - Proceedings of SBGames 2008: Art Design Track**. Belo Horizonte: [s.n.], 2008. p. 115 – 119. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.655.5244&rep=rep1&type=pdf#page=125>>. Acesso em: 14 jul. 2018.

SEMELER, Alberto Marinho Ribas. **Objetos Tecnopoéticos: Transmutações de Imagens do Repulsivo**. Tese (Doutorado em Artes Visuais) — Programa de Pós-Graduação em Artes Visuais, Instituto de Artes, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

SEMELER, Alberto Marinho Ribas. Do objeto ao laboratório: a tecnociência e a tecnoinstalação como modos de produção na arte de nossos dias. In: **Anais do 24º Encontro Nacional da ANPAP**. Santa Maria/RS: [s.n.], 2015. p. 1127 – 1144. Disponível em: <http://anpap.org.br/anais/2015/comites/cpa/alberto_semeler.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2018.

SOARES, Ana Cristina de Oliveira Fernanda. **A poética da luz na arte contemporânea**. Dissertação (Mestrado em Criação Artística Contemporânea) — Departamento de Comunicação e Arte, Universidade de Aveiro, 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10773/10340>>. Acesso em: 20 maio 2018.

SOGABE, Milton. O corpo do observador nas artes visuais. In: **Anais do 16º Encontro Nacional da ANPAP**. Florianópolis: [s.n.], 2007. p. 1582 – 1588. Disponível em: <<http://anpap.org.br/anais/2007/2007/artigos/161.pdf>>. Acesso em: 11 jul. 2018.

_____. O espaço das instalações: objeto, imagem e público. In: **Anais do 17º Encontro Nacional da ANPAP**. Florianópolis: [s.n.], 2008. p. 1984 – 1993. Disponível em: <<http://www.anpap.org.br/anais/2008/artigos/180.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2018.

_____. Instalações interativas mediadas pela tecnologia digital: análise e produção. **ARS (São Paulo)**, v. 9, p. 60 – 73, 2011. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/ars/article/view/52785>>. Acesso em: 13 jul. 2018.

SOUZA, Anderson R. de; PAIXÃO, Alexsander C.; UZÊDA, Diego D.; DIAS, Marco A.; DUARTE, Sergio; AMORIM, Helio S. de. A placa arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo pc. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 1, 2011. Disponível em: <<http://www.sidney.pro.br/Downloads/331702.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2018.

SOUZA, Fernanda Machado de; FRANCO, Edgar Silveira. Da participação à interatividade: possibilidades colaborativas em arte e tecnologia. In: MONTEIRO, Rosana Horio; ROCHA, Cleomar de Sousa (Orgs.). **Anais do V Seminário Nacional de Pesquisa em Arte e Cultura Visual**. Goiânia/GO: [s.n.], 2012. Disponível em: <https://seminarioculturavisual.fav.ufg.br/up/778/o/2012-59_Da_participac%CC%A7a%CC%83o_a%CC%80_interatividade.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2018.

TAVARES, Monica. Aspectos estruturais e ontogênicos da interatividade. In: **Anais do X COMPOS**. Brasília/DF: [s.n.], 2011. Disponível em: <http://www.compos.org.br/data/biblioteca_1328.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2018.

VARES, Manoela Freitas. Arte-interatividade e suas relações com o público. In: **Anais do 24º Encontro Nacional da ANPAP**. Santa Maria: [s.n.], 2015. p. 2562 – 2572. Disponível em: <http://anpap.org.br/anais/2015/simposios/s3/manoela_vares.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2018.

VEGA, María Eugenia. La luz como material en la producción artística. **Revista Escenaa**, v. 30, n. 61, p. 17 – 26, 2007. Disponível em: <<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/escena/article/viewFile/8179/7782>>. Acesso em: 17 jun. 2018.

VENTURELLI, Suzete. **Arte: espaço_tempo_imagem**. Brasília: Universidade de Brasília, 2004.

_____. Interatividade computacional. **Moringa - Artes do Espetáculo**, João Pessoa, v. 2, n. 1, p. 131–139, 2011. Disponível em: <<http://periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/moringa/article/view/9991>>. Acesso em: 11 jun. 2018.

WITT, Anelise Vieira dos Santos; VARES, Manoela Freitas. Instalações interativas: fricções entre arte x entretenimento. In: **Anais do 21º Encontro Nacional da ANPAP**. Rio de Janeiro: ANPAP, 2012. p. 195 – 206. Disponível em: <http://www.anpap.org.br/anais/2012/pdf/simposio2/anelise_witt_e_manoela_vares.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2018.