

Mateus de Sousa van Stralen

**ARQUITETURA AMPLIFICADA:**  
INCORPORAÇÃO DE DISPOSITIVOS TECNOLÓGICOS DIGITAIS À  
ARQUITETURA

Belo Horizonte  
Escola de Arquitetura da UFMG  
2009

Mateus de Sousa van Stralen

**ARQUITETURA AMPLIFICADA:**  
INCORPORAÇÃO DE DISPOSITIVOS TECNOLÓGICOS DIGITAIS À  
ARQUITETURA

Dissertação apresentada no Curso de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção de título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Área de concentração: Produção, Projeto e Experiência do Espaço e Suas Relações com as Tecnologias Digitais.

Orientador: Prof. Dr. José dos Santos Cabral Filho  
Universidade Federal de Minas Gerais

Belo Horizonte  
Escola de Arquitetura da UFMG  
2009

AOS MEUS PAIS, CORNELIS E TEREZINHA

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos aqueles que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao orientador, Professor José dos Santos Cabral Filho, pelo incentivo e competência na condução deste trabalho.

Ao amigos Roberto e Juliana, pelo incentivo em iniciar esta etapa de formação.

Aos amigos Henrique e Rafael, pelo apoio e pelas importantes discussões e troca de idéias enriquecendo minha visão da arquitetura.

À Aline, Caio, Luisy, Miriã, Ricardo e Thiago, pelo apoio na construção do protótipo e na execução dos experimentos.

Ao Pedro pela paciência e ajuda no desenvolvimento de circuitos eletrônicos.

À Isabella e Barbara pela disposição e revisão cuidadosa do texto.

A todos os funcionários do NPGAU pelo apoio prestado ao longo do curso.

A todos os professores do Núcleo de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da UFMG pela competência e oportunidade das discussões travadas ao longo do curso.

A CAPES pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

Aos meus irmãos Ana, Rene e Karina pelo abrigo, carinho e apoio.

## RESUMO

Esta dissertação apresenta um estudo sobre a incorporação de dispositivos tecnológicos digitais na arquitetura, com foco nas experiências que, utilizando-se da interação mediada eletronicamente, podem enriquecer a relação entre o homem e o espaço arquitetônico. Se até poucas décadas atrás, estes dispositivos eram relativamente desconectados do espaço arquitetônico, existem hoje várias experiências onde os mesmos são incorporados ao próprio tecido da arquitetura, influenciando o design e vivência do espaço. O trabalho foi dividido em duas partes. A primeira, teórica e analítica, procura levantar questões acerca da incorporação de dispositivos tecnológicos digitais na arquitetura. Nessa discussão, analisa-se a confluência entre arquitetura e dispositivos tecnológicos, elencando diferentes práticas e abordagens ligadas à interatividade na arquitetura. São discutidos também alguns tipos de interação que podem acontecer entre o homem e o espaço arquitetônico, com foco nas práticas, sistemas e ferramentas que possibilitam esta interação. Na segunda parte, é feita uma análise de um protótipo de dispositivo interativo, desenvolvido para permitir a observação empírica de alguns dos assuntos levantados. São discutidas questões técnicas e metodológicas relacionadas à concepção e desenvolvimento de dispositivos interativos, através das quais levantou-se alguns problemas que podem ocorrer durante o desenvolvimento e construção de sistemas interativos. Através de algumas discussões propostas neste trabalho constatou-se que a abertura possibilitada pelos dispositivos tecnológicos digitais na arquitetura pode apontar uma mudança significativa na prática arquitetônica: a passagem de um sistema que separa aquele que desenha daquele que usa o espaço para outro onde esta separação é menos marcada. Esta mudança pode possibilitar e encorajar uma constante modificação do objeto construído.

Palavras-chave: Arquitetura Interativa, Arquitetura Relacional, Design de Interação, Interação Paskiana, Inteligência Ambiente.

## **ABSTRACT**

This dissertation presents a study about the incorporation of digital devices into architecture, focusing on experiences that, through the use of electronically mediated interactions, can enrich the relation between human beings and architectural space. Until a few decades ago, these devices were relatively disconnected from architecture, but recently there has been an increasing amount of experiences where these devices are merged into the fabric that constitutes architecture, influencing thereby the design and the way we experience space. This dissertation has been divided in two parts. The first, which has a theoretical and analytical approach, raises issues about the incorporation of digital devices into architecture. In this discussion, the convergence between architecture and digital devices is analyzed, presenting different kinds of practices and discourses related to interactivity in architecture. Furthermore, this part discusses different kinds of interactions that can take place between people and architectural space, with a focus on systems and tools that make this interaction possible. The second part, analyses a prototype of an interactive device, developed to allow an empirical investigation of some questions raised throughout the study. In addition, this part raises some technical and methodological issues related to the design and development of interactive devices, through which it was possible to detect problems that may occur during the development and construction of interactive systems. Through the discussions carried out in this research it was possible to observe theoretical and practical issues related to interactive systems. Here it was evidenced that the interaction and the openness made feasible by digital devices can point to a significant change in architectural practice: the shift from a system that separates the one who designs from the one that uses the space to another system where this separation is weakened. This change can make possible and encourage a continuous modification of the built environment.

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1:</b> Audio Grove - Christian Moeler 2000	38
<b>FIGURA 2:</b> Musicolor Machine - Gordon Pask. 1953	40
<b>FIGURA 3:</b> Generator project, Florida. 1978-80 - Matriz organizacional	42
<b>FIGURA 4:</b> Muscle – Hyperbody Research group - ONL	47
<b>FIGURA 5:</b> Perspectiva do Fun Palace - Cedric Price	50
<b>FIGURA 6:</b> Vista axonométrica do Fun Palace (1964) - Cedric Price	52
<b>FIGURA 7:</b> The Touring Machine	64
<b>FIGURA 8:</b> Projeção sobre fachada - <i>Displaced Emperors</i> (1997)	66
<b>FIGURA 9:</b> The Hello Wall - Ambient Agoras	70
<b>FIGURA 10:</b> Ambient Devices	71
<b>FIGURA 11:</b> Kinetic Light Sculpture (1992)	72
<b>FIGURA 12:</b> Modelo de Interação de Bill Verplak	84
<b>FIGURA 13:</b> Três Instalações desenvolvidas no AIA (2008)	85
<b>FIGURA 14:</b> Microcontroladores	85
<b>FIGURA 15:</b> Instalações na Semana do Lagear	94
<b>FIGURA 16:</b> Sistema microcontrolador	99
<b>FIGURA 17:</b> Croqui esquemático Instalação 2048	102
<b>FIGURA 18:</b> Fachada da Casa Ateliê Mamacadela	104
<b>FIGURA 19:</b> Célula de input e <i>feedback</i>	109
<b>FIGURA 20:</b> Circuito de ligação de múltiplas células com o microcontrolador	110
<b>FIGURA 21:</b> Testes de funcionamento do protótipo	111



## LISTA DE QUADROS E TABELAS

<b>QUADRO 1:</b> Programação <i>Processing</i>	97
<b>QUADRO 2:</b> Programação Arduino	98
<b>QUADRO 3:</b> Levantamento de programas para interfaces híbridas físico-digital	99
<b>QUADRO 4:</b> Programação <i>Processing</i> Mesa	141
<b>QUADRO 5:</b> Programação Arduino Mesa	144

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

<b>AIA</b>	<b>Ateliê Integrado de Arquitetura e Urbanismo</b>
<b>GUI</b>	<b>Interface Gráfica do Usuário</b>
<b>IHC</b>	<b>Interação Humano-Computador</b>
<b>LAGEAR</b>	<b>Laboratório Gráfico para experimentação arquitetônica</b>
<b>UFMG</b>	<b>Universidade Federal de Minas Gerais</b>
<b>RA</b>	<b>Realidade Aumentada</b>
<b>MIT</b>	<b>Instituto Tecnológico de Massachusetts</b>

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	
CAPÍTULO 2 INCORPORAÇÃO DE DISPOSITIVOS TECNOLÓGICOS DIGITAIS À ARQUITETURA	17
2.1. Do material ao imaterial: deslocamento da importância do hardware para o software .....	18
2.2. Da máquina ao aparelho: dispositivos tecnológicos digitais .....	24
2.3. Aparelho Arquitetônico: incorporação de dispositivos tecnológicos digitais à arquitetura .....	30
CAPÍTULO 3 ARQUITETURA E INTERATIVIDADE: DIFERENTES PRATICAS E ABORDAGENS	34
3.1. Interações no espaço arquitetônico .....	35
3.2. Arquitetura Interativa: práticas e abordagens .....	36
3.3. Swarm Architecture: interação dos componentes espaciais .....	44
3.4. Fun Palace: a interação e design contínuo do espaço .....	49
CAPÍTULO 4 FERRAMENTAS E SISTEMAS DE INTERAÇÃO: ESPAÇOS CONVERSACIONAIS, COMPUTAÇÃO UBÍQUA E INTERFACES HUMANO COMPUTADOR.	54
4.1. Espaços conversacionais: captar, codificar, processar, agir e interagir.....	55
4.2. Computação Ubíqua e Pervasiva.....	58
4.3. Interfaces: Interfaces físicas, Interfaces digitais, Interfaces Híbridas e Tangíveis .....	61
4.4. Ambient Display: o espaço com interface .....	67
4.5. Physical Computing: a comunicação entre o físico e o digital .....	73

CAPÍTULO 5 ELABORAÇÃO DE UM SISTEMA INTERATIVO: CONTEXTO DA PESQUISA, ROTEIRO CONCEITUAL, EXPERIMENTAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO	77
5.1. Protótipo de uma mesa interativa: aparato híbrido, físico-digital como interface entre o homem e a informação digital .....	78
5.2. Contexto no qual se desenvolveu a pesquisa: ensino e pesquisa no Lagear.....	80
5.3. Roteiro metodológico para sistemas interativos .....	82
5.4. Estrutura conceitual do sistema .....	87
5.5. Processo de familiarização: circuitos e micro-controladores .....	92
5.5.1 Experiência 1: Circuitos eletrônicos simples .....	93
5.5.2 Experiência 2: Micro-controladores .....	96
5.5.3 Experiência 3: Instalação 2048: Arquitetura Relacional .....	100
5.5.4 Experiência 4: Mesa de apresentação reativa .....	105
5.6 Execução do protótipo .....	106
5.6.1 Primeiros teste: potencial amplificador da conexão espacial .....	110
5.6.2 Interfaces híbridas: fusão das características físicas e digitais .....	114
5.6.3 Abertura das interfaces digitais.....	117
6 CONCLUSÃO	120
REFERÊNCIAS	132
ANEXOS	139
ANEXO A: PROGRAMAÇÃO MESA	140

## 1. INTRODUÇÃO

---

## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de novas tecnologias teve frequentemente um grande impacto sobre a forma de construir e habitar o espaço arquitetônico. Algumas destas tecnologias transformaram a maneira com que as pessoas se relacionam, alterando a percepção de espaço e tempo, e conseqüentemente da própria arquitetura. Desta maneira, sempre foi um desafio para os arquitetos pensar como lidar com os problemas e possibilidades que cada nova tecnologia oferece. Isto pode ser hoje uma tarefa particularmente difícil, já que no momento atual, as mudanças e transformações proporcionadas pelas incessantes inovações tecnológicas se tornaram habituais. Por outro lado, estas inovações podem representar na arquitetura a possibilidade de se criarem novas experiências espaciais e novas formas de relação entre o homem e o espaço arquitetônico.

Em vista de entender e organizar as possibilidades trazidas pelas tecnologias da informação na arquitetura, pesquisadores e teóricos desenvolveram idéias e conceitos que, apesar de terem aspectos específicos diferentes, sobrepõem-se em uma questão fundamental – a incorporação de dispositivos tecnológicos digitais à arquitetura. Se antes estes dispositivos eram relativamente desconectados do espaço arquitetônico, existem hoje várias experiências onde eles são incorporados ao próprio tecido da arquitetura, influenciando desta maneira o design e vivência do espaço. Estes dispositivos trazem para a arquitetura a capacidade de captar, guardar, processar e transmitir informação, dotando o objeto arquitetônico do potencial de ação, reação e interação.

Nesta dissertação, procurou-se fazer um estudo sobre a incorporação destes dispositivos à arquitetura, tendo como recorte as experiências, que possibilitam ou enriquecem formas de interação entre o homem e o espaço arquitetônico. A

possibilidade da arquitetura de interagir, mudando sua forma e adaptando sua conformação a partir da relação como o homem, foi sempre vista como algo mágico e lúdico, que inspirou filmes e livros de ficção. Porém, além do potencial lúdico, a interação pode também significar uma estratégia de flexibilização de uso do espaço e de um design mais centrado no usuário. Este potencial foi o que motivou esta pesquisa, que procurou, através de uma discussão sobre algumas formas de interação e desenvolvimento de sistemas interativos, contribuir para uma discussão que ainda não é generalizada na arquitetura, em especial no Brasil.

A dissertação foi organizada em cinco capítulos. No segundo, propôs-se uma discussão mais ampla sobre a incorporação de dispositivos tecnológicos digitais à arquitetura. Abordou-se a questão a partir de uma analogia com os termos *hardware* e *software*, que são frequentemente associados à dispositivos digitais. O intuito desta forma de aproximação é levantar novas questões relacionadas à arquitetura em uma época na qual as tecnologias digitais exercem grande influência nas visões do mundo. Em seguida, discutiu-se o conceito de *aparelho*, que visto a partir da visão filosófica de Vilém Flusser, pode representar a maioria dos dispositivos tecnológicos digitais. Finalmente, foi feita uma relação entre a arquitetura e o aparelho, com o intuito de examinar quais são as implicações conceituais da incorporação de dispositivos tecnológicos digitais à arquitetura.

No terceiro capítulo, foi iniciada uma discussão sobre os vários níveis de interação que acontecem no espaço arquitetônico. Esta discussão foi proposta através da análise de conceitos relacionados à *Arquitetura Interativa*, *Interação Paskiana*, *Ambiente Paskiano* e *Swarm Architecture*. A Instalação *Áudio Grove*, do artista Christian Moeller, a instalação *Musicolor Machine*, de Gordon Pask, o projeto para o *Generator* e *Fun Palace*, do arquiteto Cedric Price e o Protótipo

*Muscle*, do Grupo Hyperbody, foram utilizados para exemplificar a discussão e apontar potencialidades e possíveis problemas de cada tipo de interação.

No quarto capítulo, propôs-se o levantamento de práticas, experiências e abordagens ligadas ao desenvolvimento de *espaços conversacionais*, geralmente chamados de *espaço/ambiente inteligente*, capazes de interagir dialogicamente com o homem. O intuito foi explorar potencialidades, possíveis dificuldades e problemas ligados à informatização do espaço arquitetônico, que pode ser visto como um meio para possibilitar a interação dialógica na arquitetura.

No quinto capítulo, buscou-se, através da descrição da experiência de construção de um protótipo, fazer uma análise empírica de assuntos discutidos nos capítulos anteriores. No início do capítulo, é descrito o contexto no qual se desenvolveu a pesquisa. Em seguida é elaborada uma metodologia de desenvolvimento de sistemas interativos para servir de base conceitual para a elaboração do protótipo. São ainda listados alguns experimentos que precederam a construção do protótipo, visando criar uma familiarização com circuitos eletrônicos e dispositivos de processamento de dados. Finalmente, é feita uma descrição do protótipo e dos primeiros experimentos realizados com ele, a partir dos quais são levantadas algumas questões.

## **2. INCORPORAÇÃO DE DISPOSITIVOS TECNOLÓGICOS DIGITAIS À ARQUITETURA**

---

## INCORPORAÇÃO DE DISPOSITIVOS TECNOLÓGICOS DIGITAIS À ARQUITETURA

### 2.1 Do material ao imaterial:

*Deslocamento da importância do hardware para o software.*

Sempre se observou na arquitetura certa ambiguidade, que, vista como disciplina, nunca encontrou uma definição clara, pendendo principalmente entre a arte e a técnica. Como observa Cabral Filho (2005), “a arquitetura como disciplina sempre ocupou um lugar ambíguo quando se trata de sua classificação, entre arte e técnica, entre ciências sociais e ciências exatas”. Isto se deve ao fato do próprio objeto arquitetônico permitir análises diversas, nas quais ora pesam os aspectos materiais, ora os aspectos imateriais. Como nos lembra Brandão (1999, pg 27), “a própria definição de arquitetura exige que ultrapassemos o puro objeto, e reconheçamos os valores e o *mundo* que o edifício torna visível”. Desta forma, uma discussão sobre a arquitetura já nos aponta a existência de dimensões múltiplas, sejam elas místicas ou religiosas, artísticas ou sociológicas, materiais ou imateriais. Assim como a discussão da *arché* e do tectônico suscitou reflexões acerca destas dimensões na análise histórica da arquitetura, propõem-se, nesta dissertação, a adoção dos conceitos *software* e *hardware*, com o intuito de levantar novas questões em uma época em que as tecnologias digitais exercem grande influência em nossa visão do mundo.

Em um primeiro momento, analisando-se a incorporação de dispositivos tecnológicos digitais à arquitetura, é possível identificar uma abordagem na qual a tecnologia é utilizada para controlar elementos ligados ao objeto

arquitetônico, entendendo-se aqui, como objeto, a parte sólida e material da arquitetura. Exemplo disso é a automação de portas e janelas, que podem reagir à presença das pessoas ou as variações de temperatura e luminosidade de um ambiente. Porém, através de uma análise mais cuidadosa, identifica-se também uma segunda abordagem, que explora a tecnologia e a arquitetura como mediadoras do conjunto de interações que acontece entre os habitantes. Nesta abordagem, pesquisa-se como as tecnologias digitais, incorporada à arquitetura, podem potencializar a interação entre corpo, espaço e tempo. Para discutir estas duas abordagens entenderemos como *hardware* a parte sólida e material da arquitetura e como *software* o conjunto de relações espaciais que dão base e significado à arquitetura. Apesar da dimensão material e imaterial na arquitetura serem indissociáveis, esta separação conceitual é pertinente à discussão sobre o tema em questão.

Em um computador, designa-se como *hardware* a parte física da máquina, ou seja, os circuitos, placas, armação, motores e micro-controladores que possibilitam que o computador tenha uma funcionalidade em potencial. A palavra deriva dos substantivos *hard* (firme, sólido e compacto) e *ware* (mercadoria ou objeto), e tem como significado histórico as ferramentas, instrumentos e utensílios feitos de metal. Tradicionalmente a arquitetura também pode ser pensada como *hardware*, ou seja, é tudo aquilo que é físico e material como o piso, a parede e o telhado. Como observa Veen (2006), *hardware* é o domínio do espaço físico, que é percebido de maneira direta. Na arquitetura, ele é resultado da articulação de vários elementos como a estrutura, os materiais de vedação, as portas, janelas, circuitos elétricos e eletrônicos etc. Estes elementos são normalmente fruto de diversos campos da tecnologia como o da construção, da indústria e da eletrônica. Apesar de ainda não o ser de forma generalizada, as tecnologias digitais estão cada vez mais presentes neste conjunto. Elas aparecem, por exemplo, na forma de estruturas

dinâmicas, controladas por computadores ou micro-controladores incorporados ao tecido arquitetônico.

Segundo Veen (2006) a *fisicalidade* do *hardware* remete à permanência e à estabilidade, que no ambiente construído criam distinções claras entre o dentro e o fora. Neste sentido, o ambiente funciona como um abrigo que estabelece um limite entre o agora e antes, entre o aqui e o lá. Ao estabelecer estes limites, o objeto arquitetônico articula eticamente as pessoas, materializando as regras de coexistência e das categorizações éticas, estabelecendo distâncias e conexões possíveis entre diferentes categorias de eventos: público ou privado, sagrado ou profano, pessoal ou comunitário, entre outras (CABRAL FILHO, 2005).

Se *hardware* pode ser entendido como a parte sólida e material da arquitetura, então *software* representaria tudo aquilo que é imaterial. Leva-se em consideração aqui o significado etimológico da palavra inglesa que deriva dos substantivos *soft* (macio ou mole) e *ware* (mercadoria ou objeto). Porém, é possível também aproximar-se da questão por um outro caminho, assumindo o significado corriqueiro da palavra, que pode ser entendida como um conjunto de programas contendo instruções que permitem ao aparelho executar uma tarefa. Assim, entender o conjunto de relações espaciais como *software* seria pensar a base da arquitetura como programa. Este caminho pode nos levar a reflexões interessantes sobre o programa arquitetônico e sobre o *estar programado* da arquitetura.

Porém, uma abordagem não exclui a outra, já que, de certa forma, o próprio programa arquitetônico pode ser visto como algo imaterial, que reflete a vontade do arquiteto, o desejo do cliente, ou mesmo, a cultura de uma determinada época. De acordo com o pensamento *Funcionalista* (final do

século XIX e início do século XX), o programa do edifício era um reflexo de sua função, e a função era vista como aquilo que dava origem à forma. Essa idéia fica clara a partir da frase tornada famosa por Sullivan (1896) de que “a forma sempre segue a função”. De acordo com Sullivan, a “essência das coisas toma forma na matéria das coisas”. Observa-se, a partir disso, que o *hardware* representava a objetificação do *software*, ou seja, do programa arquitetônico. Porém, se antes este programa era passível de ser materializado na arquitetura, hoje ele é cada vez mais flexível e dinâmico, fruto do diálogo entre o homem e o ambiente, reflexo de uma época em que a mudança e a novidade se tornaram o habitual.

Haque (2004) propõe que a arquitetura, que pode ser vista como *hardware*, é também passível de ser pensada como *software*, entendendo-a como os sons, temperatura, cheiros, ondas de rádio que nos cercam ou a própria estrutura social que sustenta o espaço projetado. Haque sugere levar esta analogia a um extremo, propondo que a arquitetura poderia ser pensada como um *sistema operacional* no qual pessoas poderiam criar seu próprio programa de interação espacial. Não obstante, não se trata de uma relação dicotômica entre o material e o imaterial, já que para Haque (2004), o *hardspace*, ou espaço sólido, provê uma estrutura para sustentar estas interações espaciais. Esta visão aponta para um deslocamento da importância do *hardware* para o *software*. Neste deslocamento o *hardware* passaria a ser suporte para o *software*.

O Pavilhão da Philips, do arquiteto Le Corbusier, pode exemplificar este deslocamento conceitual. Segundo Treib (1996) o Pavilhão foi talvez uma das primeiras instalações arquitetônicas a associar sons, luzes e imagens sobrepostos a uma superfície curvilínea de concreto, gerando uma experiência de imersão espacial. A demanda colocada pela Philips era de que se exibisse de maneira integrada a tecnologia de ponta produzida pela empresa na época. Le Corbusier confiou ao arquiteto Yannis Xenakis o desenvolvimento do projeto

do edifício cujo interior deveria se assemelhar a uma espécie de estômago para receber as projeções e os efeitos sonoros. Xenakis concebeu o edifício a partir de uma série de parabolóides hiperbólicas formando um objeto que lembrava uma conjunção de tendas. As retas que formavam a parabolóides geraram um interior curvilíneo, atendendo às expectativas de Le Corbusier.

Os componentes visuais se dariam na confluência de: 1| um vídeo que utilizava o interior curvilíneo do edifício como superfície de projeção; 2| um sistema de iluminação com luzes coloridas que serviam para potencializar a ambiência gerada pela carga simbólica e visual de cada imagem; 3| formas geométricas simples superpostas ao filme (“buracos” na projeção); 4| formas tridimensionais penduradas no interior do espaço que seriam iluminados com luz ultravioleta. O vídeo, idealizado por Le Corbusier e produzido pelo cineasta Philippe Agostini, com a ajuda do designer gráfico Jean Petit, foi formado a partir da justaposição de imagens relacionadas à visão de Le Corbusier sobre o progresso da humanidade, visto de forma abstrata e fragmentada, do passado ao futuro.

A performance sonora foi composta por Varèse a partir de uma combinação de sons eletrônicos com gravações de ruído e vozes humanas que geravam padrões sonoros aparentemente bizarros. Porém, era uma composição cuidadosamente estruturada com uma recorrência de temas que levavam a variações e clímax (TREIB, 1996). A composição, chamada de *Poème Electronique*, tinha também uma dimensão espacial, já que sequências diferentes saíam de algumas das centenas de caixas incorporadas ao pavilhão formando uma sensação de movimento sonoro. O som riscava o ambiente reforçando os pontos baixos e altos da própria composição (ZEPHIR, 2008). A proposta seria da música não ter relação direta com os componentes visuais da apresentação. Desta maneira a composição geral se formaria na justaposição de elementos visuais, sonoros e arquitetônicos, que aparentemente não têm

uma ligação direta entre si, mas que, na sua confluência, geram uma experiência espacial única.

Para Jencks (1987), o Pavilhão Philips faz parte de um conjunto de três projetos nos quais Le Corbusier faz o uso de estruturas leves e ensaia novas abordagens em relação à arquitetura, onde há um deslocamento da forma para o conteúdo. Isto pode ser visto no contexto desta dissertação como um deslocamento do *hardware* para *software*. O interior do edifício funciona como suporte ativo para o evento e só se completa quando ocorre a confluência do visual - as projeções e luzes sobre a superfície, o tátil - arquitetura e o homem e o sonoro - *Poème Electronique*. Como coloca Andrés (2008), “as superfícies do edifício ganham novo caráter, a partir das projeções, que é o de suportar a imagem que se transforma em sua geometria e se complementar pela imagem que atualiza o espaço constantemente”. É verdade que o som e a imagem sempre estiveram presentes na arquitetura e que a experiência do ambiente arquitetônico é fenomenológica. Porém, como coloca Pallasmaa (2005, pg 16), não existe dúvida de que a cultura da tecnologia ordenou e separou de forma distinta os sentidos. Assim, o Philips Pavillion nos aponta que as novas mídias e tecnologias podem ser pensadas na concepção global do espaço e que isso possibilita uma reaproximação dos sentidos e consequente potencialização da experiência espacial. Fica claro a partir da análise do projeto o deslocamento da importância do *hardware* para o *software*, em que o *hardware* deixa de significar uma cristalização do programa arquitetônico e passa a ser suporte para ele.

A relação entre *hardware* e *software* toma outra dimensão a partir da incorporação de dispositivos tecnológicos digitais. Através da tecnologia, o homem se vê liberado dos limites impostos pelo *hardware* (VEEN, 2006). Como já apontava Flusser (1999), as tecnologias da comunicação e informação, como, por exemplo, os televisores, computadores e telefones celulares,

deixaram as paredes das casas com tantos buracos quanto um queijo suíço. Os pulsos elétricos e as ondas de rádio penetram as paredes fazendo com que estas deixem de cumprir seu papel de isolamento e separação. Como aponta Cabral Filho (2005), “a casca da cabana ou caverna arquetípica começa a ser vazada por complexos aparelhos tecnológicos de comunicação telemática, onde a presença conta menos que a informação transmitida”. Desta maneira, o ambiente construído perde parte de sua capacidade de estabelecer fronteiras e limites, dissolvendo assim parte de seu potencial como articulador ético das pessoas. Para melhor entender o que isso implica na arquitetura, faz-se necessário um estudo do aparelho, que pode, na filosofia de Flusser, representar conceitualmente todos os dispositivos tecnológicos digitais.

## **2.2. Da máquina ao aparelho:**

### *Dispositivos tecnológicos digitais*

Na filosofia de Flusser (2002) é feita uma distinção entre instrumento, máquina e aparelho, cuja análise pode ajudar a entender as implicações da incorporação das tecnologias digitais na arquitetura. A máquina representa o período industrial, muitas vezes visto como o período de nascimento da tecnologia, e o aparelho representa o período pós-industrial, no qual teoricamente vivemos hoje.

Na arquitetura, a técnica pode ser considerada como meio entre as intenções do homem e o objeto construído. Através da técnica, o homem imprime a sua vontade no mundo, modificando a natureza na tentativa de dominá-la. Faz isto através do uso de um instrumento que atua como prolongamento dos órgãos

do corpo humano, potencializando sua ação sobre o mundo. Graças à revolução industrial, a técnica assume caráter ativo no papel mediador das intenções dos homens e a concretização de seus desejos. O instrumento vira máquina; a técnica, tecnologia.

É na transformação de uma extensão imediata do homem em escala individual para seus desdobramentos distantes e em escala coletiva que se dá o primeiro passo da evolução da técnica à tecnologia (DUARTE, 1999, pg 14).

A passagem da técnica para tecnologia reforça o surgimento da figura do projetista, que potencializa a técnica recorrendo a teorias científicas para transferir as habilidades manuais e o saber-fazer para a máquina. Antes os instrumentos funcionavam em função do homem e agora o homem passa a viver em função da máquina (FLUSSER, 2002)

“Quando os instrumentos viraram máquinas, sua relação com o homem se inverteu. Antes da Revolução Industrial, os instrumentos cercavam os homens; depois, as máquinas eram por eles cercadas” (FLUSSER, 2002, pg 21).

Surge então a figura do operário, que desconhece os processos tecnológicos e vive em função da máquina. Isso aponta para o início do processo de emancipação conceitual da máquina do homem. Como coloca Duarte, “os instrumentos tecnológicos trazem em si, mesmo inativos, suas potencialidades” (DUARTE, 1999). Isso significa que a função da máquina independe da habilidade de quem a opera, suprimindo assim o caráter do indivíduo, já que suas particularidades não influem necessariamente no produto final.

As aplicações das tecnologias da era industrial provocaram grandes mudanças na arquitetura. A fabricação em série dos componentes gerou novas linguagens e novas formas de concepção que tiveram seu ápice no movimento moderno.

Uma série de fatores<sup>1</sup>, contribuíram para o desenvolvimento da produção, do transporte e da comunicação. Juntos, estes desenvolvimentos provocaram mudanças na própria forma de habitar a cidade e o espaço arquitetônico.

A Revolução Industrial modificou as coisas, não apenas aumentando, em uma medida extraordinária, as possibilidades de produção, mas também modificando a demanda dos bens disponíveis, dentre os quais as modificações espaciais de que se ocupa a arquitetura (BENEVOLO, 2001).

É nesta época que Le Corbusier conclama aos arquitetos que “abram os olhos” para as revoluções tecnológicas levadas a cabo pelos engenheiros. Ele aponta que é na produção industrial que se encontram os reflexos de um novo espírito. “Existem várias obras do espírito novo; elas se encontram principalmente na produção industrial”<sup>2</sup>. (CORBUSIER, 1997, pg 67, tradução do autor). Através de uma série de relações com a produção e desenvolvimento das máquinas, Corbusier idealiza a casa como “uma máquina de morar” (CORBUSIER, 1997). Esta casa seria resultado da harmonia entre o trabalho consciente regulado pela economia e condicionado às leis da física.

O contexto em que Le Corbusier desenvolve este discurso é o do fim da Primeira Guerra Mundial, onde há grande déficit habitacional e onde a produção arquitetônica está principalmente voltada às elites. Ele enfatiza a necessidade de um conforto mínimo para todos e que a falta deste poderia fazer oscilar o equilíbrio social. Porém, o conceito da *máquina de morar* é frequentemente adotado fora deste contexto, enfatizando-se o lado duro e mecânico da máquina, que sugere certa ausência do homem. Vista desta maneira, a casa projetada como “máquina de morar” tende a planificar a individualidade do homem e cercear a expressão do ser.

---

<sup>1</sup> Difusão do procedimento Bessemer (1856), invenção do dínamo (1869), telefone (1876), lâmpada elétrica (1879), motor a explosão (1885), avião (1903), etc.

<sup>2</sup> *Il existe une foule d'ouvres d'esprit nouveau; elles se rencontrent surtout dans la production industrielle.*

Depois da Segunda Guerra Mundial, os avanços nos meios de comunicação, como o rádio (1906), a televisão (1927) e mais tarde a Internet (1969<sup>3</sup>), contribuem para a ampliação do setor terciário, que passa a ser visto como setor predominante. Na passagem do mundo industrial para o pós-industrial, a máquina abre espaço para o aparelho, que além de influenciar os meios produtivos, causou grandes transformações socioculturais. Tanto o rádio quanto a televisão, e mais tarde o computador, provocaram mudanças visíveis em nossa concepção de espaço e tempo.

Em seu livro *Filosofia da caixa preta*, Flusser (2002) nos oferece uma análise detalhada dos aparelhos, que são, de acordo com sua filosofia, objetos pós-industriais programados. Através de sua manipulação pelo homem, produzem, armazenam e permutam símbolos, ou seja, informam. Estes símbolos já estão de certa forma programados no aparelho por aqueles que o produziram. Segundo a filosofia de Flusser (2002, pg 21) “instrumentos são prolongamentos de órgãos do corpo que têm a intenção de arrancar objetos da natureza” e “as máquinas são instrumentos que recorrem a teorias científicas no curso da sua simulação de órgãos”. Desta maneira a máquina modifica o mundo ao arrancar objetos da natureza recorrendo a teorias científicas. Diferente da máquina, o aparelho não visa modificar o mundo, mas sim modificar a vida dos homens. Esta idéia será desenvolvida a seguir.

Quatro pontos são importantes na análise dos aparelhos a partir da filosofia de Flusser. O primeiro é o de que o aparelho não modifica o mundo, mas o informa. O rádio e a televisão são dois exemplos que deixam isso claro, pois, a priori, quem assiste à televisão ou escuta o rádio não transforma com isso o

---

<sup>3</sup> 1969 foi o ano em que foi criada a ARPANET, projeto do Departamento de Defesa do Governo Americano, que montou uma rede de comunicação entre computadores, podendo ser vista como o início da internet.

*mundo*. O segundo ponto é o de que os aparelhos são programados. Ou seja, a informação já está de certa forma programada no aparelho. Esta programação é impenetrável em sua totalidade, pois está sujeita a uma cadeia de meta-programas que torna praticamente impossível sua compreensão. Existe o programa do programa e o programa do programa do programa e assim ad *infinitum*. Desta maneira o aparelho pode ser visto como *caixa preta*<sup>4</sup> (FLUSSER, 2002). O que se pode deduzir a partir daí é que, se o aparelho informa e não se tem acesso à totalidade do programa, então quem programa o aparelho tende a ter certo poder sobre a informação e quem opera o aparelho está sujeito a este poder. Isso fica claro quando se observa que as grandes corporações empresariais que detêm grande controle sobre a informação são também as que concentram maior poder no mundo pós-industrial. Pode-se deduzir que, para manter o poder, há a tendência de se restringir o acesso ao programa, mantendo-se assim maior controle sobre a informação. De fato isto é feito através de uma série de mecanismos, como as leis de direitos autorais, patentes etc.

O terceiro ponto que vale salientar no discurso de Flusser (2002) é que, diferente do que acontecia na relação com a máquina, o homem não manipula o aparelho, mas joga contra ele. Esta relação pode ser exemplificada a partir da análise do aparelho fotográfico que, para Flusser, contém todos os traços possíveis dos aparelhos. O fotógrafo não trabalha com o aparelho, mas brinca com ele a fim de realizar suas potencialidades e esgotar o programa. Ele penetra nas entranhas do aparelho na tentativa de encontrar novas possibilidades e *virtualidades* contidas no programa do aparelho (FLUSSER,

---

<sup>4</sup> Caixa preta: o princípio da caixa preta, conceito cunhado por James Clerk Maxwell, é que quando se observa alguma mudança de comportamento, é construída e inserida a Caixa Preta, que permite interpretar a mudança como resultado da operação de um mecanismo invisível, contido na Caixa, que pode agora ser visto como *input* que dá origem à um *output*. Desta maneira a Caixa Preta é uma construção fictícia aplicada por um observador no local onde alguma mudança do sistema é observada (GLANVILLE, 2001).

2002). O jogo remete a um engajamento lúdico do homem que volta, a partir desta ação, a ser parte do processo.

O quarto ponto é o de que o aparelho é um instrumento inteligente que emancipa o homem do trabalho, liberando-o para brincar. Como instrumento inteligente, o aparelho produz automaticamente. Este aspecto nos remete a um lado industrial do aparelho, que se ocupa da produção. Ao fazê-lo, libera o homem para o engajamento lúdico com seu aspecto *brinquedo*. Flusser atribui à função produtiva do aparelho o seu aspecto *duro*, ou *hardware*, e à função *brinquedo* o seu aspecto *macio*, ou *software*.

Uma distinção deve ser feita: *hardware* e *software*. Enquanto *objeto duro*, o aparelho fotográfico foi programado para produzir automaticamente fotografias; enquanto *coisa mole*, impalpável, foi programado para permitir ao fotógrafo fazer com que fotografias deliberadas sejam produzidas automaticamente (FLUSSER, 2002, pg 26).

É interessante observar que a análise do aparelho leva a reflexões sobre todo um sistema de organização de poder, salientando a influência que a tecnologia sempre exerceu nos desenvolvimentos socioeconômicos. Isto aponta uma das ligações diretas do aparelho com a arquitetura, já que esta é inexoravelmente influenciada pelos sistemas de organização de poder. Porém, a relação entre o aparelho e a arquitetura é muito mais ampla, já que os aparelhos estão sendo hoje incorporados ao próprio tecido arquitetônico. Os aparelhos, em especial os computadores, estão tornando possível hoje uma série de práticas na arquitetura, que a exploram como algo dinâmico e mutável, como a *arquitetura interativa (Interactive Architecture)*, *arquitetura relacional (Relational Architecture)*, *Arquitetura Reativa (Reactive Architecture)*, entre outros. Dada esta relação, propõem-se fazer a analogia da arquitetura com o aparelho no mundo pós-industrial, assim como Le Corbusier o fez com a máquina no período industrial.

### 2.3. Aparelho arquitetônico:

*Incorporação de dispositivos tecnológicos digitais à arquitetura.*

Com base na filosofia de Flusser, chamaremos de *Aparelho Arquitetônico* a arquitetura que incorpora dispositivos tecnológicos digitais. Como já descrito na seção anterior, Le Corbusier idealizou a casa como *máquina de morar*, trazendo a partir daí uma série de questões ligadas ao universo industrial para a arquitetura. Desta forma, a intenção de se pensar a arquitetura que incorpora dispositivos digitais como aparelho é trazer para a discussão questões ligadas ao universo do aparelho, ou seja, questões ligadas ao mundo pós-industrial.

O primeiro ponto que se destacou em relação ao aparelho é o de que este não modifica o mundo, mas o informa. Aplicando este conceito à arquitetura vê-se que de fato a arquitetura informa, já que, através da leitura de seus símbolos, podemos captar uma mensagem, seja ela para distinguir a classe social para a qual se destina uma construção, seja para demonstrar poder ou para se caracterizar como símbolo cultural. Porém, a filosofia de Flusser trata também de outro tipo de informação, diferente desta observada em um primeiro momento na arquitetura. Para Flusser (2002, pg 78), informar é “produzir situações pouco prováveis e imprimi-las em objetos” e uma “situação pouco provável” pode ser lida como informação. É possível pensar que este tipo de informação pode ser potencializada no *Aparelho Arquitetônico*, que é capaz de imprimir situações de forma dinâmica em suas próprias entranhas. Fachadas midiáticas, aquelas que incorporam telas e projetores, ilustram esta situação. Como o conteúdo é dinâmico, ele pode gerar a cada momento novas situações. Neste exemplo, a informação no sentido de Flusser não está contida na mensagem passada pelos telões, mas se encontra na capacidade destas telas

de gerar situações pouco prováveis a partir da sua articulação com a arquitetura. Como observa Saggio (2005), a informação digital é sempre algo *em formação*, que se encontram em um estado constante, dinâmico e inexaurível de transformação em movimento. Voltando à questão, dizer que a arquitetura não modifica o mundo, mas modifica a vida dos homens seria errado. A arquitetura modifica sim o mundo, reprogramando-o para torná-lo mais suscetível a abrigar a existência do homem. Neste caso, é o caráter material da arquitetura que está em jogo. Como modificar o mundo é característica das máquinas, é possível pensar que como a máquina, a arquitetura modifica o mundo e como o aparelho, ela o informa. Assim, o *Aparelho Arquitetônico* tem o aspecto *máquina*, que modifica o mundo e o aspecto *aparelho* que informa no sentido de Flusser. Esta observação já aponta a impossibilidade de se separar o aspecto máquina do aspecto aparelho na arquitetura, ou em outras palavras, de se separar o *hardware* do *software*. Porém, isto não significa uma problemática na adoção do termo *Aparelho Arquitetônico*, já que este não propõe a substituição da máquina pelo aparelho, mas sim a discussão sobre uma nova racionalidade que transcende a lógica da máquina.

O segundo ponto é o de que os aparelhos são programados e a informação já está de certa forma contida neste programa. Na analogia, esse ponto é verdadeiro para a arquitetura em geral. A arquitetura é programada, através do projeto, pelo arquiteto, que é programado pelo cliente, que foi programado pelas revistas de arquitetura, que foram programadas por empresas do ramo de materiais de construção e assim por diante. Destarte, a arquitetura sempre vai fazer parte de um programa maior. O *Aparelho Arquitetônico* também está sujeito a esta cadeia de programas, porém existe uma peculiaridade, pois o *Aparelho Arquitetônico* é em maior ou menor grau sujeito as programações dos aparelhos que o compõem, e estas são passíveis de alteração por quem joga com ele.

O terceiro ponto em relação ao aparelho é seu aspecto *brinquedo*, em que o homem não o manipula, mas joga contra ele. O aspecto *brinquedo* da arquitetura pode ser observado na casa Rietveld Schröder, onde os elementos da casa apresentam certa autonomia. Painéis rotatórios e deslizantes transformam a casa em um sistema dinâmico onde o espaço pode se adequar a vários usos e ocasiões.

O jogo nos sugere um aspecto lúdico, já a manipulação nos remete a questões funcionais e ao trabalho. Função e trabalho são características da máquina. O trabalho tem a finalidade de produzir algo; já a “função apropriada do jogo é ser um fim em si mesmo<sup>5</sup>” (Caillois, 1958, *apud* Cabral Filho 1996, tradução do autor). Assim, o aspecto máquina do *Aparelho Arquitetônico* é ligado à função, enquanto o aspecto aparelho é ligado a um caráter lúdico.

Finalmente coloca-se que o aparelho é um “instrumento inteligente” (Flusser, 2002, pg 26) que emancipa o homem do trabalho, liberando-o para brincar. Como instrumento inteligente o aparelho produz automaticamente. Ser instrumento inteligente é característica da máquina. Assim, o aspecto máquina do *Aparelho Arquitetônico* é instrumento inteligente que emancipa o homem do trabalho para que possa jogar com seu lado brinquedo, que é o do aparelho.

Pode-se resumir em relação ao aspecto máquina do *Aparelho Arquitetônico* que este modifica o mundo, é programado, está ligado à função e como instrumento inteligente emancipa o homem do trabalho. Como foi discutido, todas estas questões estão ligadas ao lado material da arquitetura, ou seja, ao

---

<sup>5</sup> play's proper function is to be an end in itself

*hardware*. Desta maneira, o *hardware* está ligado à objetividade da máquina, da fabricação em série, ao abstrato e mecânico. Já o lado aparelho representa o aspecto *brinquedo*, com o qual o homem joga. Neste aspecto, não visa modificar o mundo, mas modificar a vida do homem. É também programado, mas seu programa é hoje passível de ser alterado por quem joga com ele. O lado aparelho pode ser visto como o lado imaterial, ou *software*. Pode-se deduzir a partir desta análise que a automação na arquitetura está principalmente ligada ao *hardware*, que, a partir da incorporação de dispositivos tecnológicos digitais, emancipa o homem do trabalho. Como coloca Cabral Filho (2005), a automação nos abre a possibilidade de abstrairmos as ações mecanizadas e nos dedicarmos às ações criativas. Estas ações criativas estão ligadas ao lado imaterial, ou *software*, que é ligado ao jogo e ao lúdico. Desta maneira, o *hardware* aparece como suporte para o *software*, e a automação como suporte para a interação. Isso indica a necessidade de uma nova forma de se abordar a arquitetura, através de um deslocamento conceitual da importância dos aspectos objetivos e mecânicos para os aspectos imateriais e dinâmicos. Esta análise cobre um escopo mais geral de práticas e experiências que visam fazer uso das capacidades do aparelho na arquitetura. Ela pode representar uma base conceitual para o desenvolvimento de experiências que lidam tanto com a automação quanto com a interação no espaço arquitetônico. Como nesta dissertação o foco recai sobre a *interação*, esta será tema principal do próximo capítulo.

### **3. ARQUITETURA E INTERATIVIDADE: DIFERENTES PRÁTICAS E ABORDAGENS**

---

## ARQUITETURA E INTERATIVIDADE: DIFERENTES PRÁTICAS E ABORDAGENS

### 3.1. Interações no espaço arquitetônico

Antes de se adentrar na discussão sobre a *Arquitetura Interativa*, é preciso ficar claro que, a princípio, toda a arquitetura é interativa. A materialidade do concreto, da pedra, da parede e da janela nos leva a pensar o edifício como entidade passiva e estática; porém, a maneira com que estes elementos são articulados no edifício os engaja em um diálogo constante com o corpo humano. Como argumenta Pallasmaa (2005), “um edifício não tem o fim em si mesmo, ele enquadra, articula, estrutura, dá significado, relaciona, separa e junta, facilita e proíbe”. O edifício é, desta maneira, entidade ativa que age e reage em confronto com a natureza e com o corpo. Também o espaço arquitetônico deve ser entendido além de um vazio conformado pela materialidade do edifício. Herdou-se da arquitetura moderna a tendência de ver o espaço como um objeto imaterial delineado por superfícies materiais, ao invés de entender o espaço em termos de interações e inter-relações dinâmicas. Ao contrário de espaço físico, o espaço arquitetônico é um espaço vivido, que ocorre nas interações dinâmicas e inter-relações entre o homem e o ambiente físico. O espaço vivido é o espaço da ação, onde o corpo se confronta, aproxima e se relaciona com o próprio espaço. A partir desta experiência relacional, o espaço vivido sempre transcende a geometria e a mensurabilidade. Desta maneira, estamos em constante diálogo e interação com o ambiente, de tal forma que é impossível separar a imagem do *Eu* da existência espacial e situacional (PALLASMAA, 2005). O edifício é então entidade ativa, cuja *espacialidade* é vivida a partir da interação com o corpo. Se o corpo age sobre o

espaço e o espaço age sobre o corpo, é possível dizer que a relação do homem com a arquitetura é sempre interativa.

Apesar de toda arquitetura poder ser vista como interativa, o conceito recente, surgido nas duas últimas décadas de *Arquitetura Interativa*, tem geralmente um significado expandido. Este define, na arquitetura, um amplo escopo de experiências relacionadas a espaços dinâmicos capazes de se reconfigurarem através da relação com o homem e ou com o meio ambiente. Se para parte dos estudos este termo é colocado de forma mais genérica, referindo-se a todo tipo de ambiente que incorpora aparelhos que estabelecem algum tipo de relação com as pessoas que ocupam o espaço, ele carrega, para outros, certas especificidades. Estas estão principalmente ligadas ao tipo de interação que acontece entre o homem e o espaço, e serão discutidas na próxima seção.

### **3.2. Arquitetura Interativa: Práticas e abordagens**

Geralmente, na relação entre o homem e os aparelhos, os sistemas de ação e reação são vistos como uma forma de interação. Quando apertamos um botão de um aparelho e este efetua, a partir disso, uma ação para a qual foi programado, estamos interagindo com o aparelho. Por isso, boa parte das interfaces computacionais é chamada de interativa. No entanto, Haque (2006) propõe que este tipo de sistema não circular de ação e reação unidirecional seja chamado de *reativo*. Desta maneira, um sistema de brises que se movimenta de acordo com a posição solar seria um sistema *reativo* e não *interativo*, já que se baseia em uma relação causal – causa e efeito.

Para haver interação, é necessário o envolvimento de dois agentes ativos, onde um atua sobre o outro e vice versa. É esta relação dialógica que caracteriza a interação. Este modelo de interação é também observado na cibernética, que como descreve Glanville (2001), define a interação como sistema de compreensibilidade mútua que pode levar à *novidade*<sup>1</sup>, no qual nenhum dos participantes tem controle formal sobre os procedimentos. A interação está baseada no conceito de circularidade, que diz respeito ao modo como um processo é executado em uma organização na qual, após um determinado número de passos, o processo termina onde começou, porém com um valor diferente. Glanville (2001) lembra que, na circularidade, “controlador e controlado são papéis dados por um observador, cada um sendo controlador para o outro controlado”. Isto fica claro se imaginarmos um ambiente cuja temperatura é controlada por um aparelho de ar condicionado dotado de um termostato, que liga ou desliga o aparelho dependendo da temperatura escolhida. O termostato faz com que o aparelho ligue ou desligue, mas o aparelho, da mesma maneira, faz com que o termostato ligue e desligue. Também neste sistema existe uma relação causal, porém esta é circular.

Constata-se que em parte dos espaços interativos, a pessoa caminha pelo ambiente procurando descobrir as ações programadas no aparelho (HAQUE; PANGARO, 2006). Se se aceita que a ação do homem que interage com o sistema é a de *descobrir*, então é possível dizer que as reações são *cobertas* pelo programador no sistema. De fato, o programador determina quais reações correspondem às ações efetuadas sobre o sistema, que só são reveladas a partir da interação. Assim, o observador busca estimular o sistema a revelar seu programa e esgotar as possibilidades de ação. Porém, eventualmente o sistema pode se esgotar (HAQUE; PANGARO, 2006). Esta interação pode ser chamada de *interação de ciclo único*. Haque (2006) exemplifica este tipo de interação

---

<sup>1</sup> A novidade, ou seja, a qualidade de ser algo novo e imprevisto, é um conceito relevante na cibernética de segunda ordem. A novidade está ligada ao conceito de criatividade, na qual a relação dialógica de interação pode criar novas situações imprevistas. Esta idéia se conecta à definição de informação de Flusser (2002), que a caracteriza como “situação pouco provável”.

através da relação de uma pessoa com um caixa eletrônico. Para sacar dinheiro, provê-se o caixa de um *input*, ou dados de entrada – os dados do correntista, e a quantidade de dinheiro requisitada. O caixa processa este *input* acessando o banco de dados e dá o *output* na forma de dinheiro. Neste sistema, cada uma das partes “atua dentro de um conjunto fixo de possibilidades e responde diretamente a partir de outros conjuntos de resultados possíveis” (Haque, 2006; 68). Este tipo de interação é o mais observado em ambientes interativos.



Figura 1 - *Audio Grove*

Fonte: Moeller, 2009

A instalação *Áudio Grove*<sup>2</sup>, de Christian Moeller, é um exemplo de espaço que propõe a interação de ciclo único. Ela consiste em uma plataforma circular com 12 metros de diâmetro na qual são colocados 56 cilindros metálicos de 5,5 metros de altura. Cada um destes cilindros é conectado a sensores que reagem ao toque, que quando ativados emitem efeitos sonoros e visuais programados. Os efeitos visuais são criados a partir de lâmpadas posicionadas ao redor do cilindro, que

<sup>2</sup> MOELLER, Christian. *A TIME AND PLACE: Audio Grove*. Disponível em: <[http://www.christian-moeller.com/display.php?project\\_id=6&pointer=0](http://www.christian-moeller.com/display.php?project_id=6&pointer=0)>. Acesso em: 5 dez. 2008.

ligam e desligam através da interação do homem com os tubos. A relação entre as lâmpadas e tubos gera texturas de luz e sombra, criando uma experiência espacial de imersão. Através do deslocamento no espaço e do toque nos cilindros, o homem age sobre o sistema. Este responde com sons e luzes que afetam a ambiência espacial, mudando assim o estado inicial do sistema, fechando o ciclo da interação. Porém, quando o homem se desengaja da relação, o espaço volta a sua configuração original. A programação do conjunto não é efetivamente afetada pela relação estabelecida entre o homem e o ambiente. Ou seja, embora o mundo possa mudar a partir da interação a programação do sistema não é afetada.

As qualidades de imersão visual e sonora que esta instalação apresenta mostram que a interação de ciclo único pode gerar situações ricas, onde a pessoa é estimulada a explorar novas configurações luminosas e sonoras do espaço. Além disso, a presença de outras pessoas pode levar a situações imprevistas, como a observada por Moeller (2004), que relata que no dia da abertura da instalação, vários grupos de pessoas tocavam os tubos simultaneamente, o que acabou por corromper a qualidade do som. Porém, isso aponta para o potencial que a experiência têm de criar situações novas em sistemas de interação de ciclo único.

Haque e Pangaro (2006) propõem, como alternativa, um sistema no qual as pessoas constroem seu próprio ambiente através da *conversação*, na qual a história criada através da interação inaugura novas possibilidades e novos objetivos comuns. Para os autores, este tipo de sistema poderia gerar situações potencialmente mais interessantes e produtivas. Eles denominam este tipo de espaço de **Ambiente paskiano**, baseando-se nos sistemas de interação desenvolvidos por Gordon Pask. Esta *interação* implica uma circularidade de interações de causa e efeito (HAQUE; PANGARO, 2006). Como a própria interação é circular, este sistema é chamado de *interação de ciclo duplo*. Neste

tipo de interação a programação de sistema pode ser afetada, ou seja, ela é possivelmente extensível.

A conversação é central e impreterível para este tipo de interação. Para a cibernética, a conversação é uma forma circular de comunicação na qual cada participante constrói sua própria compreensão. Em uma conversa, não é possível garantir que o que é falado é o que é entendido. O significado não está na mensagem transmitida, mas na maneira como é recebida (GLANVILLE, 2001). Assim, cada participante tira da conversação seu próprio significado.

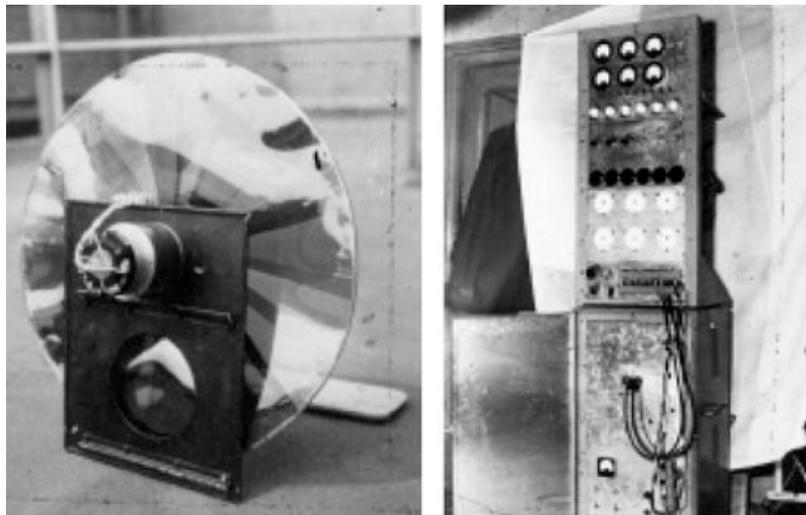


Figura 2 - *Musicolor Machine* - Gordon Pask, 1953

Fonte: Ribas, 2009

Um exemplo recorrente de sistema que trabalha com esta forma de interação é o *MusiColour Machine* de Gordon Pask. O sistema produz padrões de cores em relação às melodias e ritmos produzidos por músicos. Quando os músicos tocavam o que o *MusiColour* considerava material similar durante um período prolongado, ele ficava entediado e começava a responder de maneira imprevisível. Isto para incentivar os músicos a mudar o que estavam tocando. Para Glanville (2001) esta organização circular levava a um tipo de diálogo

interativo entre os músicos e a máquina, na qual cada um se desenvolvia mutuamente de maneira surpreendente. Além disso, para Haque e Pangaro (2006), o sistema não funciona acobertando, mas sim criando informação.

Um exemplo de projeto que explora princípios de interação desenvolvidos por Pask no *MusiColour Machine* foi o *Generator*, de Cedric Price<sup>3</sup>. O projeto consistia em um Centro Comunitário para um número de 1 a 100 pessoas em *White Oak Plantation* na Geórgia, EUA. Price desenvolveu um sistema com 150 cubos, painéis, portas deslizantes, andaimes e telas, no qual todas as peças poderiam ser recombinadas de qualquer maneira desejável. Estes cubos continham tanto os elementos funcionais, como banheiros e cozinhas, como serviam a interesses gerais a serem determinados. A intenção era de se criar um sistema no qual as pessoas poderiam intervir e transformar o espaço, sendo que o foco do projeto estava no benefício social que isto poderia trazer.

A Arquitetura deve se preocupar continuamente com o benefício social da distorção do ambiente. Assim como a medicina, deve mover do curativo para o preventivo. A Arquitetura não deve lidar com a resolução de problemas, ao invés disso, deve criar condições e oportunidades desejáveis até hoje consideradas impossíveis<sup>4</sup> (PRICE, 2003, pg 92, Tradução do autor).

Para tornar o sistema mais familiar ao usuário, Price introduziu dois facilitadores humanos. O primeiro, chamado de *Polariser*, teria o papel de encorajar a exploração de novas formas de uso para o *Generator*. O segundo seria o *Factor*, que ficaria encarregado de operacionalizar os novos layouts, ou *menus*, como

---

<sup>3</sup> Cedric Price (1934 - 2003) foi um importante arquiteto que exerceu visível influência na Inglaterra na década de 1960. A relevância de seu trabalho não fica aparente através de projetos construídos, mas seus projetos não construídos e seus croquis levantaram muitos questionamentos sobre a produção arquitetônica da época e inspiraram grupos importantes como o Archigram, Rogers&Partners, Norman Foster, entre outros.

<sup>4</sup> “Architecture must concern itself continually with the socially beneficial distortion of the environment. Like medicine it must move from the curative to the preventive. Architecture should have little to do with problem solving – rather it should create desirable conditions and opportunities hitherto thought impossible”.

sugere Price. Através do *Polariser* e do *Factor*, o sistema seria capaz de reagir aos desejos dos usuários. A partir deste processo é que se programaria o objeto, dando a ele significado e definindo o seu uso, já que para Price (2003, pg 93) “o *Generator* nasceu - um complexo arquitetônico sem título prévio e sem uso predefinido, somente um efeito final desejado”.

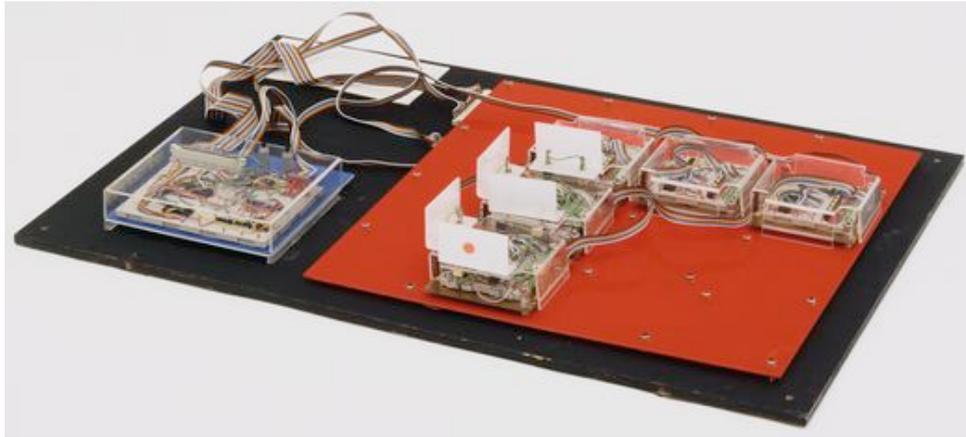


Figura 3 - Generator, project, White Oak, Florida. 1978-80 - Matriz organizacional

Fonte: MOMA, 2009

Price estava principalmente interessado na idéia de que o *Generator* surpreendesse seus usuários. Para isso, desenvolveu junto com os arquitetos John e Julia Frazer um sistema onde computadores participariam do processo de reorganização do espaço. A relação proposta por Frazer, no que tange à incorporação do computador ao complexo arquitetônico, se dava tanto na interação entre ambiente construído e sujeito arquitetônico quanto na comunicação entre os próprios componentes que constituem o ambiente. Os computadores recolheriam informações sobre o sistema através de sensores que seriam incorporados a cada elemento do *Generator*. Através destes sensores o sistema seria capaz de montar um inventário sobre os layouts já testados e levantar qual havia sido a reação correspondente das pessoas. Além de monitorar o uso do *Generator*, os computadores ajudariam os usuários no desenvolvimento de novos planos. O ponto chave do programa era a ideia de que, se não fossem

requisitadas alterações suficientes, o próprio programa encorajaria mudanças ao desenhar novos planos para o *Generator*, sem que para isso fosse solicitado. Este sistema utilizava o mesmo conceito de *tédio* desenvolvido no *Musicolor Machine*. Quando o sistema ficasse *entediado*, ele geraria novas situações para estimular a conversação. Este fator de *tédio* foi incluído no programa do *Generator* para gerar situações novas, evitando assim que o próprio usuário ficasse entediado.

Apesar de não ter sido construído, o projeto já levantava questões importantes sobre a interação e a incorporação de dispositivos tecnológicos digitais à arquitetura. O computador não aparece neste caso como *prótese* do espaço, mas participa ativamente, através da interação com os usuários, na construção e reconfiguração do espaço. Para Murray (2005), o projeto do *Generator* pode ser visto como uma das primeiras grandes investigações de uma arquitetura de inteligência artificial<sup>5</sup>.

A partir desta discussão, é possível observar que a diferença entre os sistemas de ciclo único e duplo não está na qualidade da interação, mas sim no possível resultado desta sobre o homem e sobre o próprio ambiente. Como ambas as formas de interação podem resultar em um enriquecimento da experiência espacial, uma não se sobrepõe à outra. Porém, na interação Paskiana o ambiente passa a ser agente ativo na interação. Quando estas interações são cumulativas e criam uma história comum, um aprendizado mútuo é possível. Este sistema não se esgota, já que a informação não está previamente programada no aparelho, mas é fruto da interação. O aparelho e o homem formam uma rede não hierárquica e a informação, ou a *novidade*, é criada a partir desta relação. Assim, na *interação paskiana* o componente humano é crucial, por se engajar produtivamente em *conversação* com o ambiente (HAQUE; PANGARO, 2006)

---

<sup>5</sup> O autor lembra em nota que não ignora a importância do trabalho de Nicholas Negroponte e seu departamento no MIT.

Colocar o fator humano como central é possivelmente uma das maiores diferenças entre as abordagens descritas até este ponto, e os sistemas propostos por Kas Oosterhuis, arquiteto holandês que dirige o centro de Arquitetura Interativa da Universidade de Delft, que desloca o foco do homem para os componentes espaciais. Para Oosterhuis (2007), o diálogo entre o homem e ambiente construído ocupa um lugar secundário, sendo que a construção da comunicação entre os componentes construtivos seria mais relevante no desenvolvimento de uma Arquitetura Interativa. Segundo o arquiteto holandês, todos os componentes construtivos são dispositivos de *input*, processamento e *output*, que podem se comportar de maneira ativa ou passiva. Desta maneira, uma porta processa o que passa por ela entre dois espaços, X e Y. O que passa de X é *input* para Y e *output* para X. Ela pode controlar esse fluxo passivamente ou ativamente escolhendo o que pode passar ou não. Para desenvolver um sistema que interligue o processamento destes componentes, Oosterhuis usa o conceito de *Swarm Architecture*<sup>6</sup>.

### 3.3. Swarm Architecture: Interação dos componentes espaciais

*Swarm*, palavra na língua inglesa que significa “enxame”, remete a uma ideia de multidão, aglomeração, torrente. Nos *swarms*, um grande grupo de indivíduos interage através de regras simples de estímulos e reação, formando sistemas complexos (MAMMEN; JACOB, 2008). Na arquitetura, este conceito tem sido utilizado em experiências que usam o computador para gerar formas baseadas

---

<sup>6</sup> A tradução para *Swarm Architecture* seria *Arquitetura de Enxames*. Porém, como este termo é pouco encontrado na literatura portuguesa, será utilizado o termo no idioma original.

em modelos naturais de evolução através da automação. Como observa Cabral Filho (2005);

[...] as estratégias digitais nos permitem acelerar em tal magnitude os processos de simulação de forma que podemos, agora, conhecer melhor eventos e processos naturais, até então misteriosos ao nosso olhar, transformando a automação numa excelente ferramenta de apoio ao conhecimento e de ajuda à imaginação.

Um dos comportamentos mais importantes nestes sistemas é a capacidade de auto-organização, que pode servir de modelo para um determinado grupo de sistemas poder alcançar um comportamento inteligente, mesmo na ausência de alguma inteligência particular (CARRANZA; COATES, 2000). Enquanto parte das experiências que fazem uso do conceito estão centradas neste potencial de gerar novas formas a partir de modelos evolutivos, Oosterhuis aplica o conceito também para interligar e gerenciar o comportamento de componentes espaciais.

De acordo com o conceito de *Swarm Architecture*, como usado por Oosterhuis, todos os componentes que constituem o espaço podem ser entendidos como agentes ativos, que funcionam de acordo com regras simples, onde o comportamento de um componente pode afetar todo o sistema. Parte-se de uma visão na qual é o espaço, e não o homem, que computa o fluxo de informação que flui através do ambiente (OOSTERHUIS, 2006). Desta forma, desloca-se o foco do homem para os componentes que estruturam o espaço, que poderiam ser chamados de *hardware*, cujo comportamento em tempo real adquire proeminência no processo de design e vivência da edificação. Observa-se nesta abordagem que o foco está em primeiro lugar no *hardware*, ou seja, na arquitetura como objeto, e não no espaço relacional, ou *software*. No sentido proposto por Oosterhuis, o *hardware* é agente ativo na articulação das pessoas no espaço, deixando de ser somente um suporte para o *software*.

Para Oosterhuis (2006), tomada certa distância, as pessoas não são centrais, mas conduzem estes espaços. É possível compreender isso ao se imaginar uma estrada tomada por carros. No trânsito, a noção do indivíduo é incorporada à do veículo; assim, imerso no sistema de trânsito, não nos referimos mais à pessoa, mas sim ao veículo. Levando-se ao extremo essa visão, é possível dizer que os carros são jogadores no sistema de trânsito, onde as pessoas são somente operadoras e funcionam como programas dirigindo o carro. “Então o carro é uma congregação (*flocking*) de pássaros no enxame (*swarm*) do tráfego e a pessoa faz parte do carro e não do tráfego” (OOSTERHUIS, 2007 pg 15,). Posto desta maneira, é o espaço que se comporta e atua, como que dirigido por um programa executado por uma variedade de *atores*, entre eles as pessoas, mas também lâmpadas, refrigeradores, aspiradores de pó, sofás etc. (OOSTERHUIS, 2007).

Ainda de acordo com Oosterhuis, o conceito de *Swarm Architecture* pode ser aplicado desde a escala do edifício até a da cidade. Neste sistema, Oosterhuis (2006) observa que as construções dinâmicas são processos ativos, constantemente atualizados, e que continuamente informam outros processos. Neste sistema de relações, a cidade pode ser vista como metaprograma que atualiza e é atualizado pelo programa do edifício. Assim, quando há uma mudança de comportamento de um dos componentes ou jogadores, isto pode afetar todo o sistema. Esta noção é utilizada para se criarem sistemas complexos, através de regras simples, onde o comportamento de uma das partes afeta o todo.

Oosterhuis levanta, a partir do conceito de *Swarm Architecture*, questões relevantes relacionadas a sistemas dinâmicos onde se deve levar em consideração o comportamento de componentes espaciais. Além disso, é interessante a adoção do conceito segundo o qual regras simples atribuídas aos componentes dinâmicos, que têm comportamento baseado no conceito de enxames, podem formar sistemas interativos mais ricos e complexos. Porém, a

proposta de colocar a interação entre o homem e o ambiente como secundária pode ser questionável. Comparar o homem aos outros *atores espaciais* o coloca como mais um *fator* na relação espacial. Esta relação é questionada por Thackara (2001), que propõe ser necessário antecipar os questionamentos comuns na era industrial sobre o design centrado no sistema e não no homem. Thackara (2001), critica que, em nome do progresso, subjugaram-se intencionalmente os interesses humanos aos interesses da máquina. O design deve ser em função do sucesso das pessoas e não em função do sucesso dos sistemas interativos. Este questionamento pode também ser feito à *Swarm Architecture*, que caso se mantenha focada no sistema, ou *hardware*, pode acabar por não contribuir muito à vivência do homem.



Figura 4. Muscle - Hyperbody Research Group

Fonte: ONL - Oosterhuis Lenard, 2008

Um exemplo de projeto no qual foi adotado o conceito de *Swarm Architecture* é o protótipo *Muscle* (Biloria; Oosterhuis, 2007) desenvolvido pelo grupo de pesquisa *Hyperbody*<sup>7</sup>. O protótipo consiste em um volume pressurizado envolvido por uma

<sup>7</sup> O *Hyperbody* é um grupo de pesquisa que faz parte do centro de Arquitetura Interativa da Universidade de Delft, também coordenado pelo arquiteto Kas Oosterhuis. Disponível em: <

rede de 72 músculos eletrônicos tensionados. A ação orquestrada dos músculos individuais pode mudar a largura, comprimento ou altura do espaço ao variar a pressão de ar que é bombeada para dentro dos músculos. Sensores infravermelhos e de proximidade detectam o movimento das pessoas no ambiente próximo ao objeto, causando pequenas contrações nos músculos. Já reações mais intensas são provocadas por sensores de toque dispostos em vários nós formados pelo encontro dos músculos. Este comportamento foi programado para reagir a três estados: a) entediado (baixa atividade); b) feliz (muita atividade); c) nervoso (muita atividade). Como os músculos formam uma rede ao redor do objeto, a ação de um músculo tem efeito em toda a malha. Quando vários destes músculos estão se movendo, cria-se a impressão de uma espécie de organismo<sup>8</sup> vivo que reage à presença e ao toque das pessoas.

De fato, gera-se a partir de regras simples, um sistema aparentemente complexo<sup>9</sup>; porém, é difícil de se vislumbrar para onde caminhará a evolução destes sistemas. Bioria e Oosterhuis (2007) argumentam que neste sistema o usuário é trazido para o primeiro plano, pois o objeto reage aos seus estímulos. Porém, pode-se argumentar também que, através de suas características performáticas, é o próprio espaço que ganha proeminência na relação com o usuário, oferecendo pouco além de uma experiência lúdica. Essa constatação aponta para o *dilema da inovação* sugerido por Thackara (2001), que indica que muitas companhias sabem

---

<http://www.tudelft.nl/live/pagina.jsp?id=2e0eef38-3970-4fc0-8e0b-1ce04928c500&lang=en>

Acesso em: 5 de jan de 2009.

<sup>8</sup> Bioria e Oosterhuis (2007) falam de um corpo arquitetônico que aparenta uma entidade orgânica viva.

<sup>9</sup> Visto a partir da Teoria de Sistemas Complexos este sistema seria chamado de sistema complicado (do inglês *complicated systems*). Segundo Amaral e Otino (2004), sistemas complicados são aqueles que têm um grande número de componentes cujos papéis são bem definidos e que são governados por regras já bem compreendidas. Estes sistemas têm um grau limitado de resposta às variações ambientais. Por outro lado, os sistemas complexos têm tipicamente um grande número de componentes que podem agir de acordo com regras que podem mudar ao longo do tempo e que podem não ser muito bem compreendidas; a conectividade entre os componentes pode ser maleável e os papéis, fluidos (AMARAL; OTINO, 2004). Ou seja, o que diferencia um sistema complexo de um sistema complicado é que o primeiro é capaz de se adaptar ao ambiente/contexto – é um sistema adaptável. Desta maneira, apesar de mostrar comportamento aparentemente complexo, a instalação Muscle é um sistema complicado, incapaz de se adaptar a novos contexto ou mudar regras de comportamento sem a interferência do homem.

como fazer coisas incríveis tecnicamente, mas estão cada vez mais perdidas em entender o que fazer. É certo que o *Muscle* é somente um protótipo que, inserido em um ambiente acadêmico, abre espaço para questionamentos e discussões. Porém, o experimento já indica que o design centrado na tecnologia (*hardware*) pode não contribuir com a qualidade das interações que acontecem no espaço.

Thackara (2001) aponta algumas alternativas na forma de se explorar a tecnologia, que podem ser utilizadas para direcionar pesquisas futuras no campo de arquitetura interativa sem que esta caia no *dilema da inovação*. A primeira é localizar a inovação em um contexto social específico, deslocando o foco do trabalho para o lazer e comunicação. A segunda é projetar com as pessoas, e não para elas, o que pode trazer a relação do usuário com o espaço para o primeiro plano. Um projeto onde é possível observar estas alternativas é o *Fun Palace*.

### **3.4. Fun Palace: A interação e design contínuo do espaço**

A concepção inicial do projeto *Fun Palace* partiu da diretora de teatro Joan Littlewood<sup>10</sup>, que idealizou que as atividades programadas para o lugar seriam experimentais e o próprio espaço mutável. A idéia de Littlewood era desconstruir o formalismo do teatro tradicional e reincorporá-lo ao dia a dia da sociedade. A solução de Price para o desafio proposto por Littlewood foi criar sistemas mecânicos que possibilitassem uma reconfiguração espacial. Estes permitiriam criar respostas a todo tipo de circunstância e serviriam de suporte à performance

---

<sup>10</sup> Joan Littlewood ficou conhecida pelo seu trabalho no *The Theatre of Action* e no *The Theatre Workshop*. Ambos tinham uma linha de trabalho experimental e fora do convencional, que encorajava o improviso e convidava a audiência a participar (ZARHY LEVOZ, 2001).

social. De maneira geral, o sistema consistia em um conjunto de elementos modulares que poderiam ser reorganizados. Price os dividiu em duas categorias – células pequenas com serviços utilitários como cozinhas, restaurantes, oficinas e banheiros e células maiores como auditórios, cinemas e salões de encontro.

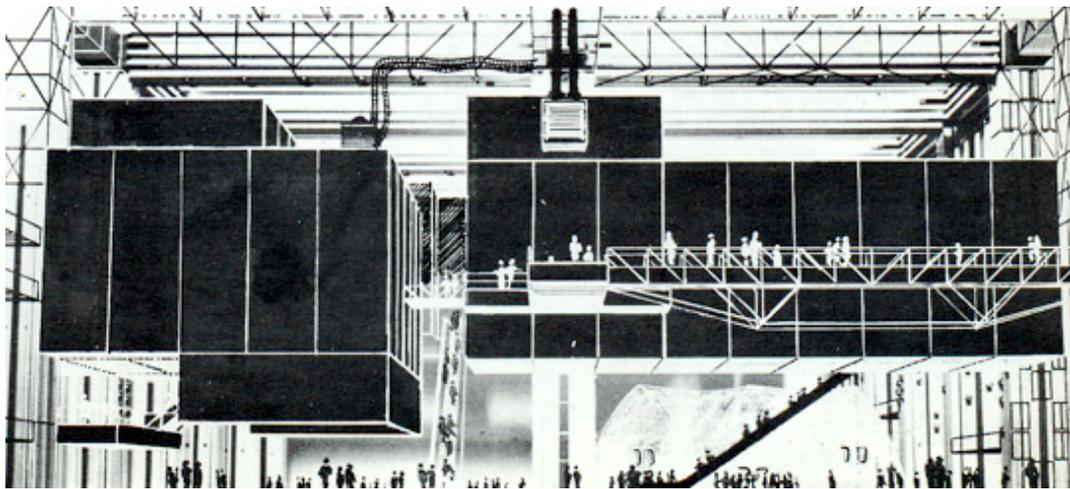


Figura 5 - Perspectiva do *Fun Palace*

Fonte: Price, 2009

Partindo de um grande pilotis, seria possível acessar os outros pavimentos através de escadas rolantes que dariam acesso a passarelas e plataformas suspensas. Estas poderiam ser relocadas quando necessário para ampliar a flexibilidade do conjunto. Para movimentar estes elementos no espaço, Price desenvolveu um sistema de guindaste móvel sustentado por uma malha metálica que envolvia todo o conjunto. Esta estrutura continha também os sistemas de controle da temperatura e de proteção contra intempéries. Price deu bastante atenção a estes sistemas, que julgava essenciais para dar suporte às atividades e ao mesmo tempo liberar a estrutura de barreiras físicas. O guindaste, a malha metálica e todos os aparatos técnicos davam ao projeto a aparência de um objeto industrial ou obra inacabada. Nesta situação de constante mutação – processo aberto – o design é algo contínuo, criando uma situação na qual o objeto nunca está completo. A proposta de Price é que o trabalho do arquiteto seja de

desenvolver sistemas que criem novas relações e condições para que a performance social possa se desenvolver.

A importância do Fun Palace está na sua ideia de hardware, onde arquitetura se torna algo a sustentar e responder a todas as situações incertas. Apesar disso, desde o início existia também um lado de ativismo social na vontade de Price de forçar este hardware na comunidade para estimular o ciclo da vida cotidiana e ativar eventos<sup>11</sup> (ISOZAKI, 2003, Tradução do autor).

Assim a relação entre as pessoas e o espaço é trazida para o primeiro plano. Para Price (2003), como o conceito social do *Fun Palace* é em primeiro lugar um workshop das pessoas e uma universidade das ruas, o elemento de participação deve se estender a um grau de controle do ambiente físico pelos usuários. Para atingir esta flexibilidade, o fator temporal é essencial.

Flexibilidade incorporada ou sua alternativa, a obsolescência planejada, pode ser satisfatoriamente alcançada somente se o fator do tempo for incluído como fator absoluto de design no processo de design. Esta percepção calculada do fator tempo relacionada ao acolhimento das atividades e suas inter-relações devem ser estendidas a uma avaliação da longevidade do complexo geral, estimadas primeiramente em termos sócio-urbanos<sup>12</sup> (PRICE, 2003, pg 56, Tradução do autor).

---

<sup>11</sup> *The significance of the Fun Palace was in its ideas on hardware whereby architecture became something to sustain and respond to ever uncertain circumstances. Yet from the very beginning there was also a social activist edge to Price's wanting force this hardware into the community to stimulate the cycle of everyday life and spark events.*

<sup>12</sup> *Inbuilt flexibility or its alternative, planned obsolescence, can be satisfactorily achieved only if the time factor is included as an absolute design factor in the total design process. Such calculated awareness of the time factor related to the enclosing of activities and their interrelationship must extend to an assessment of the valid life-span of the total complex, assessed primarily in social-urban terms.*

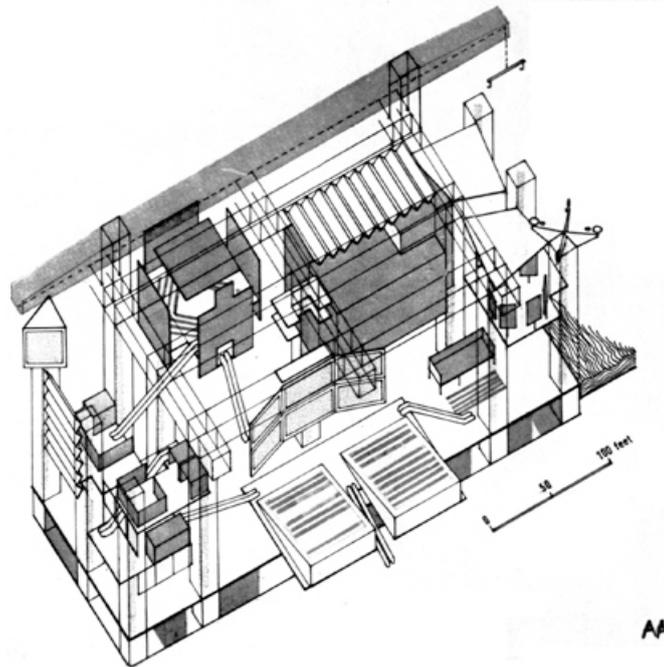


Figura 6 - Vista axonométrica do Fun Palace (1964) – Cedric Price

Fonte: Canadian Center for Architecture, Montreal

O foco do *Fun Palace* não estava em valores estilísticos ou mesmo funcionais, mas sim em potencializar as relações pessoais através da flexibilidade e da interação. No projeto, a organização espacial desafia o participante, que pode interferir ativamente ou usufruir passivamente das variadas configurações e usos que o espaço poderia prover. De forma resumida, pode-se colocar que a partir do *Fun Palace* fica claro o conceito de incerteza possibilitada pela flexibilidade e abertura ao acaso, potencializados pela tecnologia. Observa-se a crescente importância do *software* em um sistema onde o *hardware* aparece como elemento de suporte. A tecnologia se apresenta aqui não como fetiche, mas como meio de potencializar o bem estar social. Desta maneira, o *Fun Palace* demonstra como é possível abrir o projeto à interação dialógica com as pessoas fazendo com que estas façam parte do design contínuo do espaço.

Se no protótipo *Muscle* o *hardware* adquire proeminência na relação entre o homem e o espaço, no *Fun Palace* o *hardware* passa ao pano de fundo, servindo

de suporte para o *software*. Porém, como a análise do projeto indica, isso não significa uma diminuição da importância do *hardware* no processo de design. A questão é que o foco do design do sistema não está na tecnologia em si, mas sim em como ela pode servir de suporte ou catalisador de interações sociais. O projeto indica que esta relação entre *hardware* e *software* pode ser mais promissora em termos da qualidade das interações que acontecem no espaço arquitetônico.

O funcionamento dos espaços interativos, independente da forma de interação, exige que haja algum nível de comunicação entre os componentes e a pessoa e/ou entre os próprios componentes. Para estabelecer esta comunicação é necessário que o ambiente seja capaz de identificar atividades determinadas que acontecem em seu interior e seja dotado da habilidade de agir e responder a estas atividades. O conjunto de dispositivos que permite que isso aconteça pode ser chamado de Inteligência Ambiente<sup>13</sup>. Se de um lado é a Arquitetura Interativa que proporciona o arcabouço conceitual e teórico para o sistema, é a Inteligência Ambiente que oferece as ferramentas para que a interação aconteça.

---

<sup>13</sup> Do inglês: *Ambient Intelligence*: o conceito foi primeiramente utilizado pela Philips (1998) para representar a idéia de um ambiente que seria não somente capaz de reconhecer a presença de uma pessoa, mas também de adaptar e responder às suas necessidades. Disponível em: <<http://www.research.philips.com/technologies/projects/ambintel.html>> Acesso em: 10 Jan. 2009

**4. FERRAMENTAS E SISTEMAS DE INTERAÇÃO:  
INTELIGÊNCIA AMBIENTE, COMPUTAÇÃO UBÍQUA E  
INTERFACES HUMANO COMPUTADOR**

---

## **FERRAMENTAS E SISTEMAS DE INTERAÇÃO: INTELIGÊNCIA AMBIENTE, INTERAÇÃO: INTELIGÊNCIA AMBIENTE, COMPUTAÇÃO UBÍQUA E INTERFACES HUMANO COMPUTADOR**

### **4.1. Espaços Conversacionais:**

*Captar, codificar, processar, agir e interagir*

A *Inteligência Ambiente* é um paradigma da teoria da informação que prevê um futuro no qual redes de dispositivos estarão integrados ao ambiente para prover o homem de informação, comunicação, serviços e entretenimento (AARTS, 2003). Dentro deste contexto é possível dizer que, através da incorporação de aparelhos, o ambiente é aumentado com a capacidade de captar, codificar e processar informação além de agir, reagir e interagir com o usuário. Cria-se a partir daí a idéia de um espaço *conversacional*, geralmente chamado de *espaço/ambiente inteligente*, capaz de interagir dialogicamente com o homem. As tecnologias e conceitos relacionados a esta visão podem ser vistos como ferramentas que possibilitam a interação dialógica na arquitetura. Desta maneira, serão levantadas neste capítulo, algumas práticas, experiências e abordagens ligadas ao conceito, com o intuito de explorar possibilidades e possíveis problemas relacionados à informatização do espaço arquitetônico.

A disseminação dos chips fez com que o uso do adjetivo “inteligente” fosse incorporado a todo tipo de objeto e ambiente que tem alguma ligação com a tecnologia da informação. Na arquitetura encontramos termos como prédios/edifícios inteligentes, espaços/ambientes inteligentes, objetos inteligentes, ou mesmo porta inteligente, mesa inteligente, ventilador inteligente e assim por diante. Apesar de alguns destes termos terem conotação

mercadológica, outros já são relativamente aceitos no universo acadêmico e no mercado. Prédios/edifícios inteligentes são, por exemplo, vistos como edifícios que incorporam sensores e microcontroladores para controlar iluminação, temperatura, movimento e acesso de pessoas, consumo de energia etc. O foco está geralmente ligado à economia de energia e ao controle do fluxo de pessoas. Já espaços/ambientes inteligentes são vistos como espaços que monitoram a interação do usuário através de meios diversos e provêm assistência na captação e transmissão de informação, normalmente relativos a ambientes corporativos como salas de reunião, escritórios ou laboratórios<sup>1</sup>. O que estes ambientes ou edifícios têm em comum é a capacidade de captar e *codificar* as atividades que ocorrem dentro dele (sejam estas ligadas ao comportamento de pessoas no espaço ou ao funcionamento de sistemas diversos), a capacidade de processar essa informação e o potencial de reagir, agir ou interagir de acordo com situações diversas.

A *Inteligência Ambiente* pode ser vista desta forma como a somatória das tecnologias de sensores, dispositivos de processamento e atuadores em um espaço. Esta pode ser formada a partir de dispositivos incorporados ao próprio tecido arquitetônico, mas também a partir de objetos e dispositivos localizados no espaço. Baseados no conceito da *computação ubíqua*<sup>2</sup>, estes dispositivos formam uma rede de sensores que possibilitam captar informações diversas do ambiente. Além disso, podem, através de sua capacidade de agir e reagir, gerenciar sistemas como a temperatura, iluminação, sistemas reativos, interativos etc. Esta relação pode ser de forma direta com o homem, como também de forma mediada pelo espaço arquitetônico ou objetos físicos. Já a forma com que se estabelece a relação é explorada pela *Physical Computing*, que foca o estudo de dispositivos de *input*, processamento e *output*, explorando

---

<sup>1</sup> ver *Project Oxygen* - Disponível em: < <http://www.oxygen.lcs.mit.edu/>>, Acesso em: 12 Jan, 2009 e *Fluid Interface Group* - Disponível em: <<http://ambient.media.mit.edu/>>, Acesso em: 12 Jan, 2009

<sup>2</sup> Será discutido no próximo tópico.

formas de comunicação mais próximas as humanas entre homem e computador.

O principal desafio da *Inteligência Ambiente* parece ser hoje o de determinar o tipo de *inteligência* que se deseja nestes espaços (THAKARA, 2001). É discutível, por exemplo, se um refrigerador que *sente* quando algum produto está acabando e o encomenda diretamente do fornecedor seja realmente *inteligente*, já que não leva em consideração aspectos sazonais e humanos como, por exemplo, um regime alimentar da pessoa. A questão não é inserir na geladeira um processador capaz de calcular inúmeras variáveis para contornar este problema, mas sim fazer uma reflexão se as pessoas realmente querem este tipo de tecnologia, que acabaria por programar, no caso do refrigerador, a dieta da pessoa. Além disso, é questionável a atribuição da idéia de *inteligência* a objetos, ou mesmo de ações como *pensar* e *sentir*. Como aponta Cabral Filho (2005), “toda a potencialidade dos sistemas artificiais inaugurados pela automação digitalizada sofre um desnecessário processo de antropomorfose, passando a ser designada por metáforas do tipo *inteligência artificial*, *vida artificial* etc.”. Estas metáforas em nada contribuem para o desenvolvimento destas pesquisas, pois mistificam o conceito ao fazer referência a entidades vivas. Na verdade, o espaço não pensa, ele é dotado de dispositivos que processam informação; o espaço não sente, ele é dotado de dispositivos que captam *inputs* diversos e os codificam em dados. Desta maneira, trata-se de uma automação do espaço que, através da interação, pode enriquecer a relação do homem com o ambiente e com a informação digital. Se esta interação for de ciclo duplo, o espaço pode passar a comportar uma atualização em seu programa, e se desenvolver para reagir a estados e situações novas. Embora seja criticável, o termo *Inteligência Ambiente* foi adotado nesta dissertação por já ser largamente aceito pelo meio acadêmico e pelo mercado.

## 4.2. Computação Ubíqua e Pervasiva

*Computação Ubíqua* é um conceito cunhado por Weiser (1991) que designa uma terceira fase na Tecnologia da Informação. Segundo Weiser (1991), na primeira fase, as pessoas tinham de compartilhar o computador, que ficava muitas vezes em grandes salas fechadas com operadores especializados. Estas máquinas eram destinadas a grandes instituições como o governo, universidades e exército. A segunda fase é a fase dos “*desktops*”, ou computador para colocar sobre a mesa, onde cada usuário tem o seu computador. Nesta fase o usuário é obrigado a aprender as regras da máquina que utiliza uma linguagem diferente da do homem, o que pode gerar uma relação muitas vezes problemática com ela. Na *Computação Ubíqua*, ou terceira fase, teríamos vários computadores ou pequenos dispositivos dispersos no espaço servindo a uma pessoa (WEISER, 1991). O termo passou a ser utilizado para se referir a um método de incrementar o uso dos computadores ao disponibilizá-los de forma ubíqua no ambiente, porém, tornando-os invisíveis ao usuário (WEISER, 1993).

A *Computação Pervasiva*<sup>3</sup> é normalmente vista como sinônimo da *Computação Ubíqua*. Porém, pode-se observar em alguns autores<sup>4</sup> que, enquanto a *Computação Pervasiva* se refere a um âmbito mais conceitual, relacionado ao fato de computadores e redes de informação permearem o espaço, a *Computação Ubíqua* é hoje mais ligada aos métodos e processos de incorporação dos computadores no ambiente.

---

<sup>3</sup> A tradução correta seria computação permeada, mas na maioria dos textos os pesquisadores preferem usar o neologismo computação *pervasiva*. Ver: KON, Fabio (Org.). Notas sobre escrita de textos na área de Sistemas de Computação na língua de Camões. Disponível em: <<http://www.ime.usp.br/~kon/Alunos/traducao.html>>. Acesso em: 23 nov. 2008.

<sup>4</sup> Tackara, 2002.

Weiser (1994) coloca que, ao contrário do que comumente se pensa, as palavras que definirão as próximas transformações não serão *inteligentes*, mas *invisível*, *conexão* e *calma*. Ele argumenta que as tecnologias mais profundas são aquelas que desaparecem no pano de fundo, e uma boa ferramenta de trabalho é aquela que não necessita de atenção, já que a questão é focar no trabalho e não na ferramenta. O *desaparecimento* pode, para Streitz (2006), ocorrer física ou mentalmente. O desaparecimento físico se refere à miniaturização de dispositivos e sua integração em artefatos do cotidiano. No caso do desaparecimento mental, o artefato permanece presente, mas não é percebido como um tipo de computador. Desta maneira, a *Computação Ubíqua* implica a incorporação da tecnologia da informação de maneira discreta em alguns objetos corriqueiros, que podem potencialmente transmitir e receber informações de outros objetos que tenham esta mesma capacidade.

Estes objetos, nos quais se incorporou tecnologia sensível, de transmissão e de processamento de dados, são frequentemente chamados de *Objetos Inteligentes*<sup>5</sup> (*Smart Objects*). A idéia é formar uma rede de objetos conectados, todos com capacidade sensível e de intercomunicação, por meio dos quais se levanta informação do estado do ambiente. Através do processamento/cruzamento destes dados, fica possível mapear a ação de uma pessoa no espaço. Isso possibilita ao sistema que se oriente a um contexto ou situação específica. Este sistema, também chamado de *Computação Orientada ao Contexto*<sup>6</sup> (ABOWD; MYNATT, 2000), permite que o ambiente nos forneça informação ou efetue ações relacionadas a situações específicas.

A aplicação deste tipo de tecnologia da *Computação Ubíqua* em ambientes residenciais é um dos focos do consórcio de pesquisa *House-N*<sup>7</sup> do Instituto

---

<sup>5</sup> Do inglês: *Smart Objects*

<sup>6</sup> A tradução direta de *Context-Aware Computing* é *computação ciente ou orientada ao contexto*. Neste caso será utilizado o termo *orientada*.

<sup>7</sup> Disponível em: < [http://architecture.mit.edu/house\\_n/intro.html](http://architecture.mit.edu/house_n/intro.html) >. Acesso em: 17 Jan. 2009.

Tecnológico de Massachusetts MIT. Em uma pesquisa com sensores simples inseridos em objetos corriqueiros como torneiras, cadeiras, sofás, portas, fornos etc. procurou-se estabelecer padrões de comportamento das pessoas no espaço. O experimento foi realizado em uma residência/laboratório chamado de *PlaceLab*<sup>8</sup>, ocupado por voluntários que viviam neste espaço durante um tempo determinado. Tapia, Intille e Larson (2004) observam que, neste experimento, já foi possível em alguns casos se detectar o tipo de atividade exercida pelo ocupante com 89% de exatidão. Isso sem utilizar sensores mais invasivos como câmeras e microfones. É verdade que o fato de se conseguir identificar o padrão de comportamento das pessoas no espaço pode levar ao desenvolvimento de aplicativos e sistemas mais eficazes. Isso pode levar, por exemplo, ao desenvolvimento de sistemas de monitoramento de pessoas com problemas de saúde (INTILLEI, 2004). Porém, isso pode também gerar alguns problemas relacionados à segurança e privacidade do usuário.

O paradoxo é que, ao se desenvolver a tecnologia para ser *calma* e não intrusiva, pode-se contribuir para que ela seja potencialmente mais invasiva (BELLOTTI; SELLEN, 1993). Tendo-se vários computadores no pano de fundo coletando, dividindo e guardando informações sobre o comportamento do homem no espaço, o sistema pode funcionar de maneira eficiente e orientada ao contexto. Porém, isso significa também uma potencial quebra de privacidade, já que esta informação pode ser também utilizada para outras finalidades. Weiser (1993) já indicava esta preocupação em relação à privacidade; porém, para ele não existe uma solução tecnológica para este problema, já que a privacidade trata de uma questão social. Para Weiser (1993), é possível desenvolver sistemas que protegem melhor a privacidade ao se dar poder de controle ao indivíduo. Entretanto ele acredita que é só a sociedade que pode influenciar na escolha de sistemas mais corretos e

---

<sup>8</sup> Disponível em: < [http://architecture.mit.edu/house\\_n/placelab.html](http://architecture.mit.edu/house_n/placelab.html)>. Acesso em: 17 de Jan. de 2009

seguros. Em contrapartida, Bellotti e Sellen (1993) argumentam que é perigoso assumir que o controle social é suficiente, ou que a intrusão na privacidade seria ulteriormente aceitável quando comparada com os benefícios potenciais. Esta posição deixaria as pessoas com um grande peso de responsabilidade em certificar se estão ou não se intrometendo na privacidade de outras.

Esta discussão, que ainda permanece aberta, é talvez um dos temas mais relevantes e polêmicos ligados à crescente ubiquidade de dispositivos tecnológicos digitais e disseminação de informação digital no espaço arquitetônico. Isso fica claro se observada a incapacidade dos governos de lidar, ou mesmo qualificar, crimes cometidos através de redes de dados ou através da captura e distribuição ilegal de imagens e vídeos na rede. Essa discussão alerta que a privacidade e segurança de dados são questões que devem ser levadas em consideração no projeto e desenvolvimento de sistemas arquitetônicos interativos, pois como observa Cabral Filho (2005), a arquitetura é um instrumento de organização ética, que trata essencialmente da dialética da privacidade e do jogo entre o público e o privado.

### **4.3 Interfaces:**

*Interfaces físicas, Interfaces digitais, Interfaces Híbridas e Tangíveis*

Hoje, a interação entre as pessoas e a informação digital é principalmente confinada a interfaces, baseadas no conjunto da tela, teclado e mouse. Apesar do homem ter desenvolvido várias técnicas e práticas para processar informação através da manipulação de objetos físicos, como também através da percepção periférica, a maioria destas práticas é negligenciada no design de interfaces entre o homem e o computador (ISHII, ULLMER, 1997). As interfaces

híbridas físico-digitais ou *Interfaces Tangíveis*, *Ambient Display* e *Physical Computing* são experiências alternativas que buscam resgatar estas práticas, relacionando o ambiente físico com o conteúdo digital. O objetivo é de enriquecer a relação entre o homem e a informação digital.

O principal modelo de Interação Humano Computador (IHC) se dá hoje através do modelo de tela, teclado e mouse (ISHII, ULLMER, 1997). Este sistema possibilita uma forma eficaz de *input* e *output* de dados no sistema dos aparelhos (ex: computador, telefone celular etc.). O *input* é normalmente baseado na linguagem escrita (teclado) ou em apontar e escolher o que queremos na tela (mouse/tela sensível ao toque). O *output* é geralmente dado através de imagens geradas por códigos apresentados na forma sequencial de pontos coloridos na tela. Ao longo das últimas décadas, o sistema foi aprimorado, a resolução dos monitores foi melhorada, o mouse e o teclado foram melhor adequados a anatomia humana e os aparelhos ficaram mais leves e portáteis. Porém, este sistema de interface explora somente uma pequena parte da capacidade de comunicação humana, sendo que é o homem que é normalmente obrigado a se adequar ao aparelho, e não ao contrário. O sistema tende a limitar o engajamento corporal do homem, levando-o a executar movimentos repetitivos, o que pode causar desconfortos e traumas físicos. As interfaces híbridas físico-digitais, também chamadas de *interfaces tangíveis* (interfaces digitais acessadas a partir de objetos físicos tangíveis), procuram modelos alternativos de IHC para tornar mais rica a relação entre o homem e o conteúdo digital, através da união das qualidades das interfaces físicas com as interfaces digitais.

As interfaces físicas são as mais presentes no nosso universo de interações. São elas as maçanetas das portas, interruptores de luz, instrumentos como o martelo, a chave de fendas ou mesmo instrumentos musicais como a guitarra e a harpa. Além disso, o próprio ambiente construído pode ser visto como

interface entre o homem e a natureza ou entre o homem e a informação, por exemplo. Nestas interfaces, há normalmente uma conexão direta entre a ação efetuada sobre o sistema (*input*) e a resposta ou reação do sistema (*output*). Esta conexão faz com que estes sistemas sejam geralmente mais previsíveis e tenham normalmente maior relação entre a *perceived affordance* e a *affordance* real.

*Perceived affordance* é um conceito que se refere às possibilidades de ação observadas por um ator em um ambiente ou objeto (NORMAN, 2004). Este conceito é uma adaptação do conceito de *affordance* que se refere à relação entre as propriedades de ação do mundo e o ator (uma pessoa ou um animal) (NORMAN, 2004). A diferença entre *affordance* e *perceived affordance* é que a primeira faz parte da natureza e não é necessariamente percebida ou desejável. Já na *perceived affordance*, a importância está na percepção das possibilidades e não se elas são reais ou não. Esta percepção pode ser associada a questões sócio-culturais do observador. Nas interfaces físicas, a *perceived affordance* e a *affordance* (que Norman chama de *affordance* real) podem se sobrepor, tornando os sistemas mais intuitivos e predeterminados. Leonard e Santos (2008) argumentam que esta predeterminação abre uma margem para que o usuário aja previsivelmente, aproximando o engajamento físico ao universo dos hábitos.

Em interfaces digitais não há conexão direta entre a ação do homem (*input*) e o que acontece no interior do aparelho, já que elas podem ser programadas para diferentes finalidades. Aqui, só se aplica o conceito de *perceived affordance* porque o aparelho (computador) em si não tem nenhuma finalidade predeterminada. A resposta a ações efetuadas sobre o sistema é mediada por uma programação específica. Em outras palavras, as interfaces digitais são sistemas potencialmente abertos que dependem de programações específicas.

A *Realidade Aumentada*<sup>9</sup> é um conceito ligado às interfaces digitais que tem como objetivo realçar a percepção e interação do homem com o mundo através da sobreposição de uma camada de informação digital, específica ao contexto, que suplementa e interage com o ambiente e objetos físicos. Desta maneira, a Realidade Aumentada se difere da Realidade Virtual, já que esta não simula, mas complementa o ambiente real. Azuma (1997, 2001) propõem que sistemas de *Realidade Aumentada* RA devem compartilhar as seguintes propriedades: a) A mescla do físico e do digital no ambiente físico<sup>10</sup>; b) A interação em tempo-real; c) O *registro* em três dimensões. A RA não se trata de uma simulação ou substituição, mas de uma complementação do ambiente físico através de informações digitais que podem realçar a experiência do homem no espaço. A interação é em tempo real, pois a relação entre homem e espaço é temporal. Não é possível criar uma experiência espacial plena utilizando-se apenas duas ou três dimensões. Finalmente, o *registro* em três dimensões trata do alinhamento entre o mundo físico e o mundo digital, que faz com que a percepção do entrelaçamento entre as duas dimensões seja mais rica.

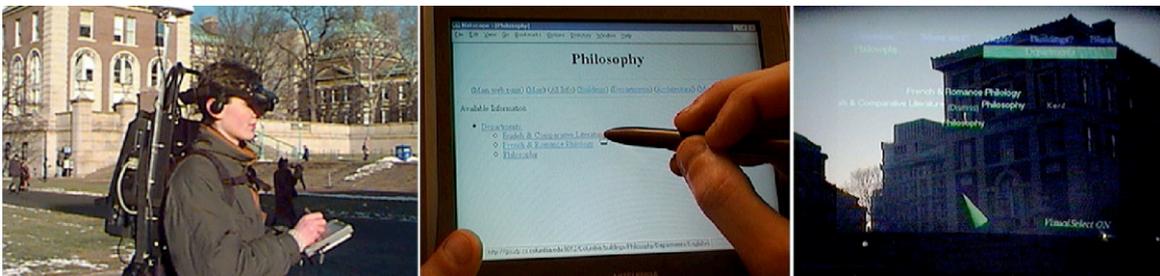


Figura 7 - The Touring Machine: Interface digital que permite a adição de informação digital a objetos físicos.

Fonte: Universidade de Columbia – Computer Graphics and User Interface Lab

<sup>9</sup> Do inglês: *Augmented Reality*

<sup>10</sup> Azuma (1997, 2001) utiliza os termos real e virtual.

A maioria das experiências ligadas a RA são feitas através do uso de aparatos ópticos<sup>11</sup> que combinam na superfície de algum visor a informação digital com aquilo que está sendo visto. O *Touring Machine* (Figura 7), experimento desenvolvido na Universidade de Columbia em 1997 é um exemplo deste tipo de aplicação, no qual o usuário pode inserir ou acessar informação digital superposta ao que se está observando no visor. Porém, existem também experiências que fazem uso de projetores para criar uma camada de informação sobre objetos físicos.

A instalação *Displaced Emperors*<sup>12</sup>, de Rafael Lozano-Hemmer, é um exemplo deste tipo de aplicação. Ela faz parte de uma série de instalações chamadas de *Arquiteturas Relacionais*, onde o artista procura *ressemantizar* o objeto arquitetônico através da sobreposição de informação digital e sistemas interativos. Na instalação, o artista emprega sensores que calculam para onde os participantes estão apontando na fachada do castelo de Habsburg, em Linz, Áustria. Uma grande mão projetada sobre a fachada *acaricia* o edifício e revela os interiores que correspondem ao Castelo Chapultepec, residência dos Habsburg na Cidade do México. Ao inserir uma moeda em um dispositivo específico, os participantes poderiam ativar o *botão de Montezuma*, que acionava uma grande imagem de uma toga Asteca. Esta instalação ilustra como as tecnologias digitais podem amplificar/complementar a arquitetura com camadas de informação.

---

<sup>11</sup> Exemplo de aparato óptico: Advisor 150. Disponível em: <<http://www.tekgear.ca/index.cfm?nodelist=1,83&pageID=90&prodid=355&section=83>>. Acesso em: 16 Jan. 2009.

<sup>12</sup> Disponível em: <<http://www.lozano-hemmer.com/eproyecto.html>>. Acesso em: 10 Mar. 2008.



Figura 8 - Projeção sobre fachada - *Displaced Emperors* (1997)

Fonte: Hemmer, 2008

A instalação mistura características físicas do castelo com a informação digital das projeções através de uma interação em tempo real com o participante. As projeções são alinhadas à fachada, complementando-as com informações históricas e questionamentos culturais. Desta maneira, a instalação se configura como experiência de RA e aponta um uso potencial deste conceito à arquitetura, que é o de complementar a arquitetura com informações dinâmicas.

Outro tipo de interface são as interfaces híbridas físico-digitais, que exploram as características das interfaces físicas, através de objetos e ambiente físicos, e das interfaces digitais. Seu aspecto físico permite, através do hábito e da *affordance*, uma relação mais intuitiva para acessar a informação digital. Já a abertura de seu aspecto digital potencializa o sistema, possibilitando que ele seja mais dinâmico. Esta relação físico-digital representa uma possibilidade mais rica de se acessar a informação digital, já que se aproxima mais da escala humana. Além disso, possibilita também que a interação se manifeste de forma *espacializada*, deslocando a informação digital da bidimensionalidade da tela

para tridimensionalidade do espaço. Como argumenta Leonard e Santos (2008, pg 1);

a interação do usuário com o sistema não se manifesta apenas de forma plana, ou seja, através de uma tela ou entrada de dados via teclado, mas se manifesta de forma *espacializada*, ou seja, na inter-relação do usuário com o espaço físico e digital.

Esta espacialização pode representar um avanço significativo na forma com que interagimos com a informação digital ou com o próprio ambiente. O conceito de mídia expandida, que se refere à expansão das mídias para o espaço através do uso de uma variedade de telas ou outras superfícies como suporte para projeção, já aponta nesta direção. Como observa Cabral Filho (2004), "podemos pensar que, se há uma mídia expandida, essa expansão se dá em direção à arquitetura, seja arquitetura das edificações ou das cidades." Desta maneira, a produção e desenvolvimento destas mídias deve agora levar em consideração questões ligadas ao espaço da arquitetura. Da mesma forma, na mão inversa, o conteúdo destas mídias também deve ser uma questão importante a ser abordada na arquitetura.

Vive-se em uma época na qual a informação é massivamente disponível através de monitores de vários tipos e formatos que estão se espalhando em todos os tipos de edifícios e espaços urbanos. Porém, estes dispositivos exigem normalmente muita atenção do usuário e não exploram a capacidade de percepção periférica do homem. Ishii e Ullmer (1997) argumentam que através do subconsciente, as pessoas estão constantemente recebendo informações variadas do ambiente, informações estas que não exigem atenção. Quando alguma coisa incomum é percebida, ela passa imediatamente para o foco das atenções. Através da espacialização das interfaces, esta capacidade poderia ser utilizada para criar uma relação mais rica entre o mundo físico tangível (átomos) e o digital (bits). Uma forma de espacialização que explora

esta percepção periférica do homem é a de *Ambient Displays*, que será discutida a seguir.

#### 4.4. Ambient Display:

*O espaço como interface entre o homem e a informação digital*

O conceito de *Ambient Display* explora novas formas de transmitir informações digitais através de mudanças sutis de iluminação, som e movimentos, que podem ser percebidos de forma quase inconsciente. O foco é disponibilizar informação digital no ambiente sem para isso exigir a atenção constante do usuário. Neste intuito, explora-se o ambiente arquitetônico e objetos diversos como nova interface entre o homem e a informação digital.

O conceito de *display*, convencionalmente atrelado ao de um monitor, é expandido para todo o ambiente físico, onde todos os elementos que constituem o espaço passam a ser interfaces potenciais para informação digital. Como observa Wisneski *et al* (1998), ao contrário de várias fontes de informação, competindo uma com a outra por uma parcela relativamente pequena de espaço no monitor, a informação é deslocada da tela para dentro do ambiente físico, manifestando-se em transformações sutis de forma, movimento, som, cor, cheiro, temperatura ou luz.

Os sistemas de *Ambient Display* exploram duas capacidades humanas. A primeira é de percepção de acontecimentos periféricos, colocada por Ishii e Ullmer (1997), para que a informação digital seja transmitida sem ter de exigir a atenção da pessoa (WISNESKI *et al*, 1998). A segunda é a de decodificar a

informação através de códigos (STREITZ, 2006). Um motorista sabe que a passagem em uma rua foi interrompida ao perceber a luz vermelha no semáforo sem que para isso tenha de tirar a atenção do resto do ambiente. Assim, os objetos podem transmitir informação digital mesmo ocupando posição periférica em relação ao observador.

Um exemplo de *Ambient Display* é um painel desenvolvido pelo *Smart Environments of the Future*<sup>13</sup>, chamado de *The Hello Wall* (PRANTE et al., 2003). O objeto consiste em um painel com 124 unidades (*células*) de luz organizadas em uma malha regular. Estas *células* são formadas por um conjunto de *leds* cuja intensidade de brilho pode ser controlada por um computador. Além disso, cada célula foi dotada de um *transponder*<sup>14</sup> capaz de disponibilizar informações. O sistema também possui um conjunto de sensores capazes de identificar a presença de pessoas.

Estabeleceram-se três *zonas de interação* que relacionam o tipo de informação que é transmitida com a distância da pessoa em relação ao aparelho. A zona mais afastada é a *zona ambiente* onde as pessoas estão fora do alcance dos sensores do aparelho, mas conseguem visualizar os efeitos luminosos. Na segunda zona, a de notificação, o sistema consegue, através de dois sensores, detectar a presença da pessoa.

---

<sup>13</sup> Disponível em: <<http://www.ambient-agoras.org/>>. Acesso em: 20 Jan. 2009

<sup>14</sup> Dispositivo de comunicação eletrônico que emite sinais pré-programados ou retransmite sinais recebidos em frequências diferentes.



Figura 9 - The Hello Wall - Ambient Agoras

Fonte: Ambient Agoras, 2009

Através de um computador de mão chamado de *Viewport*, a pessoa pode se identificar para o *Hello Wall* e receber informações específicas. Na terceira zona, chamada de zona de interação, a pessoa consegue ler através do *Viewport* as informações contidas nos *transponders* embutidos em cada *célula* luminosa. Este sistema foi desenvolvido para se conseguir transmitir informações mais complexas orientadas a usuários específicos.

Embora o sistema seja questionável, já que a malha de células luminosas representa pouco mais do que um monitor de baixa resolução, falhando em criar uma percepção espacial da interface, ele aponta questões relacionadas à dinâmica da distribuição espacial de informação. Visto como um tipo de monitor, o sistema falha em transmitir a informação de maneira passiva, já que necessita da atenção da pessoa para decodificar os diferentes padrões luminosos. Porém, a relação entre a complexidade de informação e a distância da pessoa, além da relação do dispositivo com o sistema auxiliar do *Viewport*, corrobora com a visão de que a *Interface Gráfica do Usuário* IGU<sup>15</sup> e as

---

<sup>15</sup> Do inglês, *Graphical User Interface GUI*

interfaces ambientes não comprometem a dicotomia entre finalidade e função. Wisneski *et al* (1998) observam que displays de ambiente sutis, dispostos no pano de fundo, devem coexistir com, e em complemento de, atividades mais centrais e dispositivos funcionais (como o *Viewport*). Além disso, o que está no pano de fundo pode se tornar central e vice versa. O usuário controla este movimento através do seu estado de percepção e, algumas vezes, através de controles físicos.



Figura 10 - *Ambient Devices* - Cubo Ambiente - Guarda Chuva Ambiente - Globo Ambiente

Fonte: *Ambient Devices*, 2008

Para Wisneski *et al* (1998), o *Ambient Display* é adequado como meio de informar os usuários sobre pessoas ou estados de sistemas maiores, como previsões do tempo ou sistemas de tráfego de rede. Este caráter informativo foi explorado por empresas como a *Philips* e a *Ambient Devices*<sup>16</sup>, que já produzem e vendem dispositivos capazes de se conectar em rede e passar informações digitais através de alterações em suas características físicas. Um exemplo é o *Guarda Chuva Ambiente*, da *Ambient Devices* (Figura 10), cujo cabo muda de cor se há previsão de chuva para o dia. Outro exemplo é o *Cubo Ambiente*, cuja gradação luminosa de cores pode ser relacionada a diversas informações disponíveis na internet, como temperatura ou valor de determinada ação na bolsa de valores. Streitz (2006) observa que este tipo de sistema que

<sup>16</sup> Disponível em: <<http://www.ambientdevices.com/cat/index.html>>. Acesso em: 2 de Jan. 2009

utiliza a luz como meio de se transmitir informações não só comunica, mas simultaneamente afeta a atmosfera do lugar (potencial lúdico), podendo concomitantemente influenciar o humor do corpo social presente no espaço. Enquanto para alguns o objeto pode servir de fonte de informação, para outros pode ser percebido como elemento decorativo.

Talvez seja a relação entre o potencial lúdico e o caráter informativo o ponto de maior potencial do *Ambient Display*. Na arquitetura, esta relação pode ser adotada na concepção de edifícios dinâmicos/interativos, que seriam capazes de passar informações digitais através de mudanças sutis em seus aspectos físicos, como a cor ou a forma. Desta maneira, é possível criar relações mais ricas entre o homem e a informação digital, sem a necessidade de se transformar a fachada de edifícios em grandes monitores, o que pode ser observado com frequência. A *Kinetic Light Sculpture* é uma instalação permanente que pode exemplificar o uso do conceito de *Ambient Display* na arquitetura e no espaço urbano.

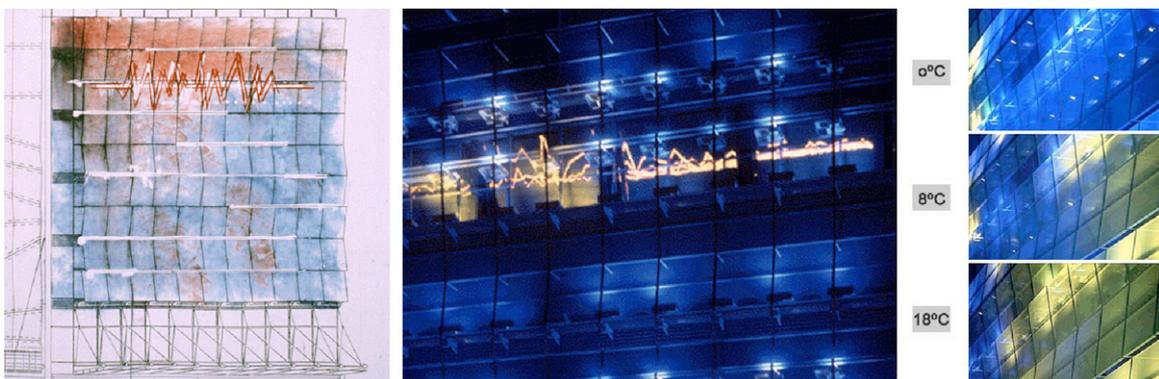


Figura 11 - *Kinetic Light Sculpture* (1992) - Christian Moeller e Rüdiger Kramm - Da esquerda para direita: croqui da fachada – Painel de leds com oscilação do som – Manchas amarelas da fachada à 0°C, 8°C e 18°C.

Fonte: Moeller, 2009.

A *Kinetic Light Sculpture*<sup>17</sup> (Figura 11) é uma instalação permanente na fachada do edifício *Zeilgalerie* em Frankfurt, desenvolvida por Christian Moeller em parceria com o arquiteto Rüdiger Kramm, cuja iluminação muda de distribuição e de cor de acordo com a temperatura do ar e da velocidade do vento. A variação de temperatura (0°C até 30°C) determina a quantidade de amarelo que se mistura à luz azul da fachada, formando manchas cujo tamanho cresce proporcionalmente ao aumento da temperatura. Estas manchas se movimentam de acordo com a velocidade e direção do vento. Na parte de cima da fachada, um painel de 20 metros de largura por 4 metros de altura mostra as oscilações do som ambiente captado por microfones localizados atrás da fachada. De acordo com Moeller (2004), esta foi a primeira instalação de fachada interativa deste tamanho que, no lugar de servir para mostrar propagandas e campanhas publicitárias, mostra linhas que se movem de acordo com o ritmo do transeunte. Desta maneira, o edifício oferece ao transeunte uma noção da temperatura externa, da direção e velocidade do vento e da atividade de pessoas no ambiente próximo. Além de criar um elemento lúdico que afeta a atmosfera do lugar, a fachada também transmite informação, o que a caracteriza como *Ambient Display* e mostra o potencial do conceito na arquitetura.

#### 4.5 Physical Computing:

##### *A comunicação entre o físico e o digital*

Para haver interação, é necessário primeiramente que se estabeleça alguma forma de comunicação entre o homem e os dispositivos digitais que gerenciam

---

<sup>17</sup>Disponível em: <[http://www.christian-moeller.com/display.php?project\\_id=30&play=true](http://www.christian-moeller.com/display.php?project_id=30&play=true)>  
Acesso em: 12 Jan. 2009

e controlam objetos ou ambientes interativos. Enquanto em sistemas tradicionais de interface como o mouse e o teclado é o homem que tem que se adequar à linguagem do computador, a *Physical Computing* pesquisa como o computador pode entender a linguagem do homem, tomando como base a forma com que este se expressa em seu ambiente. O'Sullivan e Igoe (2004, pg 10, Tradução do autor) propõem que a “*Physical computing* diz respeito à criação de conversações entre o mundo físico e o mundo virtual dos computadores”<sup>18</sup>. Para tentar alcançar este objetivo utilizam-se meios e métodos similares aos da Robótica (*hardware*) e da Inteligência Artificial (*software*). Porém, enquanto estas procuram imitar ou mesmo substituir o homem, o interesse da *Physical Computing* é de dar suporte à autonomia humana, procurando amplificar a sua capacidade de comunicação.

A relação entre o homem e o espaço pode ser vista como um diálogo constante. Pallasmaa (2005) descreve este diálogo da seguinte maneira:

“confronta-se a cidade com o corpo; as pernas medem o comprimento de uma arcada ou a largura de uma praça; o olhar inconscientemente projeta o corpo na fachada dos edifícios e vagueia sobre suas formas e contornos, detectando o tamanho das reentrâncias e projeções; o peso do corpo se depara com a massa de uma porta, e a mão segura a maçaneta da porta enquanto adentra-se o espaço vazio por detrás dela. Experimenta-se o *Eu* através da cidade, e a cidade existe através da personificação do corpo. A cidade e o corpo se suplementam e definem um ao outro”.

Nesta experiência fenomenológica com o espaço, descrita por Pallasmaa, o corpo se expressa através da relação com o ambiente. A *Physical Computing* procura através desta relação com o espaço revelar pistas sobre o estado

---

<sup>18</sup> “*Physical computing is about creating a conversation between the physical world and the virtual world of the computers*”.

interior do homem e através disso criar um canal de comunicação com o computador.

Abrir a porta rápido pode indicar pressa, abrir com força pode indicar raiva, abrir a porta deixando só uma fresta pode indicar medo e desconfiança e assim por diante. Como lembram O'Sullivan e Igoe (2004), os seres humanos têm a capacidade de ler estas informações nas expressões corporais da pessoa e em sua relação com objetos e espaço. Para tentar criar novas formas de comunicação entre estes dois sistemas e fazer com que o computador perceba algumas destas expressões, utiliza-se um processo chamado de *transdução*. O'Sullivan e Igoe (2004) explicam que este processo consiste na conversão de uma forma de energia, fruto da ação do homem sobre o espaço, em outra compreendida pelo computador. Como o termo sugere, é um processo de tradução da linguagem do homem para a linguagem do computador e vice versa. Um exemplo de transdutor é um microfone que traduz ondas de pressão do som no ar em pulsos eletrônicos. O microfone é um transdutor de entrada, ou *input*, que também pode ser chamado de sensor. Transdutores de saída, ou *output*, também chamados de atuadores, convertem pulsos elétricos em ação sobre o mundo (seja ela digital ou analógica).

Algumas experiências e estudos que analisam como os aparelhos podem entender a linguagem e o comportamento do homem são feitas através de instalações artísticas. *Breath*<sup>19</sup> (Romy Achituv e Tom Igoe - *Interval Research Corporation*, 1998), é um bom exemplo de instalação que utiliza o microfone como transdutor para captar a respiração da pessoa. Nesta instalação, o observador entra em um espaço pequeno e escuro usando uma máscara de gás na qual foi embutida um microfone sem fio. A respiração, fala ou quaisquer sons emitidos pela pessoa são captados e filtrados, retornando ao ambiente

---

<sup>19</sup> *Breath* - Disponível em: <<http://www.tigoe.net/breath/breath2.html>>. Acesso em: 12 Jan. 2009.

em forma de eco. Quando a pessoa se aproxima a uma das paredes, estes ruídos revelam imagens cuja intensidade de brilho é relacionada ao volume do som emitido. O efeito de transição das imagens foi feito de tal forma a simular a condensação da respiração sobre um vidro frio. Assim, quando a pessoa respira, a imagem fica mais forte, e quando inspira, ela se esvaece. Depois de algum tempo, as imagens são trocadas para se possibilitar uma relação mais prolongada. Um sensor infravermelho, embutido na máscara, revela a posição da pessoa no sistema para que as imagens sejam projetadas exatamente na posição onde a pessoa esta soprando. Em situações de brincadeira, sopram-se vidros gelados ou janelas embaçadas para nelas poder desenhar ou escrever palavras. Este ato lúdico, associado a brincadeiras da infância, foi tomado como ponto de partida para se acessar informação digital em forma de fotografias.

A relação de *input*, processamento e *output* pode ser entendida como escutar, pensar e falar, em uma conversação entre dois ou mais atores. O conjunto de ações composto pela leitura dos dados de entrada, interpretação destes dados e ativação dos *outputs* sonoros e visuais se chama processamento. Este processamento de informação em sistemas tecnológicos digitais é normalmente feito por computadores. Porém, O'Sullivan e Igoe (2004) ressaltam que, para explorar as possibilidades dos sistemas de processamento, deve-se pensar em *computação*, ao contrário de *computadores*. Não se deve imaginar o computador pelo sistema tela, teclado e mouse, mas como dispositivo capaz de computar dados e de tomar qualquer forma física necessária a cada tipo de aplicação.

**5. ELABORAÇÃO DE UM SISTEMA INTERATIVO: CONTEXTO  
DA PESQUISA, ROTEIRO CONCEITUAL, EXPERIMENTAÇÃO E  
DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO**

---

---

## ELABORAÇÃO DE UM SISTEMA INTERATIVO: CONTEXTO DA PESQUISA, ROTEIRO CONCEITUAL, EXPERIMENTAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO

### 5.1. Protótipo de uma mesa interativa:

*Aparato híbrido – físico-digital como interface entre o homem e a informação digital*

O uso das tecnologias da informação causou um deslocamento significativo de objetos físicos, como forma de se acessar informação e se comunicar, para os meios digitais. Se antes a informação era registrada através da configuração de átomos na materialidade de objetos como livros e revistas, hoje ela aparece também na forma intangível dos bits no meio digital (NEGROPONTE, 1995). Como antecipou Negroponte (1998), “a lenta manipulação humana de informação na forma de livros, revistas, jornais e videocassetes, está no limiar de se transformar na instantânea e barata transferência de dados eletrônicos que se movem na velocidade da luz<sup>1</sup>”.

As interfaces digitais, em especial a do computador, transformaram-se em um dos principais meios de comunicação e de acesso a estes dados eletrônicos, traduzidos em informações como músicas, livros, vídeos, etc. Como foi discutido no capítulo anterior, esta relação entre o homem e a informação digital se dá principalmente através de Interfaces Humano Computador (IHC) tradicionais como o teclado e o mouse, que tendem a limitar o engajamento

---

<sup>1</sup> “the slow human handling of most information in the form of books, magazines, newspapers, and videocassettes, is about to become the instantaneous and inexpensive transfer of electronic data that move at the speed of light” (tradução do autor)

corporal do homem, levando-o a executar movimentos repetitivos que podem causar desconfortos e possíveis traumas físicos.

Partindo do pressuposto, discutido no capítulo anterior, de que a espacialização destas interfaces pode humanizar a forma com que acessamos esta informação, propôs-se, através do desenvolvimento de um protótipo, estudar a utilização de objetos corriqueiros do nosso dia a dia como IHC. Entende-se que, como a interatividade na arquitetura é proposta hoje principalmente através do uso de dispositivos tecnológicos digitais, o estudo de novas formas de se acessar informação e interagir com aparelhos como o computador é relevante ao desenvolvimento de ambientes interativos. O protótipo consistiu em um aparato híbrido, físico-digital, na forma de uma mesa capaz de identificar movimentos de objetos na sua superfície e transmitir esta informação para outros objetos. Este aparato visou o estudo de vários tipos de relação: a) interface de interação entre o homem e a informação; b) interface de interação entre o homem e o ambiente; c) meio de suporte à comunicação e cooperação entre os homens; d) agente ativo na performance espacial. Este último ponto consiste em explorar o potencial lúdico do protótipo através da execução de uma performance sonora ou visual, que afeta a ambiência do lugar, buscando um engajamento ativo do objeto na dinâmica espacial.

Na primeira parte do capítulo é feita uma primeira descrição do protótipo e dos aspectos metodológicos e conceituais da pesquisa. Primeiramente será descrito o contexto no qual se desenvolveu a pesquisa, já que este exerceu grande influência na concepção inicial e no desenvolvimento da proposta do protótipo. Em seguida é elaborado um roteiro metodológico para sistemas interativos, que serviu de base sobre a qual se montou a estrutura conceitual do sistema no qual se insere o protótipo. Em seguida, são listados alguns exercícios e pequenos experimentos que visam criar maior intimidade com componentes eletrônicos e aparelhos. Finalmente, é feita no final do capítulo

uma descrição da construção do protótipo, dos primeiros experimentos efetuados com ele e das principais questões observadas.

## 5.2. Contexto no qual se desenvolveu a pesquisa

### *Ensino e pesquisa no Laguear*

O Laboratório Gráfico para Experimentação Arquitetônica - LAGEAR é um laboratório computacional que se ocupa tanto do ensino quanto da pesquisa na aplicação de tecnologias digitais à arquitetura (CABRAL FILHO, 2005). O foco das pesquisas vai desde a criação de interfaces à criação de sistemas híbridos que conectam o mundo digital com o mundo real. Estes sistemas são baseados no conceito de *physical computing*<sup>2</sup>, que estuda maneiras de comunicação entre o homem e o computador além das formas tradicionais de Interação Homem Computador - IHC como o teclado e o mouse.

A construção do protótipo da mesa está inserida em um contexto maior de duas pesquisas desenvolvidas pelo LAGEAR. A primeira, *Entre Presença e Distância - Laboratórios híbridos para uma educação arquitetônica compartilhada*, consiste na criação de um ambiente híbrido que visa potencializar o trabalho cooperativo e o ensino à distância:

[...] a pesquisa em desenvolvimento entre duas Universidades Federais de Minas Gerais tem como objetivo conceituar e implementar uma estrutura física e metodológica para fomentar a espacialização do trabalho cooperativo e de ensino à distância dentro da realidade das escolas de arquitetura brasileiras. Tendo como base o conceito de "laboratórios-geminados", a pesquisa se dá através da

---

<sup>2</sup> Cp.4 Ferramentas e sistemas de interação: Inteligência Ambiente, Computação Ubíqua e Interfaces Humano Computador.

cooperação entre dois laboratórios geograficamente separados: o LAGEAR e o LCG (Laboratório de Computação Gráfica). A pesquisa enfatiza o hibridismo entre o ensino presencial e o ensino à distância, assim como a valorização dos processos de interação informal entre os alunos mesmos e entre os alunos e pesquisadores/professores (CABRAL FILHO; BALLERINE, 2008).

A segunda pesquisa na qual está inserida a construção do protótipo se chama *Physical Computing* - o encontro entre analógico e digital no espaço arquitetônico. Nesta pesquisa estuda-se como humanizar a relação entre o digital e o *real* através de interfaces tangíveis. É importante ressaltar que o protótipo foi desenvolvido no contexto destas duas pesquisas que enfatizam uma preocupação com todo o ambiente arquitetônico. Assim o protótipo da mesa em si não deve ser visto como sistema isolado.

No ensino, o laboratório dá apoio ao Atelier Integrado de Arquitetura - AIA que reúne as disciplinas de Plástica e Expressão Gráfica e Informática Aplicada à Arquitetura. O AIA é estruturado em 4 etapas que dizem respeito à percepção, à imaginação, à produção e à representação (CABRAL FILHO, 2008). Esta estrutura é colocada de forma genérica com o intuito de acomodar mudanças e adaptações a cada semestre. Isto porque a relação entre o LAGEAR e o AIA se dá de forma circular. O *input* dado pelo laboratório é processado pelos alunos de cada semestre que geram um *output* na forma de trabalhos e intervenções no espaço físico. Os questionamentos e resultados destas intervenções são realimentados no sistema do laboratório para servir de *input* no semestre seguinte, fechando assim o círculo. Esta relação, a que podemos chamar de cibernética, entre o laboratório e o ateliê, permite que o *sistema* evolua e se adapte a novas circunstâncias. Tanto o laboratório quanto o ateliê se atualizam mutuamente. Boa parte dos questionamentos e conhecimentos necessários para a elaboração do protótipo surgiu deste *sistema*.

### 5.3. Roteiro metodológico para sistemas interativos

A metodologia adotada teve como base princípios ligados ao *Design de Interação*. Este se consolidou como disciplina que lida com o design de dispositivos tecnológicos digitais dando enfoque aos aspectos imateriais da interação entre o homem e o sistema (MOGGRIDGE, 2007). Os designers vêm observando há algum tempo esta relação na qual o hardware é suporte para o software. Eles partem do princípio de que quando se projeta um sistema que integra computadores, não se desenham somente seus aspectos formais e mecânicos, mas principalmente o seu comportamento. Assim os designers têm focado principalmente as interfaces de interação entre o homem e os dispositivos tecnológicos, onde a questão está na qualidade desta interação. Como coloca Smith (2007, pg XV), o Design de Interação trata de “dar forma à vida cotidiana através de artefatos digitais – para trabalho, para jogos e para entretenimento”<sup>3</sup>.

Em objetos eletrônicos há normalmente uma conexão clara entre seus aspectos físicos e mecânicos. Porém, em dispositivos digitais essa conexão não existe necessariamente, podendo haver grande distanciamento entre os aspectos físicos e os digitais. Assim, para se desenvolver interfaces e sistemas interativos deve-se ter um mapa mental claro com o que se está interagindo, oferecendo um *feedback*, *navegabilidade* e *consistência* (MOGGRIDGE, 2007). Smith (2007) coloca que um *feedback* ajuda a pessoa a perceber o que ela fez e quando ela fez. A *navegabilidade* é essencial para a pessoa saber onde se encontra no sistema, o que ela pode fazer lá, para onde pode ir depois e como pode voltar. A *consistência* quer dizer que um determinado comando em uma parte do sistema deve ter o mesmo efeito em outra parte (MOGGRIDGE, 2007).

---

<sup>3</sup> [...] *shaping our everyday life through digital artifacts – for work, for play, and for entertainment.*

A intenção aqui é evitar que a pessoa que esteja operando o sistema tenha que se concentrar na manipulação da interface, podendo assim se dedicar a outras coisas. Isso se relaciona ao princípio da *tecnologia calma* proposto por Weiser (1993), que tem como ponto principal a ideia de que uma boa ferramenta é aquela que não exige concentração, permitindo que se possa focar na tarefa e não na ferramenta. No entanto, estes princípios devem ser adotados com cautela, já que certas aplicações e contextos exigirão postura diferente. Como coloca o próprio Weiser (1996), um videogame calmo não teria muito uso, já que o intuito é se excitar. A questão é que o design não deve ser excessivamente focado no objeto e suas qualidades superficiais, mas sim em seus aspectos periféricos e contextuais para que tenhamos comando pleno da tecnologia e não sejamos dominados por ela (WEISER, 1996).

Baseado nestes princípios de interação, Bill Verplank (2007) sugere um processo metodológico para a concepção e conceituação de dispositivos interativos. Este processo é dividido em 4 etapas distintas listadas abaixo:

1. **Motivação** – erros e ideias. O design pode se basear tanto na compreensão de problemas que as pessoas estão tendo quanto em ideais.
2. **Significado** – metáfora e cenários. Um projeto pode fazer sentido para as pessoas através de uma metáfora ou da elaboração de cenários que contextualizam o sistema que se está projetando.
3. **Modos** – modelos e tarefas. Devem-se criar modelos conceituais de estados do sistema e as tarefas que devem ser executadas para passar de um modelo para o outro. Estes modelos e tarefas estão ligados ao que as pessoas estão tentando realizar e ao que devem fazer para isso.
4. **Mapeamento** – *display* (mostrador) e controle. O display é representação daquilo que se está manipulando. Devem-se mapear os controles para esse display de forma que a pessoa saiba como operar o sistema.

Alem disso, segundo Verplank (2007), deve-se responder a três questões: a) como você faz; b) como você sente; c) como você sabe. A primeira questão se refere a qual tipo de controle que se pretende oferecer à pessoa. Verplank (2007) coloca que este controle pode acontecer através de um manete ou um *botão*. Como metáfora a *manete* permite à pessoa segurar e manipular o mundo. Já o *botão*, uma vez apertado, delega o controle à máquina. A segunda questão é: como você sente ou recebe *feedback*? A questão alude a qual tipo de *feedback* o sistema deve oferecer ao usuário.

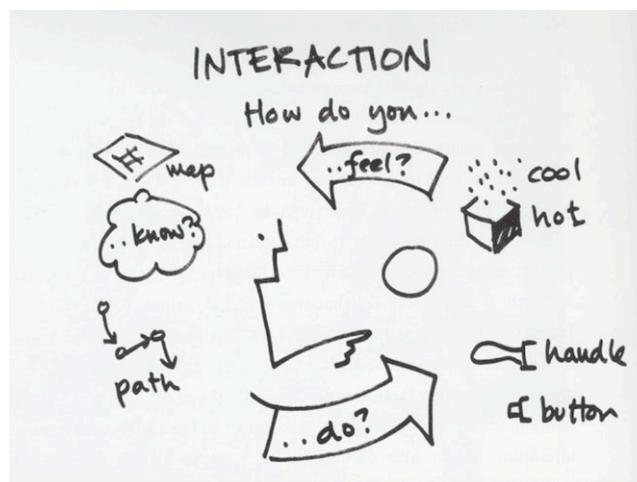


Figura 12 - Modelo de Interação de Bill Verplank

Fonte: Bill Verplank (2007)

A terceira questão é: como você sabe? Essa questão trata da maneira com a qual a pessoa aprenderá a manipular produtos. Para operar um computador ou manipular um programa é necessário que a pessoa aprenda certas habilidades básicas. Segundo Verplank (2007) o designer pode mostrar isso através de duas formas. A primeira é desenhando um *mapa* que oferece um panorama de como o sistema funciona e a segunda é traçando uma trilha que mostra o que a pessoa deve fazer passo a passo até atingir determinado objetivo. É possível pensar também uma terceira possibilidade além das duas de Verplank que é a da *floresta*. Nesta forma o usuário pode trilhar seu próprio caminho através do qual constrói uma experiência *hipertextual*. A metáfora da floresta é

interessante aqui, pois remete a um lugar onde as pessoas se sentem perdidas geograficamente, mas se encontram simbolicamente. Assim, ao manipular objetos desta maneira a pessoa está construindo sua própria experiência, reflexo de suas escolhas. A partir daí ela adquire intimidade com o objeto.

Finalmente o último ponto metodológico levantado pelo Design Interativo em relação ao desenvolvimento de sistemas é a criação de protótipos. Para Moggridge (2007) o protótipo deve fazer parte de todo o processo de criação. Eles servem para visualizar ideias, tirar incertezas e testar interações. Moggridge defende o uso de maquetes simples nos primeiros estágios de design, construídas a partir de objetos que estão ao alcance da mão. Quanto mais simples de se modificar o protótipo maior é a chance de se atingir um resultado satisfatório.

Na arquitetura destaca-se a importância do protótipo como ferramenta de concepção e desenvolvimento de projeto. Como coloca Andrés (2009, pg 70),

[...] a ferramenta da simulação através de prototipias nos aponta outras possibilidades de experimentação de aspectos da arquitetura que não os visuais, como por exemplo aspectos construtivos, táteis, térmicos, acústicos e de interação e nos permitiriam desenvolver melhor estas questões em nossos projetos arquitetônicos.

O trabalho com protótipos no desenvolvimento de ambientes ou dispositivos interativos é de grande importância no ateliê AIA. Na etapa de produção é demandado aos estudantes montar uma instalação arquitetônica interativa. Estas instalações são feitas a partir da ocupação de espaços residuais ou da ressemantização de espaços existentes. No desenvolvimento dos trabalhos os estudantes adotam técnicas de prototipia em escala 1:1, onde são testados os aspectos *polissensuais* dos materiais e as possíveis aplicações de sensores e atuadores na relação do homem com o espaço.

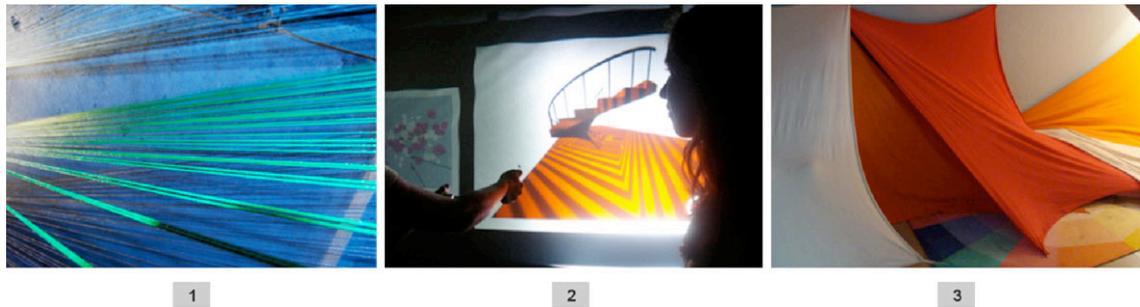


Figura 13 - Três Instalações desenvolvidas no AIA (2008) - 1: Entre Linhas - 2: Biblioteca Virtual - 3: Escada

Fonte: LAGEAR, 2008

Para se *prototipar* o comportamento de objetos são necessárias ferramentas e técnicas que podem simular o comportamento de sistemas híbridos que são tanto digitais quanto interativos (MOGGRIDGE, 2007). Para estes sistemas a popularização de plataformas de prototipia de circuitos integrados com microcontroladores como o *Arduino*<sup>4</sup> potencializaram o trabalho de arquitetos, designers e artistas plásticos. Estes dispositivos possibilitaram a simulação do comportamento de sistemas interativos sem que seja necessário grande conhecimento na área de eletrônica e programação.

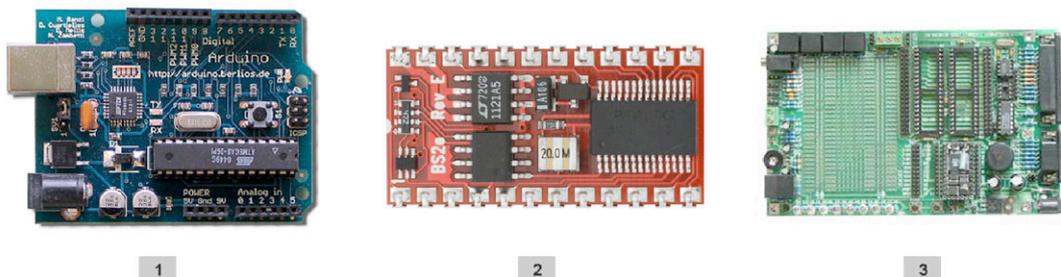


Figura 14 – Microcontroladores - 1: Arduino - 2: Basic Stamp - 3: BasicX-24

Fonte: elaborado a partir de documentação levantada, 2008

O microcontrolador pode ser entendido como um pequeno computador que serve para processar pequenas quantidades de dados. É adequado para

<sup>4</sup> Disponível em: <<http://www.arduino.cc/>>. Acesso em: 2 fev. 2008

receber informação de sensores, controlar atuadores como pequenos motores e enviar informação para computadores ou outros dispositivos (O'SULLIVAN; IGOE, 2004).

## 5.4 Estrutura conceitual do sistema

A estrutura proposta por Verplank (2007) foi adotada pois oferece uma base metodológica para se estruturar conceitualmente o sistema. Parte do trabalho de conceituação foi desenvolvida a partir de reuniões da equipe<sup>5</sup> envolvida no projeto e outra parte no próprio desenvolvimento da dissertação.

**Motivação:** espacialização das interfaces para tornar a interação entre o físico e o digital mais humana e lúdica. Constata-se que as interfaces atuais não são inteiramente adequadas ao corpo humano sendo que seu uso constante pode chegar a provocar desconforto ou até lesões graves. Baseado no conceito de *Physical Computing*, Computação Ubíqua e Objetos e Ambientes Inteligentes levantam-se os seguintes potenciais da mesa:

- a) interface de interação entre o homem e a informação;
- b) interface entre o homem e o ambiente;
- c) meio de suporte à comunicação e cooperação entre os homens;
- d) agente ativo na performance espacial.

---

<sup>5</sup> Pessoas presentes nas reuniões: Isabela Lages (mestranda); Mateus de Sousa van Stralen (Mestrando); Aline Moraes (bolsista de graduação); Caio Rodrigues (bolsista de graduação).

**Significado:** Como foi colocado, o projeto se insere em um contexto mais amplo – o de *laboratórios-geminados*, em que se procura fomentar a colaboração entre dois laboratórios geograficamente separados. Foram idealizados para estes laboratórios os seguintes sistemas:

1. Sistema de iluminação e rede elétrica controlado por circuito de chaves comandadas por microcontrolador. Este sistema possibilitaria que toda a rede fosse controlada por um computador ou outro dispositivo no ambiente.
2. Rede de sensores para captar informação do ambiente incluindo: câmera de vídeo para transmitir a imagem de um laboratório para o outro; sensores de ultra-som para detectar a presença de pessoas; sensores de luz na parte interna e na janela para medir a quantidade de luz disponível no exterior e no interior; sensores nas portas para verificar se estão abertas ou fechadas; sensor térmico para verificar a temperatura do ambiente.
3. Interfaces: um computador central com acesso à internet para gerenciar as conexões entre os microcontroladores e entre os laboratórios; mesas de reunião que comunicam entre si dispostas em cada um dos laboratórios, servindo de interface para os dispositivos localizados nos dois ambientes; *chaise long* cuja inclinação pode servir de *input* para, entre outros, o controle do volume de uma música, intensidade de luz ambiente, etc.; plantas (vegetal ou desenho?) que servem de controle para ligar e desligar dispositivos.
4. Comunicação: foram idealizados objetos que poderiam comunicar entre si para compartilhar e gerenciar informações. Estes objetos poderiam atuar um sobre o outro mesmo estando em ambientes distintos. A ideia era criar uma ligação física entre os dois laboratórios permitindo que um laboratório fosse capaz de atuar sobre o outro.

Desta maneira a mesa se insere no cenário de um ambiente amplificado capaz de identificar a presença de pessoas, gerenciar informações e comunicar com outros ambientes.

**Modos:** idealizaram-se cinco estados ou modos nos quais a mesa poderia operar:

1. Interface híbrida física e digital que poderia, por exemplo, gerenciar uma apresentação de vídeos, slides, etc. em uma reunião. Como discutido no capítulo anterior, as interfaces híbridas físico-digitais são sistemas que exploram as características das interfaces físicas, através de objetos e ambiente físicos, e das interfaces digitais. Seu aspecto físico permite, através do hábito e da *affordance*, uma relação mais intuitiva para acessar a informação digital. Por causa de seus aspectos morfológicos e simbólicos a mesa organiza as pessoas no espaço dando certa igualdade de acesso a sua superfície. A união desta característica à interface digital poderia significar, neste caso, uma democratização de acesso aos controles da interface.
2. Instrumento lúdico de entretenimento - neste modo ficaria evidente a possibilidade de se reprogramar o comportamento da mesa, já que ao mudar a programação, esta pode passar de instrumento de trabalho (por exemplo, em uma reunião) para instrumento lúdico de lazer. Esta possibilidade decorre da característica dinâmica das interfaces digitais, que são sistemas potencialmente abertos dependentes de programações específicas. Além disso, explora-se o potencial lúdico observado em sistemas que utilizam a luz como meio de se transmitir informações como estudado no capítulo 3.
3. Painel de comunicação - a manipulação de objetos sobre uma mesa, situada no primeiro laboratório, teria reflexo na outra, localizada no outro espaço, criando assim uma conexão simbólica entre as duas mesas. Desta maneira a mesa poderia funcionar como um *Ambient Display*,

identificando a presença de pessoas no outro espaço sem exigir a atenção das pessoas, ou como painel de comunicação, onde a pessoa poderia, através da movimentação de objetos, estabelecer uma espécie de jogo com a pessoa que utiliza a outra mesa.

4. Painel de controle – a mesa seria capaz de controlar vários dispositivos localizados no ambiente se comportando assim como uma espécie de painel de controle. Neste modo a mesa poderia atuar em ambos os laboratórios ligando e desligando dispositivos como lâmpadas, ventiladores, etc. Desta maneira, procurar-se-ia intensificar a ligação entre os espaços possibilitando uma pessoa a atuar mais incisivamente sobre o outro espaço.
5. Objeto performático – neste estado o potencial visual dos *leds* seria utilizado para criar performances visuais gerando diferentes padrões luminosos no ambiente. O princípio de controle deste estado seria baseado no conceito tédio de Gordon Pask<sup>6</sup>. Se a mesa permanecesse sem uso durante determinado tempo acionaria a matriz de *leds* para criar padrões luminosos diversos.

**Mapeamento** – No projeto da mesa procurou-se responder às três questões propostas por Verplank. Entendeu-se que estas respostas já servem como um mapeamento do *display* e dos controles. Em relação à primeira questão a ideia era de que a mesa deveria possibilitar as duas formas de controle, tanto como *manete* quanto como *botão*. Na forma de *manete*, a mesa atuaria como controle de interfaces digitais diversas, desenvolvidas para fins distintos. Na forma de *botão*, a mesa permitiria ao usuário controlar outros dispositivos analógicos ou digitais no ambiente. Para oferecer estes dois tipos de controle ao usuário, foi idealizada uma malha de sensores que podem operar em conjunto, rastreando o movimento de objetos sobre a superfície da mesa. Ao

---

<sup>6</sup> Cf. 3 Arquitetura e Interatividade: Diferentes práticas e abordagens

manejar estes objetos, seria possível manipular imagens, objetos virtuais, sons ou qualquer outro tipo de informação contida no programa específico desenvolvido para a mesa. Operando sozinhos, os sensores poderiam simular botões de dois estágios: ligado e desligado. Isso possibilitaria o controle de vários dispositivos simples que funcionariam a partir deste sistema como luminárias, travas magnéticas, ventiladores, etc.

A questão de como o usuário sente ou recebe o *feedback* foi resolvida colocando-se em cada sensor um *led* que, ao acender, indicaria se o circuito está aberto ou fechado. Isso garantiria uma resposta visual imediata da mesa à ação do usuário. Como coloca Smith (2007, pg XV), um “sistema bem concebido deve oferecer um *feedback* claro para que saibamos o que fizemos e quando fizemos”.

No que tange a terceira questão há, dois níveis de relação que devem ser observadas. A primeira diz respeito à relação do usuário com a mesa e a segunda do usuário com o programa que está sendo utilizado na mesa. Na relação do usuário com a mesa a inclusão dos leds tornaria o sistema bastante intuitivo, o que praticamente dispensaria o *mapa* ou a *trilha*, podendo se fazer uso do sistema da *floresta*. O segundo nível de relação é um pouco mais complexo, pois cada programa que pode ser desenvolvido para a mesa vai ter suas especificidades. Como acontece no computador, cada programa deve acompanhar seu próprio *mapa* ou *trilha*. Porém, para tornar todo o conjunto mais intuitivo, foi pensada uma segunda malha de *leds* com cores diferentes da primeira, que mostraria quais sensores estariam sendo utilizados para cada tarefa ou programa. Este circuito serviria de mapa inicial para a manipulação do programa. Esta segunda malha também poderia ser utilizada para potencializar a conexão entre os dois laboratórios ao oferecer *feedback* das ações efetuadas sobre a segunda mesa.

### 5.5 Processo de familiarização:

#### *Circuitos eletrônicos e microcontroladores.*

A construção do protótipo foi antecedida por um conjunto de exercícios e pequenos experimentos que visavam criar maior intimidade com componentes eletrônicos e aparelhos. Isto possibilitou uma familiarização com a concepção e *prototipia* de circuitos eletrônicos simples e da programação e uso de microcontroladores. Foi relevante a influência da *Physical Computing* (O'sullivan; Igoe, 2004) nesta parte do processo, que ofereceu através do livro *Physical Computing: Sensing and Controlling the Physical World with Computers* uma base técnica para o desenvolvimento dos sistemas. O livro foi desenvolvido para ajudar pessoas com pouco conhecimento de eletrônica e robótica, vindas de áreas distintas como as artes plásticas, arquitetura ou psicologia, a fazer conexões mais interessantes entre o mundo físico e o do computador. Além disso, é importante ressaltar a participação de um técnico em eletrônica, funcionário da Escola de Arquitetura da UFMG, onde foram realizados os experimentos, como consultor técnico na construção e elaboração dos circuitos. Apesar de não estar diretamente envolvido com a pesquisa, sua participação foi fundamental para a solução de dúvidas e problemas relacionados a circuitos e componentes eletrônicos.

Nas próximas seções serão listadas as principais experiências desenvolvidas, de modo a oferecer ao leitor um panorama do processo e permitir a repetição do trabalho e avaliação da qualidade dos dados. Só foram listados os experimentos que têm algum valor conceitual ou didático e que poderiam ser repetidos em laboratórios, grupos de trabalho ou aulas relacionadas ao tema.

### 5.5.1 Experiência 1:

#### *Circuitos eletrônicos simples*

Nos trabalhos desenvolvidos no LAGEAR e no AIA, que fazem uso de circuitos eletrônicos, constatou-se que a compreensão, concepção e construção de circuitos foi um desafio para professores, pesquisadores, monitores e alunos. Muitas vezes, isso acabou por consumir tempo e esforços que poderiam ser direcionado à outras atividades. Para tentar diminuir este problema foi desenvolvida uma experiência que buscou facilitar a compreensão do funcionamento de circuitos e criar uma familiaridade com os componentes eletrônicos.

A experiência consistiu na criação de uma espécie de jogo, em que seria possível experimentar diversas relações de *inputs* e *outputs* em circuitos eletrônicos simples. Foram confeccionados blocos quadrados de madeira, contendo partes de circuitos e componentes eletrônicos, que poderiam ser encaixados um ao outro para fechar um circuito (Figura 16). O primeiro bloco era conectado a uma fonte de 12V e servia para alimentar o sistema. Os demais blocos eram divididos em dois grupos, dos *inputs* e dos *outputs*. O grupo dos *inputs* era formado por blocos com sensores de *input* mecânico (botões variados e potenciômetros), sonoro (microfone), luminoso (LDR e infravermelho), elétrico (Relé). O grupo dos *outputs* era formado por *outputs* mecânicos (motor), sonoros (buzzer e alto-falante) e luminosos (*leds* e lâmpadas de 12V). Nos blocos, fios pretos e vermelhos deixavam claro o caminho percorrido pela eletricidade entre o pólo positivo e negativo da fonte.



Figura 15 – Trabalhos desenvolvidos na Semana do Laguear

Fonte: Adaptado pelo autor de Ricardo, 2008

O intuito deste sistema não era de substituir o *protobord*<sup>7</sup>, que é uma plataforma de prototipia de circuitos mais adequada a se fazer testes e montar circuitos mais complexos, mas desenvolver uma ferramenta mais intuitiva para facilitar a compreensão de funcionamento de alguns componentes e dos conceitos de *input* e *output*.

A eficiência do sistema pôde ser parcialmente verificada durante a IV Semana do LAGEAR (2008)<sup>8</sup>, onde alunos de escolas diferentes, uma de Belo Horizonte e outra de Uberlândia, participaram de um *workshop* para desenvolver espaços interativos. Como resume Cabral Filho e Ballerine (2008):

O encontro, que teve como tema 'Arquitetura Aberta', visou integrar os alunos para a troca de informações e experiências através do desenvolvimento de trabalhos em conjunto, fundamentalmente baseados na ideia de um aprendizado "par-a-par". Foram investigados os possíveis usos das tecnologias da informação e comunicação para a criação de uma arquitetura menos determinista e

<sup>7</sup> Também chamado de *breadboard* ou *plugboard* no inglês e Matriz de Contatos em português. Optou-se pelo uso do termo inglês *protobord* por este já ser largamente utilizado no português além de indicar etimologicamente seu uso como plataforma para experiências e protótipos.

<sup>8</sup> Disponível em: < <http://www.semanadolagear.blogspot.com/>>. Acesso em: 21 Jan. 2009

mais aberta ao desejo de seus habitantes. O objetivo era compreender como se comportariam alunos de diferentes momentos do curso e com conhecimento desigual com relação ao tema a ser desenvolvido.

Para estabelecer uma mesma afinidade de linguagem entre os alunos foi proposta uma série de palestras e eventos com artistas e arquitetos, visando criar uma base comum entre os alunos das duas universidades. Porém, foi identificado que os alunos de uma das escolas tinham certo desconforto relacionado à assuntos que envolviam circuitos de sensores e atuadores. Este desconforto foi também identificado por Cabral Filho e Ballerine (2008), que relatam que "a princípio, houve uma pequena resistência por parte dos alunos de Uberlândia, que detinham menos conhecimento técnico sobre sensores e atuadores". Constatou-se, porém, que a partir de uma oficina que utilizou os blocos como ferramenta de ensino, este problema pôde ser parcialmente sanado (CABRAL FILHO; BALLERINE, 2008).

O sistema dos blocos tornou possível testar a relação entre *inputs* e *outputs* diversos de uma forma intuitiva, através da simples recombinação dos quadrados, desmistificando a aparente complexidade de muitos sistemas eletrônicos. Este sistema se mostrou propício ao desenvolvimento rápido de protótipos de circuito simples e por isso foi utilizado com aparente sucesso durante oficinas<sup>9</sup> e orientações dos alunos do AIA. Isso pode ser observado empiricamente através do constante uso destes blocos por alunos e monitores na concepção e desenvolvimento dos trabalhos, tanto no laboratório Lagear quanto no AIA.

---

<sup>9</sup> Ver: *Input, output e circuitos básicos*. Disponível em: <<http://www.vimeo.com/990975?pg=embed&sec=990975>>. Acesso em: 21 Jan. 2009

### 5.5.2. Experiência 2:

#### *Microcontroladores*

A segunda experiência centrou-se no estudo, compreensão e programação dos microcontroladores. Como foi discutido no capítulo anterior, estes podem ser entendidos como pequenos computadores que servem para processar pequenas quantidades de dados. Sistemas como o do *Arduino* permitem a simulação do comportamento de sistemas interativos, sem que para isso, seja necessário grande conhecimento na área de eletrônica e programação.

O objetivo do experimento foi testar sistemas simples de comunicação e controle de aparelhos no ambiente através de um computador e de um microcontrolador. O sistema foi dividido entre *inputs*, processamento e *outputs*. O *input* é dado a partir do computador que se comunica com o microcontrolador. Este processa a informação recebida e ativa um circuito eletrônico que liga ou desliga a fonte de energia de um dispositivo localizado no ambiente e que oferece o *output*. O dispositivo utilizado para este experimento foi um ventilador que liga quando o ponteiro do mouse estiver sobre um quadrado na tela do computador e desliga quando este sai da área. Desta maneira o *input* foi programado da seguinte maneira:

**Input:** Um quadrado de 200 por 200 pixels é criado na tela a partir de uma programação feita no *Processing*<sup>10</sup>. Quando o cursor do mouse está sobre o quadrado, o programa envia um sinal na forma de *chart*, ou caractere, para a

---

<sup>10</sup> O Processing é um programa de linguagem *open-source*, que serve como plataforma para programar imagens, animações e interações. Foi desenvolvido para se ensinar linguagem fundamental de programação dentro de um contexto visual e para servir de base para criação de protótipos. Disponível em: < <http://www.processing.org/>>. Acesso em 12 Dez. 2008

*porta serial*<sup>11</sup> do computador. Neste caso envia o caractere "L" quando o mouse está sobre o quadrado, e "D", quando está fora. A programação desenvolvida pode ser observada no QUADRO 1.

### QUADRO1

#### Programação para *Processing*

```
//Processing - Mouseoverserial – Ligar e desligar aparelhos
// Adaptado de: BARRAGAN <http://people.interaction-ivrea.it/h.barragan>
// Demonstra como mandar dados para o Arduino, de forma a ligar um aparelho se o mouse
// estiver sobre o retângulo e desligar quando não estiver.
// criado em 13 de Maio 2004. Modificado por: STRALEN, Mateus van em 5 de abril de 2008
import processing.serial.*;
Serial port;
void setup()
{
  size(200, 200);
  noStroke();
  frameRate(10);
  println(Serial.list()); // Este comando lista todas as portas seriais disponíveis no output.
  // Deve-se escolher a porta ligada ao Arduino a partir desta lista.
  port = new Serial(this, Serial.list()[0], 9600);
  // Este comando abre a porta serial (neste caso a de número 0) com velocidade
  // 9600 (esta deve corresponder a utilizada pelo Arduino)
}
boolean mouseOverRect() // esta função testa se o mouse está sobre o quadrado
{
  return ((mouseX >= 50)&&(mouseX <= 150)&&(mouseY >= 50)&(mouseY <= 150));
}
void draw()
{
  background(#222222); // cor do pano de fundo
  if(mouseOverRect()) // se o mouse estiver sobre o quadrado
  {
    fill(#BBBBB0); // muda a cor do pano de fundo
    port.write('L'); // envia a letra 'L' quando o mouse estiver sobre o quadrado
  } else {
    fill(#666660); // muda a cor do pano de fundo
    port.write('D'); // envia a letra 'D' quando não estiver sobre o quadrado
  }
  rect(50, 50, 100, 100); // desenha um quadrado dentro de outro quadrado
}
```

Fonte: adaptado pelo autor de: BARRAGAN, 2009

<sup>11</sup> Porta serial, ou interface serial, são portas de comunicação utilizada para conectar dispositivos periféricos/externos ao computador como o mouse, a impressora, teclados etc.

**Processamento:** os caracteres disponibilizados na porta serial podem ser lidos pelo microcontrolador, neste caso o *Arduino*. Quando a letra é "L", o microcontrolador envia um sinal de 5V para o pino de *output* designado, e quando é "D", ele desliga este sinal. O pino escolhido para este experimento é o pino 10. A programação desenvolvida para o *Arduino* pode ser observada no Quadro 2.

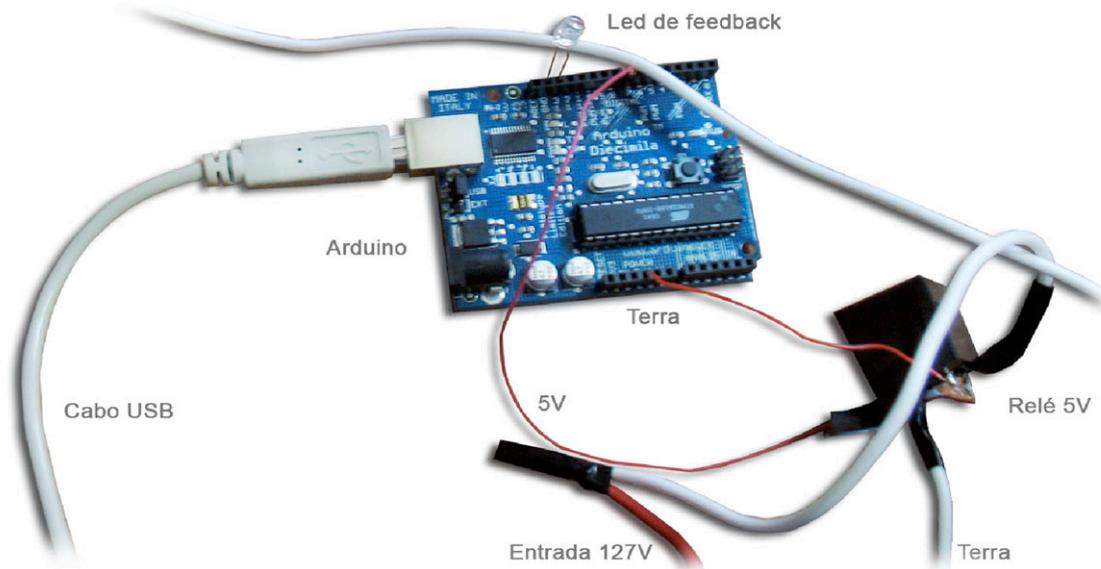
## QUADRO 2

### Programação Arduino

```
int outputPinVent = 10; //pino de output do ventilador
int val;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(outputPinVent, OUTPUT);
}
void loop()
{
  if (Serial.available()) {
    val = Serial.read();
    if (val == 'L') { //ligar
      digitalWrite(outputPinVent, HIGH);
    }
    if (val == 'D') {
      digitalWrite(outputPinVent, LOW); //desligar
    }
  }
}
```

Fonte: adaptado pelo autor, 2008

**Output:** O pino 10 do Arduino foi conectado à um circuito que funciona como uma espécie de chave eletrônica. Quando este circuito recebe a corrente de 5V, ele aciona um campo eletromagnético de um Relé, fechando um segundo circuito que controla a corrente de 127V que alimenta o ventilador.



**Figura 16 – Sistema Microcontrolador**

Fonte: Produzido pelo autor, 2009

Existem vários programas que poderiam ser utilizados para este experimento. Escolheu-se usar o *Processing*, por ser um programa leve, de uso gratuito, com boa gama de recursos gráficos. Repetiu-se também o mesmo experimento com uma interface desenvolvida em *Director*, que é um programa com interface gráfica intuitiva, possui uma grande biblioteca de recursos gráficos e não exige muito conhecimento específico. Na QUADRO 3 a seguir estão listados alguns outros programas que poderiam ser utilizados.

### QUADRO 3

Levantamento de programas para interfaces híbridas físico-digitais

Programa	Tipo de licença:	Disponível em:
C	Freeware	Copilador nativo no linux
Director	Shareware	<a href="http://www.adobe.com/products/director/">http://www.adobe.com/products/director/</a>
Flash	Shareware	<a href="http://www.adobe.com/products/flash/?promoid=DTENK">http://www.adobe.com/products/flash/?promoid=DTENK</a>
Instant Reality	Freeware	<a href="http://www.instantreality.org/downloads/">http://www.instantreality.org/downloads/</a>
Max/MSP	Shareware	<a href="http://www.cycling74.com/downloads/maxmsp">http://www.cycling74.com/downloads/maxmsp</a>

---

PD (Pure Data)	Freeware	<a href="http://puredata.info/">http://puredata.info/</a>
Processing	Freeware	<a href="http://www.processing.org">www.processing.org</a>
Python	Freeware	<a href="http://www.python.org/download/">http://www.python.org/download/</a>
Ruby	Freeware	<a href="http://www.ruby-lang.org/en/">http://www.ruby-lang.org/en/</a>
Super Collider	Freeware	<a href="http://www.audiosynth.com/">http://www.audiosynth.com/</a>
Virtools	Shareware	<a href="http://a2.media.3ds.com/products/3dvvia/3dvvia-virtools/">http://a2.media.3ds.com/products/3dvvia/3dvvia-virtools/</a>
VVVV	Freeware	<a href="http://vvvv.org/tiki-index.php">http://vvvv.org/tiki-index.php</a>

---

Fonte: Produzido pelo autor , 2008

O sistema desenvolvido nesta experiência possibilita o controle de qualquer aparelho simples em um ambiente, ao ligar e desligar sua fonte de energia. O circuito do relé pode ser embutido em interruptores e tomadas de força, possibilitando, assim, o controle dos sistemas elétricos a partir de interfaces digitais. Através de uma conexão com a internet, é possível também que este sistema funcione remotamente, permitindo que se interfira em ambientes distantes. O potencial de controle, aliado à possibilidade de acesso remoto e à simplicidade de execução e programação do sistema, confere a este experimento um potencial didático interessante. Alunos podem, através do desenvolvimento deste sistema, criar familiaridade com circuitos e microcontroladores, desenvolver experimentos de automação e interação no ambiente arquitetônico, além de desenvolver experiências de comunicação entre ambientes remotos.

### 5.5.3 Experiência 3

#### *Instalação 2048 – Arquitetura Relacional*

A *Instalação 2048 – Arquitetura Relacional* (STRALEN; LIMA; CABRAL FILHO, 2008), consistiu em uma instalação *in situ*, onde se explorou o uso de objetos

corriqueiros do dia a dia como interface física entre o homem e a informação digital. Em uma sala montada dentro de uma piscina, a posição de um vaso de flores sobre a superfície de uma mesa comandava sequências de vídeos projetados sobre a fachada. Estes vídeos, que se relacionavam com os elementos arquitetônicos da casa, foram divididos em quatro conjuntos de três vídeos cada. Os três primeiros exploravam três *escalas topológicas*: linhas, planos e volumes. O quarto teve como tema o entorno, representado pela sombra projetada de uma árvore existente no terreno, posicionada entre o projetor e a fachada.

O resultado final esperado seria uma narrativa não linear gerada pelas projeções na fachada, que dependeria da manipulação de objetos por aqueles que ocupam o espaço. O *input*, ou entrada de informação no sistema, era dado a partir da relação entre homem e objeto em primeiro lugar (homem e vaso de flores) e objeto com objeto em segundo lugar (vaso de flores e mesa). Colocou-se um ímã no fundo do vaso de flores que acionava *reed switches* (chaves acionadas por campo magnético) dispostos abaixo do tampo da mesa. Ao aproximar o ímã de um *reed switche*, específico fechava-se um circuito que acionaria um *led* e enviaria um pulso elétrico para um microcontrolador. Este processava a informação comunicando ao computador qual vídeo deveria ser projetado na fachada. A estrutura geral da instalação pode ser representada pelo Figura 17.

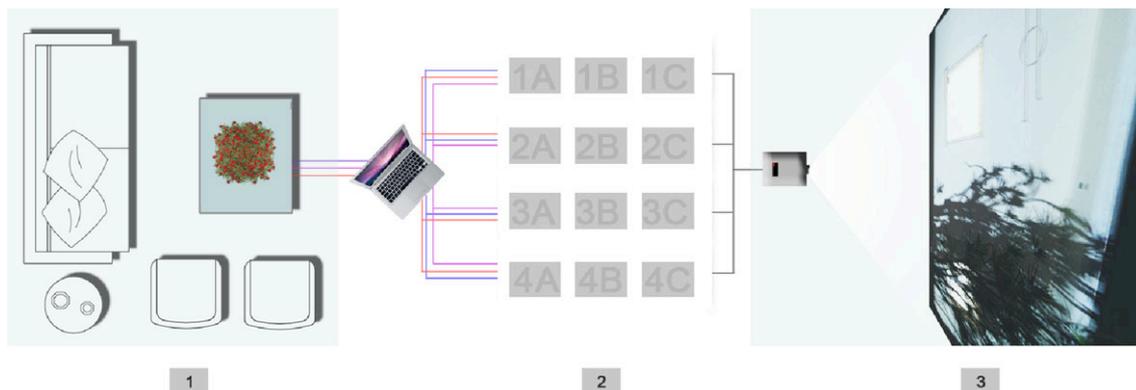


Figura 17 – Croqui esquemático Instalação 2048 – 1: Input (Posição do vaso sobre a mesa) – 2: Processamento (conjunto de vídeos) – 3: Output: projeções sobre a fachada.

Fonte: Produzido pelo autor, 2008

Na noite para a qual se programou o funcionamento da instalação (abertura de uma exposição na casa/ateliê) os *leds* pararam de funcionar. Isto aconteceu por uma razão ainda desconhecida naquele momento. Sem o *feedback* dos *leds* ficou difícil para aqueles que manipulavam o vaso de flores localizar o ponto correto na mesa onde o *reeds switches* seriam acionados. Sobre este problema;

[...] constatou-se que a interação teria sido mais efetiva se apresentasse maior legibilidade, visto que muitas pessoas não compreenderam como se dava a interface entre o vaso de flores e a mesa<sup>12</sup>. Como o sistema não oferecia nenhum "feedback", ou retroalimentação da relação entre os objetos manipulados, não ficava claro para todos os participantes como se dava a interação (STRALEN; LIMA; CABRAL FILHO, 2008).

Muitas pessoas não sabiam se estavam ou não atuando sobre o objeto. Isso as levava a um comportamento performático frente ao objeto na busca de reações que as levariam a estabelecer uma linguagem comum com o sistema, ou em outras palavras, que as levaria a entender o funcionamento do sistema.

<sup>12</sup> Nesta instalação, o controle da interação se dava através da relação entre um vaso de flores e uma mesa.

Constatou-se assim a importância de um *feedback* claro a partir do objeto manipulado.

Uma questão relevante que pode ser observada a partir deste experimento foi o fato das características morfológicas da interface física ter exercido influência na forma com que se interagiu com o sistema. O fato do vaso de flores e a mesa ocuparem uma posição central nesta sala permitia que todos os envolvidos no espaço atuassem sobre ela. Essa democratização do acesso aos controles da projeção transformou os objetos em possíveis instrumentos de sociabilidade. Além disso, o fato do ambiente simular uma sala de estar parece ter contribuído para que as pessoas permanecessem engajadas por um longo período, além do necessário, para esgotar todas as sequências de vídeo, pelo simples conforto oferecido pelo espaço. Desta forma é possível concluir que o deslocamento das interfaces de controle da planaridade das teclas do teclado ou botões do mouse para a tridimensionalidade de objetos corriqueiros do nosso cotidiano pode contribuir para que a relação entre o homem e as tecnologias digitais aconteça em uma escala mais humana. Sobre a instalação concluiu-se também que;

[...] a espacialização das interfaces digitais leva a um engajamento corporal do sujeito, tornando a relação entre homem e máquina mais fluida. Porém, devido ao fascínio que os recursos tecnológicos exercem sobre as pessoas estes devem ser utilizados com cautela, sob o risco de tornarem-se espetaculosos, por um lado, ou pouco efetivos, no caso de não apresentarem legibilidade funcional (STRALEN; LIMA; CABRAL FILHO, 2008).



Figura 18. - Fachada da Casa Ateliê Mamacadela durante a Instalação 2048 – *Arquitetura Relacional* (2008). 1: Fachada iluminada com luz branca; 2: Projeção de texturas sobre a fachada; 3: Projeção de obra de artista exposta no interior da casa.

Fonte: Produzida pelo autor, 2008.

Apesar da relevância do sistema interativo para a pesquisa, o que parece ter causado mais impacto nesta instalação foi a relação entre conteúdo da projeção e o pano de fundo. Através das projeções, que estavam rigorosamente alinhadas aos principais elementos arquitetônicos da fachada, simulou-se em tempo real a aplicação de texturas e materiais diferentes na fachada (ver figura 18). Além do potencial lúdico observado a partir destas projeções, verificou-se que esta simulação pode ser usada na arquitetura como ferramenta de desenvolvimento de projeto, já que permite que se explore, em tempo real, a ambiência e efeitos visuais criados a partir do uso de materiais diversos. Isso salienta o potencial de abertura das interfaces digitais que possibilitam a manipulação da informação em tempo real. Este potencial pode ser utilizado na criação de espaços dinâmicos que se adaptam e dialogam com vários contextos e eventos.

O experimento permitiu a observação empírica da relação entre as pessoas e sistemas reativos ou interativos. Constatou-se que a incorporação de dispositivos tecnológicos digitais possibilita a criação de uma arquitetura que pode potencializar a experiência sensorial do sujeito arquitetônico. Porém, observou-se também que, em alguns contextos, esta *reação* ou *interação* não são necessárias ou desejáveis. A ideia de se criar uma relação entre aquilo que

estava sendo projetado e o plano de projeção causou um grande impacto visual e simbólico nas pessoas. Já o fato de se poder relacionar com as projeções parece ter tido, no contexto em que se deu a instalação, menor importância.

### 5.5.3 Experiência 3

#### *Mesa de apresentação reativa*

Devido a uma apresentação, para uma rede de televisão<sup>13</sup>, dos trabalhos desenvolvidos no laboratório Lagear, foi montado um ambiente que reunia uma série de dispositivos interativos. Neste contexto, foi desenvolvida uma mesa que serviria de interface de controle para uma série de vídeos produzidos por alunos no AIA. Estes seriam projetados na parede ao lado da mesa.

A superfície desta mesa foi dividida em nove quadrantes, onde cada quadrante correspondia à uma parte da projeção, também dividida em nove setores. Em cada um destes quadrantes foi colocado um *reed switche*, conectado através de um microcontrolador ao computador que controlava as projeções. Quando um objeto imantado (no caso um estojo e uma agenda comum) fosse posicionado sobre o *reed switche*, este fechada um circuito que, através do microcontrolador e do computador, iniciava a reprodução do vídeo correspondente.

O experimento mostrou o potencial da mesa em ambientes corporativos, em trabalhos colaborativos ou em apresentações onde a morfologia da mesa

---

<sup>13</sup> Disponível em: <http://globouniversidade.globo.com/GloboUniversidade/0,,8748-p-8-2008-1687473,00.html>. Acesso em: 10 de Jan. 2009

permite um acesso mais democrático aos controles da interface. Observou-se também um maior engajamento corporal com a interface ao se deslizarem objetos sobre a superfície da mesa. Porém, foram identificados alguns problemas no funcionamento do sistema, que só utilizava um sensor por quadrante. Como o *reed switche* só reagia à um objeto que estivesse exatamente sobre ele, ficava difícil para a pessoa que estava interagindo encontrar este ponto e, mesmo quando este ponto era identificado, o *reed switche* falhava algumas vezes.

## 5.6. Execução do protótipo

A construção do protótipo foi parte importante do processo de pesquisa, pois possibilitou a observação empírica de questões levantadas nos capítulos anteriores, relacionadas à interatividade e a interfaces híbridas físico-digital. Nas próximas seções é feita uma descrição da construção do protótipo, dos primeiros experimentos efetuados com ele e das principais questões observadas. Primeiramente serão descritos os aspectos técnicos do protótipo e, em seguida, serão feitas algumas considerações sobre experimentos realizados com este protótipo.

Somente alguns dos sistemas desenvolvidos para a mesa foram representados no protótipo sendo eles:

- 1) Malha de sensores;
- 2) Malha de *leds* para oferecer *feedback*;
- 3) Sistema de comunicação com o computador;
- 4) Duas saídas de 127 volts gerenciadas por microcontrolador.

A ideia inicial para a malha de sensores era utilizar emissores e captadores infravermelhos que possibilitariam mapear os objetos e movimentos sobre a superfície da mesa. Essa proposta tinha enorme potencial, pois transformaria a mesa em uma espécie de captador de imagens com funcionamento similar a uma câmera infra-vermelha de baixa resolução. Esta imagem poderia ser reproduzida na segunda mesa amplificando a conexão entre os dois ambientes. O problema desta proposta era o fato deste sistema dificultar o uso da mesa como interface de controle, já que todos os objetos colocados sobre sua superfície seriam possíveis atuadores. Em experiências análogas, como a *ReacTable*<sup>14</sup> e a *Microsoft Surface*<sup>15</sup>, o problema foi resolvido programando o computador para identificar formas, códigos ou símbolos sobre a mesa, sendo que cada um poderia gerar *inputs* específicos. Para isso, seria necessário construir a malha de sensores com o mínimo de espaço possível entre eles, aumentando assim a resolução do sistema para prover o computador com informação suficiente para identificar estes *inputs*. Como o foco desta pesquisa não é simplesmente o desenvolvimento de tecnologia, optou-se por trocar os sensores infravermelhos por sensores magnéticos.

A experiência acumulada durante o processo com os *reed switches* possibilitou uma execução mais precisa e mais rápida do projeto. A saber, o problema, detectado pelos experimentos anteriores, da falta de precisão do *reed switch*, foi resolvido através de testes nos quais se constatou que ele funcionava melhor quando colocado posicionado perpendicularmente à superfície da mesa. Com efeito, a opção pelo *reed switch* fez com que somente objetos imantados fossem percebidos pela mesa, sendo, por este motivo, os únicos a ativar os controles. Além disso, é simples de se inserir ímãs ou de se imantar uma variada gama de objetos como porta-lápis, vasos de flores, objetos decorativos, copos etc.

---

<sup>14</sup> Disponível em: <[www.mtg.upf.es/reactable/pdfs/reactable\\_tei2007.pdf](http://www.mtg.upf.es/reactable/pdfs/reactable_tei2007.pdf)>. Acesso em: 5 Dez. 2008

<sup>15</sup> Disponível em: <<http://www.microsoft.com/surface/product.html>>. Acesso em: 5 Dez. 2008

A malha é formada por oito fileiras de cinco sensores com aproximadamente 12 centímetros de distância entre eles. Essa distância é suficiente para que o campo magnético de um objeto não acione múltiplos sensores ao mesmo tempo, simplificando assim a programação. Esta malha explora toda a superfície da mesa, permitindo que controles sejam acessados a partir de todos os seus lados. Como planejado, a malha de *leds* de *feedback* foi sobreposta à malha de sensores. Quando o sensor é acionado, o *led* acende, demonstrando que o sistema reagiu à ação do usuário. Esta malha corrigiu o problema identificado nos experimentos precedentes, discutidos no capítulo anterior, da necessidade de um feedback imediato a partir do objeto.

A comunicação com o computador foi resolvida conectando os sensores a um microcontrolador que envia as informações para o computador. Este microcontrolador foi retirado de um teclado de computador em desuso. Assim, o microcontrolador embutido no teclado já está programado para enviar *charts* ou caracteres pela porta USB. Desta maneira, o *input* de cada sensor corresponde à uma letra específica, que pode ser lida pela maioria dos programas. Como o microcontrolador do teclado foi desenvolvido para suportar uma voltagem específica, abaixo da necessária para acender os leds, fez-se uso de relés para fazer a ligação com o microcontrolador. Ao se aproximar um objeto imantado do *reed switch*, este fecha o circuito permitindo a passagem de corrente que acende o *led* e aciona o relé. Este, por sua vez, é conectado ao circuito do microcontrolador, que envia ao computador o caractere específico atribuído a cada sensor. Na Figura 19 é possível observar o conjunto composto pelo sensor, pelo *led* e pelo relé, formando juntos o que se pode chamar de célula de *input* e *feedback*.

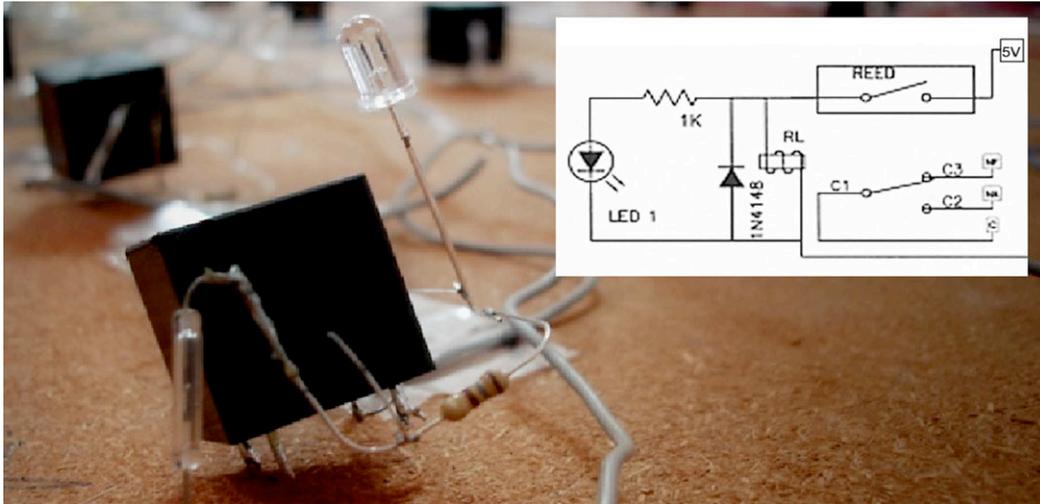


Figura 19. - Célula de input e feedback.

Fonte: Produzido pelo autor, 2008

O segundo microcontrolador instalado na mesa gerenciava duas fontes de 127V de energia. Este sistema foi inicialmente concebido para ser instalado junto à parte elétrica do ambiente do laboratório, como descrito no primeiro experimento do capítulo anterior. Porém, para permitir que a mesa controlasse objetos em outro ambiente, que não tem essa tecnologia, optou-se por instalá-lo também na mesa. Isso possibilitou à mesa controlar dois dispositivos simples conectados a ela. A Figura 20 demonstra esquematicamente o circuito de funcionamento da mesa. A programação básica utilizada do *Arduino* e do *Processing* pode ser observada no ANEXO A.

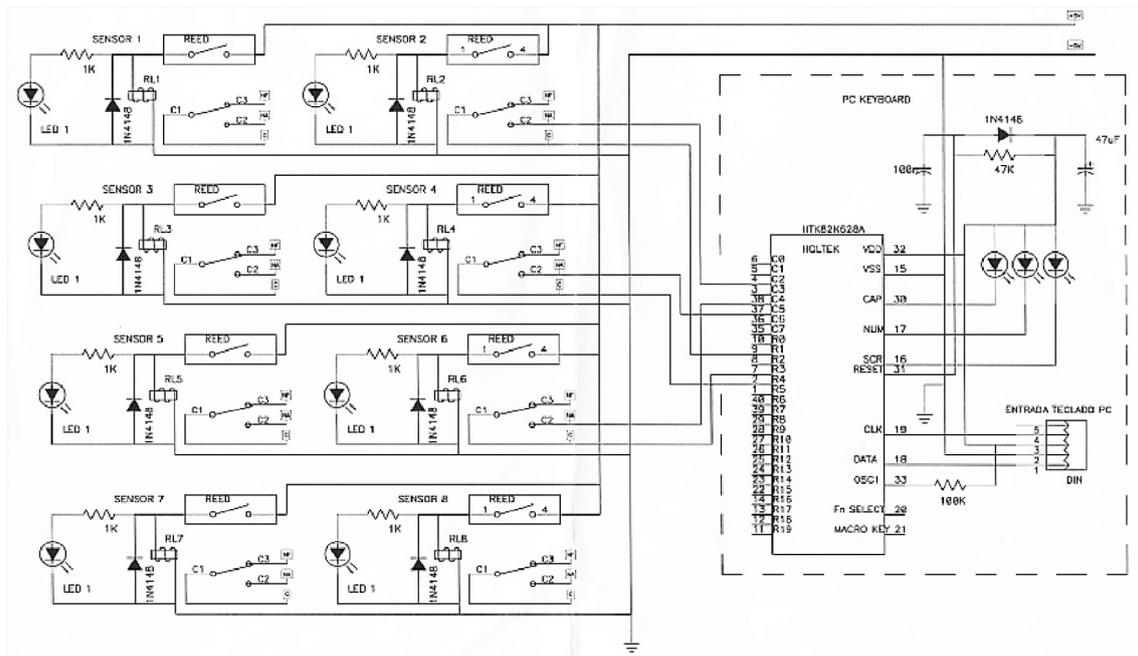


Figura 20 Circuito de ligação de múltiplas células com o microcontrolador

Fonte: Moreira; Rodrigues, 2008

### 5.6.1. Primeiros testes:

#### *Potencial amplificador da conexão espacial*

Para o primeiro teste da mesa, foi desenvolvida uma programação específica que permitia que ela fosse utilizada como aparelho de comunicação e interface tangível de controle de dados digitais e dispositivos analógicos. Este teste tinha como objetivo explorar três aspectos da incorporação de dispositivos tecnológicos digitais a objetos e espaços arquitetônicos:

1. Testar a mesa como interface híbrida, física e digital, explorando sua capacidade de comunicação e controle.
2. Verificar a mesa como meio de suporte à comunicação e ao trabalho cooperativo entre pessoas.

3. Explorar suas qualidades como dispositivo lúdico transformado-a em uma espécie de instrumento musical.



Figura 21. Testes de funcionamento protótipo: 1: Vista superior da mesa onde *led* vermelho indica que uma das saídas de 127V foi ligada e *led* verde reage a presença do ímã – 2: Célula de *input* e *feedback* em funcionamento 3: Detalhe de um ímã sobre a mesa.

Fonte: Produzida pelo autor, Sampaio, 2008

No sistema elaborado para este teste o *input* dos sensores era enviado a um computador que gerava *outputs* sonoros e visuais distintos. Simultaneamente, este *input* era enviado pela internet para outro computador, localizado em um segundo ambiente, que gerava os mesmos *outputs*. Ao deslizar objetos imantados sobre a superfície da mesa, geravam-se sequências visuais e sonoras diversas. Estes efeitos visuais eram dados tanto pelos *leds* instalados nos sensores quanto pela tela do computador que mostrava formas geométricas correspondentes a cada sensor. As sequências eram reproduzidas no espaço onde estava instalado o segundo computador, criando-se assim certa conexão entre os dois ambientes.

Ao se acionar um sensor específico, a mesa era reprogramada para gerenciar dispositivos no ambiente ou comandar uma das *portas* de 127V da própria mesa. Neste programa, a mesa poderia comandar qualquer dispositivo de duas fases como lâmpadas, aparelhos elétricos, portas magnéticas etc. Para o experimento, foi conectada um ventilador a uma das *portas* de 127V. Assim

qualquer pessoa sentada na mesa tinha acesso aos controles e poderia ligar ou desligar o aparelho.

Durante o teste observou-se que, ao se apagarem as luzes do laboratório, os padrões visuais gerados pelos *leds* reverberaram em todo o ambiente, criando uma ambiência lúdica de luz e som. A associação entre os sons e a iluminação com o deslocamento corporal, necessário para fazer deslizar objetos sobre a superfície da mesa, sugeriu uma relação performática entre o homem e o objeto.

No teste, a capacidade de conexão da mesa mostrou-se ainda incipiente, já que não foram desenvolvidas, no protótipo, todas as propostas descritas na conceituação do sistema. Porém, já foi possível identificar algumas potencialidades da mesa como aparelho que amplifica a comunicação entre espaços, complementando outros meios de comunicação ou funcionando como um *Ambient Display*.

Em uma videoconferência, a tecnologia de vídeo e áudio permite que se escute, observe e seja observado. Normalmente esta relação se passa entre pessoas que ocupam espaços distintos, conectadas por uma interface. O potencial da mesa pode ser utilizado para incluir o *gesto* nesta relação, reforçando a sensação de conexão entre as pessoas. É certo que é possível, através do vídeo, perceber gestos e ações dos envolvidos na conversa e que desta maneira se estabelece uma certa conexão espacial, cuja intensidade depende normalmente do tamanho da tela. Como observa Manovich (2006), quanto maior a tela, maior pode ser a sensação de imersão. Porém, os gestos de uma pessoa engajada em uma videoconferência geralmente não modificam ou tem uma influência significativa sobre o espaço onde se localiza a outra pessoa. Já na mesa, o gesto efetuado sobre sua superfície, em um dos

espaços, pode resultar em uma ação perceptível no outro espaço, seja através dos *leds* ou através de outros dispositivos conectados ao sistema. Com efeito, amplifica-se a conexão entre ambos os espaços. A saber, é possível programar a mesa de tal forma que a posição dos objetos sobre sua superfície possa ter algum significado. Em uma programação simples, pode-se convencionar que a posição de determinado objeto na mesa possa, por exemplo, mostrar se a pessoa está de acordo ou não sobre determinadas questões. Desta forma, é possível propor jogos com base na mesa, que podem funcionar como ferramenta criativa em um trabalho cooperativo. Destaca-se aqui que a mesa pode funcionar como aparato que amplifica a conexão espacial, enriquecendo a relação entre pessoas situadas em espaços distintos.



Figura 22. Teste funcionamento protótipo.

Fonte: produzido pelo autor, Fontes, 2008

Foi observado também que a mesa pode funcionar como um *Ambient Display*, comunicando de forma sutil a presença de pessoas no espaço. Conforme visto no capítulo 3, o *Ambient Display* explora novas formas de transmitir informações digitais através de mudanças sutis de iluminação, som e movimentos que podem ser percebidos de forma quase inconsciente. O foco é disponibilizar informação digital no ambiente, sem para isso exigir a atenção constante do usuário. Em interfaces tradicionais de comunicação digital tais

como chats, e-mail e videoconferências, isso é feito através de pequenos ícones e mensagens sonoras que podem levar a uma desconcentração. Já na mesa, uma pessoa pode identificar sua presença ou disponibilidade de se engajar em uma conversa ao mudar a posição de um objeto sobre sua superfície. A informação é deslocada da tela para o ambiente físico, manifestando-se em transformações sutis de cor e liberando o espaço no monitor para outros usos.

### 5.6.2. Interfaces híbridas:

#### *Fusão das características físicas e digitais*

A construção do protótipo foi importante para a compreensão de aspectos relacionados ao projeto/design e desenvolvimento de sistemas reativos ou interativos. Observou-se durante o processo a dificuldade de se trabalhar com estes sistemas em uma equipe constituída somente por arquitetos e estudantes de arquitetura, apesar do apoio, mesmo que esporádico, de um técnico em eletrônica. Como grande parte dos problemas encontrados era de ordem técnica, o processo de construção da mesa foi bastante lento e consumiu tempo que poderia ser dedicado a elaboração do conteúdo digital. Isso corrobora com a tese de vários autores<sup>16</sup> de que as equipes de desenvolvimento de ambientes ou objetos interativos devem ser multidisciplinar. Esta necessidade havia sido observada desde o início da pesquisa. Porém, o fato da Escola de Arquitetura da UFMG – onde se desenvolveu a pesquisa, estar isolada do campus, dificultou a constituição de uma equipe com pessoas de outras disciplinas. Além disso, a ausência de uma infra-estrutura institucional de apoio aos pesquisadores também dificultou a

---

<sup>16</sup> Kas Oosterhuis; Ilona Lénárd (2006), Usman Haque (2006), Bullivant (2006)

contratação de técnicos especializados para trabalhar diretamente na pesquisa. Não obstante, a partir do trabalho desenvolvido, já foi possível verificar questões pertinentes relacionadas às interfaces híbridas físico-digitais, ao desenvolvimento de dispositivos interativos e à incorporação de dispositivos digitais à arquitetura.

Em primeiro lugar, verificou-se o potencial da mesa como interface híbrida onde a manipulação de objetos físicos sobre sua superfície controla ou aciona eventos no ambiente digital. A mesa substitui dispositivos de navegação usuais como o mouse e o teclado e exige do usuário um engajamento mais corporal para acessar o conteúdo digital. Conforme visto no capítulo 4, este engajamento corporal pode enriquecer a forma com que acessamos informação ou interagimos com dispositivos digitais. O experimento mostrou como as interfaces híbridas físico-digitais fundem as características dos objetos físicos às interfaces digitais. Como observado anteriormente, os aspectos morfológicos e simbólicos da mesa influenciam na organização das pessoas no espaço, dando certa igualdade de acesso a sua superfície, abrindo a possibilidade de uma certa democratização de acesso ao controle de informação. Seu aspecto físico permite, através do hábito e da *affordance*, uma relação mais intuitiva para acessar a informação digital. Neste caso, a interação se manifesta de forma *espacializada*, deslocando a informação digital da bidimensionalidade da tela para tridimensionalidade do espaço. Assim, o próprio conteúdo digital deve ser revisto para se adequar e explorar as funções da mesa, levando em consideração esse novo cenário onde várias pessoas podem manipular os dados simultaneamente. A mesma questão foi constatada ao atribuir o controle de sistemas ambientais (iluminação, ventilação, temperatura, etc) ou mecânicos (abertura de portas, janelas, brises, etc) a objetos que compõem o espaço como é o caso da mesa. Como as interfaces tangíveis incorporam as qualidades morfológicas e simbólicas do objeto

possibilita-se que a relação entre o homem e o dispositivo adquira qualidades mais corporais e sensitivas.

Na elaboração conceitual do sistema, pressupôs-se que a comunicação entre as mesas amplificaria a sensação de conexão espacial entre os laboratórios e que isso possibilitaria uma melhor cooperação entre as equipes de cada laboratório. Por razões fora do controle da equipe do Lagear, como a falta de aparatos semelhantes no laboratório de Uberlândia, só foi testada uma fração da capacidade de comunicação da mesa. Desta maneira, não foi possível determinar se houve ou não melhora conceitual no potencial de cooperação. Em experimentos posteriores, esta conexão foi estabelecida com relativo sucesso; porém, como isso aconteceu durante a fase final de elaboração da dissertação não foi possível acompanhá-los. Outra dissertação<sup>17</sup>, em desenvolvimento, cuidará de relatar o experimento que explora a mesa para estudar a comunicação espacializada. Como discorre Cabral Filho e Ballerine (2008):

[...] Espera-se que estratégias como essa tornem a experiência da comunicação entre os usuários dos laboratórios mais relevante que o uso das interfaces tradicionais de comunicação digital tais como chats, email, videoconferências (Skype, Messenger, Orkut, etc).

Outra questão que ficou em aberto foi a da mesa como agente ativo na performance espacial. O potencial lúdico e performático da mesa foi constatado a partir dos padrões luminosos gerados pelos *leds* no ambiente. Porém, no experimento, os padrões luminosos eram reflexos da ação da pessoa sobre a mesa. Pode-se chamar isso de uma *performance passiva*, gerada a partir do *feedback*. Esta é diferente da *performance ativa*, que exigiria uma relação dialógica da mesa, onde o *feedback* pode alterar o *input*. Para isto, seria

---

<sup>17</sup> Dissertação de Isabel Lages – NPGAU UFMG

necessária uma programação específica, ligada a inteligência artificial, que pode eventualmente ser objeto de pesquisas futuras.

Em relação ao comportamento da mesa, o que se pôde constatar foi que o *feedback* claro e direto dos *leds* e a *navegabilidade* e *consistência* oferecidas pela matriz de sensores garantiram uma leitura intuitiva dos controles e grande maleabilidade no conteúdo. Este sistema garantiu uma flexibilidade à mesa, possibilitando que ela seja adaptada a vários cenários. A mesa também permite que a luz dos *leds* seja visível, ao mesmo tempo que possibilita projeções sobre sua superfície. Esta camada de informação digital pode dinamizar o uso da mesa através da abertura de conteúdo que caracteriza as projeções e interfaces digitais. Além disso, a camada confere à mesa um aspecto mágico, característico das projeções. Porém, apesar da flexibilidade potencial oferecida pelas projeções, optou-se por desenvolver a mesa de forma a ser independente destas. Isso garante maior portabilidade para a mesa, já que elimina a necessidade de se instalar o projetor em todos os ambientes onde se propõe utilizar a mesa.

### 5.6.3. Abertura das interfaces digitais

Na construção do protótipo, três questões relacionadas ao conceito *open-source* mostraram-se relevantes. A primeira diz respeito ao uso dos programas *Processing* e *Arduino*. O fato de serem programas gratuitos possibilitou o acesso rápido à informação e a exemplos de programação que ajudaram no desenvolvimento dos experimentos. Isso permitiu à equipe, formada basicamente por arquitetos e estudantes de arquitetura, desenvolver em pouco tempo programações elaboradas sem exigir conhecimentos específicos de

linguagem computacional. A segunda questão diz respeito ao fato do circuito *Arduino* ser também um *hardware open-source*. Isso também facilitou o acesso à informação, a exemplos e a experimentos que fazem uso deste circuito, contendo informações que possibilitaram uma rápida assimilação dos aspectos básicos da tecnologia de microcontroladores. A terceira questão é que o próprio sistema da mesa pode ser visto como *open-source*, já que tanto o programa que a controla quanto os dispositivos que a permitem funcionar ou executar determinadas tarefas são abertos. Assim, é possível que pessoas a utilizem de diversas maneiras para diversos fins alterando o seu processamento e *output*.

O fato de todo o sistema ser *open-source* pode apontar uma série de desdobramentos potenciais na arquitetura. Hoje, o termo *open-source* representa um conceito fundamentado no princípio de colaboração e compartilhamento, e é utilizado por várias disciplinas como metáfora para a abertura, para a troca de informação e para a flexibilização dos direitos autorais. Para Kaspori (2006, pg 510, tradução do autor) "*open-source* oferece um modelo alternativo de desenvolvimento de um novo saber com consequências legais, econômicas, políticas e sociais consideráveis"<sup>18</sup>. Visto desta maneira, o conceito *open-source* parece ser algo promissor, que possibilita a troca de conhecimento e saberes para tarefas específicas. Porém, Olé Bouman (2006, pg 395) nos alerta para algumas questões relevantes que devem ser consideradas a respeito do conceito. Para Bouman, *open-source* "tem se tornado a fórmula mágica para uma cultura de trocas rápida, de um acúmulo ad hoc de saber, dinheiro e energia para o benefício de uma única tarefa concreta"<sup>19</sup>. Pode-se discernir na idéia, que parece ser em primeiro momento libertária, também um eco da selva onde tudo é livre, nada mais é certo e nada é o que parece. Neste sentido, *open-source* representa a

---

<sup>18</sup> *open-source offers an alternative model for the development of new knowledge with considerable legal, economic, political and social consequences.*

<sup>19</sup> [...] *has become the magic formula for a culture of rapid give and take, of the ad hoc accumulation of Know-how, money and energy for the benefit of a single concrete task.*

desintegração de uma liderança estável, onde todos pegam o que podem resultando no "triunfo global de um certo oportunismo onde nada mais é sagrado, tudo é profano"<sup>20</sup> (BOUMAN. 2006, pg 395, tradução do autor). Ainda de acordo com Bouman, a arquitetura está nesta mesma arena, onde pode haver grande choque entre alguns que acreditam ser a nova abertura e outros que a deploram como Darwinismo, onde a lei do mais forte prevalece.

Conforme observado, a mesa pode ser programada para funcionar como aparelho musical, de comunicação, de interação, etc. É possível se programarem novas formas de *input*, processamento e *output*. Como as instruções já são dadas a partir da programação básica, é relativamente simples para qualquer um que tenha interesse, modificar o *output*, seja ele analógico ou digital. Este potencial pode ser explorado pelos alunos do AIA para aprendizado básico de programação e rudimentos de automação ambiental. A capacidade de conexão da mesa com outros ambientes ou objetos pode ser explorada em experimentos onde o *output* reverbera em todo o ambiente. É possível se criar assim um sistema onde o processo de design se torne contínuo, aumentando as virtualidades contidas no objeto e no espaço arquitetônico. Desta maneira o experimento com a mesa pode apontar para a possibilidade de uma arquitetura mais aberta à participação e intervenção de todos os sujeitos envolvidos em sua produção e em seu uso.

---

<sup>20</sup> [...] *the global triumph of opportunism of one kind or another in which nothing is sacred any more, everything is profane.*

## **6 CONCLUSÃO**

---

## CONCLUSÃO

Nesta dissertação, procurou-se fazer um estudo sobre a incorporação de dispositivos à arquitetura, tendo como recorte as experiências que possibilitam ou enriquecem formas de interação entre o homem e o espaço arquitetônico. A possibilidade da arquitetura de interagir, mudando sua forma e adaptando sua conformação a partir da relação com o homem, foi sempre vista como algo mágico e lúdico. Porém, além do potencial lúdico, sugeriu-se que a interação pode também significar uma estratégia de flexibilização de uso do espaço e de um design mais centrado no usuário. Conforme colocado na introdução, este potencial foi o que motivou a pesquisa, que procurou, através de uma discussão sobre as principais formas de interação na arquitetura e de desenvolvimentos de sistemas interativos no espaço arquitetônico, contribuir para uma discussão que ainda não é generalizada.

No segundo capítulo, abordou-se a temática da incorporação de dispositivos tecnológicos digitais à arquitetura através de uma analogia com os termos *hardware* e *software*. Neste sentido, *hardware* representa o domínio do espaço físico, cuja materialidade remete à permanência e à estabilidade, que modifica o mundo estabelecendo limites e conexões entre o dentro e o fora, entre o agora e o depois, funcionando assim como articulador ético da relação entre as pessoas (CABRAL FILHO, 2005; FLUSSER, 1999; VEEN, 2006). Já o *software* representa o aspecto imaterial da arquitetura, ligado às dimensões simbólicas e relacionais. Na primeira parte do capítulo, observou-se que, se antes o *hardware* poderia representar uma materialização do *software*, ocorre, a partir da incorporação de dispositivos tecnológicos digitais, um deslocamento conceitual do *hardware* para o *software*, a partir do qual o *hardware* aparece como suporte para o *software*. Além disso, os pulsos elétricos e as ondas de rádio dos dispositivos tecnológicos

digitais atravessam a materialidade da arquitetura e fazem com que esta deixe de cumprir seu papel de isolamento e separação (CABRAL FILHO, 2005; FLUSSER, 1999; VEEN, 2006).

Na segunda parte do capítulo, buscou-se, com base na filosofia de Villém Flusser, fazer uma análise do aparelho<sup>1</sup>, com o intuito de trazer para a arquitetura questões relacionadas ao seu universo, que representa o período pós-industrial no qual vivemos. Durante a discussão identificou-se a existência de dois aspectos relevantes na arquitetura que incorpora dispositivos tecnológicos digitais: o aspecto máquina e o aspecto aparelho. O aspecto máquina do Aparelho Arquitetônico<sup>2</sup> modifica o mundo, é programado, está ligado à função e emancipa o homem do trabalho. Estas questões estão ligadas ao lado material da arquitetura, ou seja, ao *hardware*. Já o lado aparelho representa o aspecto brinquedo com o qual o homem joga. Neste aspecto, não visa modificar o mundo, mas modificar a vida do homem. É também programado, mas seu programa é hoje passível de ser alterado por quem joga com ele. O lado aparelho pode ser visto como o lado imaterial, ou *software*, no qual se insere a brincadeira, o jogo e a interação.

A partir desta análise foi possível concluir que a automação na arquitetura está principalmente ligada ao *hardware*, que, a partir da incorporação de dispositivos tecnológicos digitais, emancipa o homem do trabalho, possibilitando que este se dedique a ações criativas. Estas ações criativas estão ligadas ao lado imaterial, ou *software*, que remete ao jogo, ao lúdico e à interação. Desta maneira, o *hardware* aparece como suporte para o *software*, e a automação como suporte para a interação.

---

<sup>1</sup> Na filosofia de Flusser, o conceito de aparelho representa praticamente todos os dispositivos digitais tecnológicos.

<sup>2</sup> Termo escolhido para representar a arquitetura que incorpora dispositivos digitais tecnológicos.

No terceiro capítulo foi feita uma discussão sobre os vários níveis de interação que acontecem no espaço arquitetônico. Ressaltou-se que, a princípio, toda a arquitetura é interativa, já que o edifício pode ser visto como entidade ativa que age e reage em confronto com a natureza e com o corpo. A *espacialidade* é vivenciada a partir da relação do corpo com o espaço físico. Se o corpo age sobre o espaço e o espaço age sobre o corpo, é possível dizer que a relação do homem com a arquitetura é sempre interativa. Porém, através da incorporação de aparelhos, a interação tem seu significado expandido e passa a caracterizar espaços dinâmicos capazes de se reconfigurarem através de uma relação com o homem.

Observou-se que a interação é uma relação dialógica que necessita de dois agentes ativos, na qual um atua sobre o outro e vice versa. Constatou-se que esta relação dialógica pode acontecer em dois níveis. O primeiro, denominado de interação de ciclo único, diz respeito ao modo como um processo é executado em uma organização na qual, após um determinado número de passos o processo termina onde começou. Nesta relação cíclica o programador determina quais reações correspondem às ações efetuadas sobre o sistema, que só são reveladas a partir da interação. Esta interação pode levar à criação de situações ricas e imprevistas que qualificam a relação do homem com o espaço. Porém, quando o homem se desengaja da relação, o espaço volta a sua configuração original. Como observado, o fato deste sistema não acomodar mudanças a partir da interação é talvez uma das maiores diferenças entre a interação de ciclo único e a interação Paskiana, ou interação de ciclo duplo. Esta última propõe um modelo no qual a interação cria novas possibilidades e novos objetivos comuns que, a partir da conversação, podem alterar todo o sistema. Esta interação implica uma circularidade de interações de causa e efeito que possibilita ao sistema se desenvolver para reagir a estados e situações novas. Através da análise da instalação *Audio Grove*, de Christian Moeller, e do projeto *Generator*, de Cedric

Price, foi possível observar que a diferença entre os sistemas de ciclo único e duplo não está na qualidade da interação, mas sim no possível resultado desta sobre o homem e sobre o próprio ambiente. Desta maneira, a relevância não está na forma de interação proposta, mas sim em como ela potencializa a experiência espacial. Porém, a possibilidade de aprendizado mútuo oferecida pela interação de ciclo duplo pode apontar para a criação de uma arquitetura menos determinista, onde o espaço é programado a partir da própria vivência.

O terceiro tipo de interação analisado é baseado no conceito de *Swarm Architecture*. Da maneira como é adotado por Kas Oosterhuis, este tipo de abordagem implica o fato de que todos os componentes que constituem o espaço podem ser entendidos como agentes ativos, que funcionam de acordo com regras simples, em que o desempenho de um componente pode afetar todo o sistema, resultando assim em um comportamento aparentemente complexo. Desta forma desloca-se o foco do homem para os componentes que estruturam o espaço, ou *hardware*, cujo comportamento em tempo real adquire proeminência no processo de design e vivência da edificação. Neste sistema, volta-se o foco para o *hardware*, que passa a ser agente ativo na articulação das pessoas no espaço – se de um lado a aplicação do conceito de enxames pode apontar formas de gerar, a partir de regras simples, sistemas interativos aparentemente complexos, do outro a ênfase no *hardware* em detrimento do *software* pode apresentar alguns problemas. Com efeito, corre-se o risco de se desenvolverem sistemas tecnológicos avançados do ponto de vista técnico, mas que em pouco contribuem para a vivência do homem, já que ao invés de darem suporte à autonomia do homem através da automação, parecem querer competir com este disputando o foco da atenção.

A análise do projeto para o *Fun Palace*, de Cedric Price<sup>3</sup>, indicou uma abordagem alternativa em que se insere a inovação em um contexto social específico, no qual o *hardware* passa a ser pano de fundo. Porém, como observado, isso não significa uma diminuição da importância do *hardware* no processo do design; pelo contrário, indica sua relevância como suporte e agente catalisador das interações sociais. O projeto aponta uma relação entre *hardware* e *software* que pode ser mais promissora em termos da qualidade das interações que acontecem no espaço arquitetônico. Ele reforça a constatação de que o potencial da automação na arquitetura está em emancipar o homem do trabalho e criar condições para a interação.

No quarto capítulo, levantaram-se algumas práticas, experiências e abordagens ligadas ao desenvolvimento de *espaços conversacionais*, geralmente chamados de *espaço/ambiente inteligentes*, capazes de interagir dialogicamente com o homem. O intuito foi de explorar potencialidades, possíveis dificuldades e problemas ligados à informatização do espaço arquitetônico, que pode ser visto como um meio para possibilitar a interação dialógica na arquitetura. Observou-se, a partir da *Inteligência Ambiente* e da *Computação Ubíqua*, uma tendência de se incorporar, de maneira discreta, sensores, dispositivos de processamento de dados e atuadores a objetos corriqueiros e ao espaço arquitetônico. Parte-se da idéia de que, ao inserir computadores no pano de fundo, operando de maneira *calma* e não intrusiva, coletando, dividindo e guardando informações sobre o comportamento do homem no espaço, o sistema pode funcionar de maneira eficiente, oferecendo informações ou efetuando ações orientadas ao contexto. Podem-se explorar, a partir disso, novas formas de transmitir informações digitais através de mudanças sutis de iluminação, som e movimentos que podem ser percebidos de forma quase inconsciente, unindo na arquitetura aspectos lúdicos das tecnologias digitais ao seu caráter informativo. O paradoxo é que, ao se

---

3

desenvolver a tecnologia para ser *calma* e não intrusiva, isso pode contribuir para que esta seja potencialmente mais invasiva. Esta discussão, que ainda permanece aberta, é talvez um dos temas mais relevantes e polêmicos ligados à crescente ubiqüidade de dispositivos tecnológicos digitais e disseminação de informação digital no espaço arquitetônico. Se os dados armazenados sobre o comportamento das pessoas, captados através de câmeras e sensores visam potencializar o alcance deste tipo de sistema, estes podem também ser utilizados de forma a prejudicar as pessoas, ao invadir sua privacidade. Essa discussão alerta que a privacidade e segurança de dados são questões extremamente relevantes, que devem ser efetivamente abordadas no projeto e desenvolvimento de sistemas arquitetônicos interativos. É certo que muitas vezes o arquiteto não tem controle sobre todos os dispositivos que são acoplados ao objeto arquitetônico. Porém, também é certo que se estes dispositivos estão presentes desde a concepção inicial do projeto, formando um sistema dinâmico que os funde à arquitetura, passa a ser ainda maior a responsabilidade do arquiteto sobre os possíveis problemas que eles podem trazer.

No decorrer do capítulo, analisaram-se as várias interfaces entre o homem e a informação digital, através do estudo de conceitos de Interfaces Humano Computador - IHC e de *Physical Computing*. Como a interação dialógica na arquitetura é mediada por aparelhos, a forma como acontece a comunicação entre este e o homem adquire proeminência no estudo da interação. Observou-se, a partir deste estudo, que a relação físico-digital representa uma possibilidade mais rica de se acessar a informação digital, já que se aproxima mais da escala humana, pois permite que a interação entre homem e a informação digital aconteça de forma mais *especializada*, deslocando a informação digital da bidimensionalidade da tela para tridimensionalidade do espaço. De um lado, o aspecto físico permite através do hábito e da *affordance* uma relação mais intuitiva para acessar a informação digital, e de outro, a abertura do seu aspecto

digital potencializa o sistema possibilitando que este seja mais dinâmico e menos determinístico.

No último capítulo, discorreram-se, a partir da elaboração de um protótipo, algumas questões apresentadas nos capítulos anteriores. Na primeira parte do capítulo foi feita uma breve descrição do protótipo e dos aspectos metodológicos e conceituais da pesquisa. Inicialmente, foi descrito o contexto no qual se desenvolveu a pesquisa, já que este exerceu grande influência na concepção inicial e no desenvolvimento da proposta do protótipo. Em seguida, discutiu-se, com base em alguns conceitos de *Design de Interação* (MOGGRIDGE, 2007), um roteiro metodológico para elaboração de sistemas interativos. Observou-se que no projeto de um sistema reativo ou interativo, que faz uso de dispositivos tecnológicos digitais, não se desenham somente seus aspectos formais e mecânicos, mas principalmente seu comportamento. O design deve ser focado nos aspectos periféricos e contextuais, oferecendo um *feedback* claro, navegabilidade e consistência. A importância destes conceitos foi verificada a partir de alguns dos exercícios e experimentos que precederam a construção do protótipo, nos quais o *feedback* e a navegabilidade se mostraram conceitos bastante relevantes na elaboração de sistemas interativos. As experiências de interação onde a pessoa não sabe como está agindo sobre o sistema acabam sendo *experencialmente* mais pobres, já que a pessoa não consegue estabelecer um diálogo de fato. Desta maneira, a inteligibilidade e consistência da interação são fortemente relacionadas ao *feedback* do sistema, independentemente da forma de interação que se procura estabelecer, seja ela conversacional ou de ciclo único.

Através dos experimentos, foi também possível observar a possibilidade de se desmistificar, para alunos do curso de arquitetura, a aparente complexidade de

muitos sistemas eletrônicos. Conforme observado no primeiro experimento<sup>4</sup>, o sistema dos blocos tornou possível testar a relação entre *inputs* e *outputs* diversos de uma forma intuitiva, através da simples recombinação dos quadrados.

Finalmente, foi feita no final do capítulo uma descrição da construção do protótipo, dos primeiros experimentos efetuados com ele e das principais questões observadas. É importante ressaltar que esta construção do protótipo ocorreu dentro do contexto de uma escola de arquitetura, que como outras escolas da área, não possui ainda uma infra-estrutura propícia ao desenvolvimento de experimentos com dispositivos digitais. Como a interatividade na arquitetura é uma área de estudos relativamente nova, faltam muitas vezes materiais básicos e apoio técnico amplo para o desenvolvimento de experimentos e testes. No trabalho em questão este problema foi parcialmente sanado pela presença de um técnico em eletrônica que conseguiu resolver boa parte dos problemas relacionados aos circuitos. Porém, o envolvimento de profissionais com conhecimento técnico não pode se limitar a consultorias ou de resoluções de problemas esporádicos, mas devem fazer parte do processo desde o início.

A construção do protótipo da mesa/interface foi um exercício rico, que permitiu inclusive trazer à tona algumas questões apontadas nos capítulos anteriores. A primeira delas diz respeito ao fato das interfaces híbridas/tangíveis fundirem as características das interfaces físicas e digitais, o que apontou vários desdobramentos. Isso abre a possibilidade de se agregarem novos valores e experiências ao modo como acessamos o ambiente digital, devolvendo ao espaço parte da tarefa de organizar a informação. Como observado, o espaço perdeu parte de sua função como articulador ético da relação entre as pessoas; porém,

---

<sup>4</sup> Cf. 5 Elaboração de um sistema interativo: contexto da pesquisa, roteiro conceitual, experimentação e desenvolvimento de um protótipo. seção 5.5.1

na fusão entre os dispositivos tecnológicos digitais e a arquitetura, ele pode voltar a estabelecer limites e conexões.

A segunda questão está relacionada à abertura possibilitada pela característica digital. Talvez tenha sido esta uma das questões mais interessantes observadas no protótipo da mesa. Nela, tanto o programa que a controla quanto os dispositivos que a permitem funcionar ou executar determinadas tarefas são *open source*, ou seja, abertos. Como observa Andrés (2008), o que determina o grau e a relevância da liberdade é o quanto o sistema se abre para a ação do sujeito e o quanto significativamente esta ação altera a obra. Neste tipo de experiência, onde tanto o *hardware* como o *software* são *open source*, é possível interferir na própria função do objeto. Como já foi colocado, a mesa pode ser programada para funcionar como aparelho musical, de comunicação, de interação etc. É possível pensar diferentes tipos de *input*, além de ser possível também programar qual o processamento e qual o *output*. Como as instruções já são dadas a partir da programação básica, é relativamente simples para qualquer um que tenha interesse modificar o *output*, seja ele analógico ou digital. O processo de design se torna então potencialmente contínuo, aumentando as virtualidades contidas no objeto. Esta abertura pode indicar uma nova forma de conceber e habitar o espaço que pode levar a um *clareamento* da *Caixa Preta*, que é uma das características do *aspecto aparelho* da arquitetura que incorpora dispositivos tecnológicos digitais. O homem conhece seu *input* e seu *output*, mas não sabe o que acontece dentro do aparelho, dada a complexidade da cadeia de programas e meta-programas. Se o próprio usuário é programador e o processo de programação é contínuo, o homem pode passar a conhecer melhor o que acontece dentro da caixa. Na arquitetura, isso poderia evitar que informações coletadas por sensores, como as câmeras de vídeo, sejam utilizados indevidamente contra o próprio homem. Se o homem conhece melhor como se dão esses processos, maior capacidade ele terá de perceber os perigos e potencialidades dessas tecnologias.

Desta maneira, a interação e a abertura podem apontar a passagem de um sistema que separa aquele que desenha daquele que usa o espaço para outro que é participativo e que possibilita e encoraja uma constante modificação do objeto construído. Na arquitetura, estas idéias se aproximam dos conceitos de Cedric Price<sup>5</sup> de uma arquitetura flexível, passível de alterações e modificações, e que preza pelo acaso e a indeterminação. Desta maneira, a interação poderia levar ao desenvolvimento de uma arquitetura menos determinista e mais aberta ao desejo de seus habitantes, onde a essência se dá pela interação das pessoas.

Se a interação é algo intrínseco à arquitetura, é possível, a partir da incorporação de dispositivos tecnológicos digitais, amplificar esta interação, tornando-a dialógica ou conversacional. Se a capacidade da arquitetura de estabelecer limites e criar conexões foi enfraquecida pelos cabos e ondas de rádio, que se tornaram ubíquos no espaço arquitetônico, a incorporação de dispositivos tecnológicos digitais pode amplificar esta capacidade, fazendo com que a arquitetura volte a ter maior presença na articulação ética entre as pessoas. Se o espaço arquitetônico perdeu parte de sua função como gerenciador da informação, ele pode ser amplificado a partir da incorporação de dispositivos tecnológicos digitais, passando a ser um possível meio de acesso a informação digital. Desta maneira, é possível dizer que o *Aparelho Arquitetônico é Arquitetura Amplificada*. Neste sentido, a incorporação de dispositivos tecnológicos digitais, amplia, exalta e engrandece características já intrínsecas à arquitetura.

Se existe o potencial de conexão, que esta seja para criar ligações mais relevantes entre as pessoas, sensibilizando-as sobre suas diferenças, possibilitando a cooperação e a troca de experiências. Se existe o potencial da

---

<sup>5</sup> Cf. 3 Arquitetura e Interatividade, diferentes práticas e abordagens, seção 3.2 e 3.3

interação, que esta seja para gerar situações que vão além do simples entretenimento, buscando um diálogo construtivo entre o homem e o espaço e principalmente entre os próprios homens.

## REFERÊNCIAS

---

## REFERÊNCIAS

AARTS, Emile; ROOVERS, Raf IC Design challenges for ambient intelligence. In: DESIGN, AUTOMATION AND TEST IN EUROPE CONFERENCE AND EXHIBITION - DATE, 1., [Munich], **Proceedings**. Munich: IEEE, 2003.

ABOWD, Gregory D.; MYNATT, Elizabeth D. Charting past, present, and future: research in ubiquitous computing. **Acm Transactions On Computer-human Interaction**: Special issue on human-computer interaction in the new millennium, New York, v. 1, n. 7, p.29-58, Mar. 2000. Disponível em: <<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=344988>>. Acesso em: 12 dez. 2008.

AMBIENT Agoras: Dynamic Information Clouds in a Hybrid World . Disponível em: <<http://www.ambient-agoras.org/>>. Acesso em: 3 jan. 2009.

ANDRÉS, Roberto Rolin. **Da arte para a arquitetura**: dispositivos artísticos contemporâneos como meios de investigação e experimentação de arquitetura. 2008. 221 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

AZUMA, Ronald T. A Survey of augmented reality. **Presence**: Teleoperators and virtual environments, Massachusetts, n. 6, p.355-385, Aug. 1997. Disponível em: <[www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf](http://www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf)>. Acesso em: 12 jan. 2009.

AZUMA, Ronald T. *et al.* **Recent Advances in Augmented Reality**. IEEE computer graphics and applications, [], n. 21. , p.34-47, Nov. 2001. Disponível em: [http://www.cs.unc.edu/~azuma/azuma\\_publications.html](http://www.cs.unc.edu/~azuma/azuma_publications.html). Acesso em: 18 jan. 2009

BELLOTTI, Victoria; SELLEN, Abigail. Design for privacy in ubiquitous computing environments. In: EUROPEAN CONFERENCE ON COMPUTER-SUPPORTED COOPERATIVE WORK, 3., 1993, Milão. **Proceedings**... Milão: ECSCW, 1993. p. 77 - 92.

BENEVOLO, Leonardo. **História da arquitetura moderna**. Tradução de Ana M. Goldberg. São Paulo: Perspectiva, 2001.

BILORIA, Nimish; OOSTEHUIS, Kas. Envisioning the responsive milieu: an investigation into aspects of ambient intelligence, human machine symbiosis and ubiquitous computing for developing a generic real time spatial prototype. In: OOSTERHUIS, Kas. **IA#1**. Rotterdam: The Episode Publishers, 2007. p. 22-33.

BOUMAN, Ole. Open source: between the split of Democracy and the Law of the Jungle. In: THE ARCHITECTURE CO-LABORATORY: GAME SET AND MATCH, 2., 2006, Delft. **Proceedings**... Rotterdam: The Episode Publishers, 2006. p. 394 - 395.

BULLIVANT, Lucy. **Responsive environments**: architecture, art and design. London: V&A Publications, 2006.

BRANDÃO, Carlos Antônio Leite. **A formação do homem moderno vista através da arquitetura**. 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 1999.

CABRAL FILHO, J. S. . Da representação multimídia às interfaces tangíveis no ensino de arquitetura. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO..., Havana. **Anais...** Havana : CUJAE, 2008

\_\_\_\_\_. Um futuro além da transgressão. In: Wilton Garcia. (Org.). **Corpo e arte: estudos contemporâneos**. São Paulo: Nojosa Edições, 2005, p. 31-42.

\_\_\_\_\_. Arquitetura como instrumento ético frente às tecnologias de disjunção espaço-tempo. In: MALARD, M. L. [Org.]. **Cinco textos sobre arquitetura**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

\_\_\_\_\_. Um corpo para uma arquitetura irreversível. In: Wilton Garcia. (Org.). **Corpo e tecnologia**. Sao Paulo: Nojosa Edições / Senac, 2004, v. , p. -.

\_\_\_\_\_. **Formal games and interactive design**: computers as formal devices for informal interaction between clients and architects, Sheffield: Sheffield University; School of Architectural Studies, 1996

CABRAL FILHO, J. S. ; BALLERINI, F. . Laboratórios híbridos para uma educação arquitetônica compartilhada. In: XII CONGRESSO IBEROAMERICANO... 12., 2008, Havana. **Anais...** Havana: CUJAE, 2008. v. 1.

CARRANZA, Pablo Miranda; COATES, Paul. Swarm modelling: the use of swarm intelligence to generate architectural form. In: INTERNATIONAL CONFERENCE: IN GENERATIVE ART, 3., 2000, Milano. **Proceedings...** Milano: Celestino Soddu, 2000. p. 12-18.

COAR, Ken. The open source definition. In: Open Source Initiative. Disponível em: <<http://www.opensource.org/docs/osd>>. Acesso em: 11 nov. 2009.

DUARTE, Fábio. **Arquitetura e tecnologias de informação**: da Revolução Industrial à Revolução Digital. São Paulo: Editora da Unicamp, 1999.

FERREIRA, Aurélio B. de Hollanda. **Novo dicionário da língua portuguesa**. 2. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986.

FLUSSER, Vilém. **Filosofia da caixa preta**: ensaios para uma futura filosofia da fotografia. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2002.

\_\_\_\_\_. **The shape of things**: a philosophy of design. London: Reaktion Books, 1999.

FULLER, Matthew; HAQUE, Usman. **Urban versioning system 1.0**. Disponível em: <<http://www.situatedtechnologies.net/>>. Acesso em: 20 out. 2008.

GLANVILLE, Ranulph. Second order cybernetics (6.46.3.3). In: TREASURE OF SECOND-ORDER CYBERNETICS WORKSHOP, 1., 2001, Vancouver. **Conferences...** Vancouver: [s.n], [2007]. not published. Disponível como "C2 revising text 2.3" em: <<http://homepage.mac.com/WebObjects/FileSharing.woa/65/wo/7wsdMpTgoWel2KJb.1/2.2.1.2.26.31.97.1.35.0.1.1.1?user=ranulph&fpath=papers%20etc:cybernetics&templatefn=FileSharing>>

1.html>. Acesso em: 29 out 2008.

HAQUE, Usman. **Hardspace, softspace and the possibilities of open source architecture**. [United Kingdom]: [Haque Design + Research], 2002. Disponível em: <<http://www.haque.co.uk/papers.php>>. Acesso em: 10 maio 2008.

\_\_\_\_\_. The architectural relevance of Gordon Pask. **AD: 4DSocial Interactive Design Environments**, London, v. 4, n. 77, p.54-61, Aug. 2007.

\_\_\_\_\_. Arquitetura, interação e sistemas. **AU: Arquitetura e Urbanismo**, São Paulo, n. 149, p.68-71, ago. 2006.

HAQUE, Usman; PANGARO, Paul. Paskian environments. In: THE ARCHITECTURE CO-LABORATORY: GAME SET AND MATCH, 2., 2006, Delft. **Proceedings...** Rotterdam: The Episode Publishers, 2006. p. 468-476.

ISOZAKI, Arata. Erasing architecture into the system. In: PRICE, Cedric. **RE:CP**. Tradução para o inglês por Alfred Birnbaum. Basel: Birkhäuser Publisher, 2003. p. 25-52.

INTILLE, Stephen S.. The Goal: smart people, not smart homes. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SMART HOMES AND HEALTH TELEMATICS, 1., 2006, Belfast. **Proceedings...** p. 3-6. Disponível em: <[web.media.mit.edu/~intille/papers-files/IntilleI-COST06.pdf](http://web.media.mit.edu/~intille/papers-files/IntilleI-COST06.pdf)>. Acesso em: 10 jan. 2009.

ISHII, Hiroshi; ULLMER, Brygg. Tangible bits: Towards seamless interfaces between people, bits and atoms. In: CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, 97., 1997, Atlanta. **Proceedings...** [s.l]: Acm, 1997. p. 22-27. Disponível em: <[web.media.mit.edu/~anjchang/ti01/ishii-chi97-tangbits.pdf](http://web.media.mit.edu/~anjchang/ti01/ishii-chi97-tangbits.pdf)>. Acesso em: 18 jan. 2009.

JENCKS, Charles. **Le Corbusier and the tragic view of architecture**. 3. ed. London: Penguin Books, 1987.

KASPORI, Dennis. **The Communism of ideas**: towards an architectural open source practice. In: THE ARCHITECTURE CO-LABORATORY: GAME SET AND MATCH, 2., 2006, Delft. **Proceedings...** Rotterdam: The Episode Publishers, 2006. p. 508-514.

LEBESQUE, Sabine. **Yona Friedman**: structures serving the unpredictable. Rotterdam: Nai Publishers, 1999.

LEONARD, Maurício; SANTOS, Ana Paula Baltazar. **Interfaces híbridas**: usuário entre o mundo físico e digital [Belo Horizonte]: MOM [2005]. Disponível em: <<http://www.mom.arq.ufmg.br/>>. Acesso em: 3 dez. 2008.

MAMMEN, Sebastian von; JACOB, Christian. Swarm-driven idea models: from insect nests to modern architecture. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON ECO-ARCHITECTURE 2.**, 2008, Algarve. **Proceedings**. Ashurst: Wit Press, 2008. p. 117-127.

MANOVICH, Lev. The poetics of augmented space. **Visual Communications**, San Diego, v. 5, n. 2, p.219-240, 2006. Disponível em:

<<http://vcj.sagepub.com/cgi/content/refs/5/2/219>>. Acesso em: 11 nov. 2008.

MOGGRIDGE, Bill. **Designing interactions**. Cambridge: The Mit Press, 2007.

MOELLER, Christian. **A Time and place**: Christian Moeller media architecture 1991-2003. Baden: Lars Müller Publishers, 2004.

MURRAY, Peter. Plus ça change... In: PRICE, Cedric. **The square book**. West Sussex: Wiley Academy, 2005. p. 16.

NEGROPONTE, Nicholas. **A vida digital**. Tradução de Sérgio Tellaroli. São Paulo: Companhia das Letras, 1995.

NORMAN, Donald. **Affordances and design** [s.l.]: jnd, [2004]. Disponível em:  
<[http://www.jnd.org/dn.mss/affordances\\_and.html](http://www.jnd.org/dn.mss/affordances_and.html)>. Acesso em: 12 jan. 2009.

O'SULLIVAN, Dan; IGOE, Tom. **Physical computing**: sensing and controlling the physical world with computers. Boston: Thomson, 2004.

OOSTERHUIS, Kas (Ed.). **IA#1**. Rotterdam: The Episode Publishers, 2007.

OOSTERHUIS, Kas; LÉNÁRD, Ilona. Swarm architecture II. In: THE ARCHITECTURE COLLABORATORY: GAME SET AND MATCH, 2., 2006, Delft. **Proceedings...** Rotterdam: The Episode Publishers, 2006. p. 14 - 28.

PALLASMAA, Juhani. **The eyes of the skin**: architecture and the senses. Chichester: John Wiley & Sons, 2005.

PRANTE, Thorsten *et al.* Hello.wall: beyond ambient displays. In: CONFERENCE ON UBIQUITOUS COMPUTING 3., 2003, Seattle. **Video track and adjunct proceedings of the 5th Intern**. Conference on Ubiquitous Computing. Seattle: Ubicomp3, 2003. p. 277-278.

PRICE, Cedric. **Re: CP**. Basel: Birkhäuser, 2003.

\_\_\_\_\_. **The Square book**. West Sussex: Wiley Academy, 2005.

SAGGIO, Antonio. Interactivity at the centre of avant-garde architectural Research. **AD: Architectural Design**: 4dspace interactive architecture, London, n. , p.23-29, Jan. 2005.

SMITH, Gillian Crampton. What is interaction desing? In: MOGGRIDGE, Bill. **Designing interactions**. Cambridge: The Mit Press, 2007. p. ix-XIX.

STEENSON, Molly Wright. **Cedric Price Generator**. [s.l.]: Active social Plastic, 2007. Disponível em: <[http://www.activesocialplastic.com/2007/08/cedric\\_prices\\_generator.html](http://www.activesocialplastic.com/2007/08/cedric_prices_generator.html)>. Acesso em: 30 mar. 2008

STRALEN, Mateus de Sousa Van; LIMA, Henrique Gazzola; CABRAL FILHO, José Dos Santos. Instalação 2048 - Arquitetura relacional: um experimento de projeção e interface tangível. In: SIGRADI – CONVENÇÃO CIENT..., 12., 2008, Havana. **Anais...** [s.l.]: SIGRADI, 2008. V.1, P.1. CONVENÇÃO CIENTÍFICA... [s. l.]: Sigradi, 2008. v. 1, p. 1.

STREITZ, Norbert. Cooperative buildings: Ambient Intelligence and the disappearing computer. In: THE ARCHITECTURE CO-LABORATORY: GAME SET AND MATCH, 2., 2006, Delft. **Proceedings...** . Rotterdam: The Episode Publishers, 2006. p. 394-395.

SULLIVAN, Louis H. The tall office building artistically considered. **Lippincott's Magazine, New Jersey**, Mar 1896. Disponível em: <<http://www.njit.edu/v2/Library/archlib/pub-domain/sullivan-1896-tall-bldg.html>> Acesso em: 19 jan. 2009.

TAPIA, Emmanuel Munguia; INTILLE, Stephen S.; LARSON, Kent. Activity recognition in the home setting using simple and ubiquitous sensors. In: PERVASIVE 2004, 3., 2004, Cambridge. **Proceedings...** Cambridge: Springer-verlag, 2004. p. 158 - 175.

THACKARA, John. The Design Challenge of Pervasive Computing. **Interactions**, Amsterdam, v. 8, n. 3, p.46-52, abr. 2001. Disponível em: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=369832>. Acesso em: 12 dez: 2008

TREIB, Mark. **Space calculated in seconds**. New Jersey: Princeton University Press. 1996

VEEN, Misja Van. Linking realities, multidimensional networking: creating environments in the network society. In: THE ARCHITECTURE CO-LABORATORY: GAME SET AND MATCH, 2., 2006, Delft. **Proceedings...** Rotterdam: Episode Publishers, 2006. p. 545 - 552.

VERPLANK, Bill. Bill Verplank: interaction design paradigms. In: MOGGRIDGE, Bill. **Designing interactions**. Cambridge: The Mit Press, 2007. p. 125-134.

WEBER, Steven. **The political economy of open source software I**. Berkeley: University of California: Berkeley. Roundtable on the International Economy. 1 June 2000. Disponível em: <<http://repositories.cdlib.org/brie/BRIEWP140/>>. Acesso em: 28 nov. 2008.

WEISER, Mark; BROWN, John Seely. **The coming age of calm technology[1]** [s.l.]: Xerox PARC, 5 Oct 1996. Disponível em: <<http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/acmfuture2endnote.htm>>. Acesso em: 30 mar. 2008.

WEISER, Mark. Title: the world is not a desktop. **Acm Interactions**, New York, v. 1, n. 1, p.7-8, Jan. 1994.

WEISER, Mark. Some computer science issues in ubiquitous computing. **Communications Of The Acm**, [Palo Alto, CA], v. 36, n. 7, p.74-84, Mar. 1993. Disponível em: <<http://nano.xerox.com/hypertext/weiser/UbiCACM.html>>. Acesso em: 16 dez. 2008.

WEISER, Mark. The computer for the 21st century. *Scientific American*, [Palo Alto, CA], n. , p.94-104, Sept. 1991. Disponível em: <<http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/SciAmDraft3.html>>. Acesso em: 30 maio 2008.

WISNESKI, Craig *et al.* Ambient displays: turning architectural space into an interface between people and digital information. In: COBUILD '98, 1, 1998, Springer. **Proceedings Springer: Cobuild '98**, [Darmstad, Germany].1998. p. 22-32.

ZARHY-LEVO, Yael. Joan Littlewood and her peculiar (hi)story as others tell it. **Theatre Survey**, Cambridge, v. 2, n. 42, p.156-176, 29 Aug. 2001.

ZEPHIR, Aaron. Brussels 1958: **Le Corbusier**: Philips Pavilion, Brussels, 1958. [Maryland]: University of Maryland; University Library; A treasury fo world fair Art and Architecture, [2005]. Disponível em: <<http://www.lib.umd.edu/ARCH/honr219f/1958brus.html>>. Acesso em: 15 nov. 2008.

## **ANEXOS**

---

## ANEXO A: PROGRAMAÇÃO MESA

### Quadro 3

#### Programação Processing Mesa

---

```
//Processing – Mesa sonora– Produz um output sonoro para a mesa - transmite os dados para
//outro computador – gerencia uma das saídas de 127V da mesa

// Créditos: Thiago Fontes

import processing.net.*;
import processing.serial.*;
import krister.Ess.*;

Serial port;
AudioChannel myChannel; // Create channel
TriangleWave myWave; // Create triangle waveform
Envelope myEnvelope; // Create envelope

Client c;
String input;
int data[];

int numNotes = 200; // Number of notes
int noteDuration = 2000; // Duration of each note in milliseconds
float[] rawSequence = {
  293 }; // Happy birthday
int la = 440;
int si = 493;
int do1 = 261;
int re = 293;
int mi = 329;
int fa = 349;
int sol = 512;
int do2 = 528;
int nota;
int a;
int x;
int y;
int n = 0;
//int l = 0;

void setup()
{
  size(800, 600, P3D);
  background(204);
  stroke(0);
  frameRate(5); // Slow it down a little
  // Connect to the server's IP address and port
  c = new Client(this, "150.164.106.118", 4000); // Replace with your server's IP and port
  println(Serial.list());
  port = new Serial(this, Serial.list()[0], 9600);
}
void keyPressed(){
  if (key == '7') {
```

---

---

```
if (n == 0){ n = 1;}
else
if (n == 1){ n = 0;}
print(n);
}
if (key == '4') {
if (n == 1) { port.write('L'); }
}
if (key == '3') {
if (n == 1) { port.write('D'); }
}
if (key == 'n') {
a = 0;
if (n == 0) {
n = 1;
}
else
if (n == 1){
n = 2;
}
else
if (n == 2){
n = 0;
}
print(n);
print(nota);
}
if (a != 2){
if ( key == '2' ){
if (n == 0) {
nota = mi;
myChannel.play();
a = 2;
y = nota;
c.write(y + " " + pmouseY + " " + mouseX + " " + mouseY + "\n");
}
if (n == 1) {
}
if (n == 2) {
}
}
}
if (a != 3){
if ( key == '1' ){
if (n == 0) {
nota = do1;
myChannel.play();
a = 3;
y = nota;
c.write(y + " " + pmouseY + " " + mouseX + " " + mouseY + "\n");
}
if (n == 1) {
}
if (n == 2) {
}
}
}
if (a != 4){
if ( key == 'v' ){
if (n == 0) {
nota = do2;
myChannel.play();
a = 4;
y = nota;
}
```

---

---

```
        c.write(y + " " + pmouseY + " " + mouseX + " " + mouseY + "\n");
    }
    if (n == 1) {
    }
    if (n == 2)
    }
}
}
if (a != 5){
    if ( key == '3'){
        if (n == 0) {
            nota = si;
            myChannel.play();
            a = 5;
            y = nota;
            c.write(y + " " + pmouseY + " " + mouseX + " " + mouseY + "\n");
            delay(234);
            nota = sol;
            myChannel.play();
                delay(512);
            nota = la;
            myChannel.play();
        }
        if (n == 1) {
        }
        if (n == 2) {
        }
    }
}
if (a != 6){
    if ( key == 'r'){
        if (n == 0) {
            nota = re;
            myChannel.play();
            a = 6;
            y = nota;
            c.write(y + " " + pmouseY + " " + mouseX + " " + mouseY + "\n");
        }
        if (n == 1) {
        }
        if (n == 2) {
        }
    }
}
if (a != 6){
    if ( key == '4'){
        if (n == 0) {
            nota = sol;
            myChannel.play();
            a = 6;
            y = nota;
            c.write(y + " " + pmouseY + " " + mouseX + " " + mouseY + "\n");
        }
        if (n == 1) {
        }
        if (n == 2) {
        }
    }
}
if (a != 7){
    if ( key == '5'){
        if (n == 0) {
            nota = la;
            myChannel.play();
```

---

---

```

    a = 7;
    y = nota;
    c.write(y + " " + pmouseY + " " + mouseX + " " + mouseY + "\n");
}
if (n == 1) {
}
if (n == 2) {
}
}
}
if (a != 8){
if ( key == '5' ){
if (n == 0) {
    nota = la;
    myChannel.play();
    a = 8;
    y = nota;
    c.write(y + " " + pmouseY + " " + mouseX + " " + mouseY + "\n");
}
if (n == 1) {
}
if (n == 2) {
}
}
}
if (a != 9){
if ( key == '6' ){
if (n == 0) {
    nota = fa;
    myChannel.play();
    a = 9;
    y = nota;
    c.write(y + " " + pmouseY + " " + mouseX + " " + mouseY + "\n");
}
if (n == 1) {
}
if (n == 2) {
}
}
}
if (a != 10){
if ( key == '4' ){
if (n == 0) {
    nota = sol;
    myChannel.play();
    a = 10;
}
}
}
}
void draw()
{
    background(y);
    sphere(x);
    translate(width, 0);
    sphere(y);
    Ess.start(this); // Start Ess
    myChannel = new AudioChannel(); // Create a new AudioChannel
    myChannel.initChannel(myChannel.frames(noteDuration));
    //int current = 0;
    myWave = new TriangleWave(480, 0.3); // Create triangle wave
    EPoint[] myEnv = new EPoint[3]; // Three-step breakpoint function
    myEnv[0] = new EPoint(0, 3); // Start at 0
    myEnv[1] = new EPoint(0.25, 4); // Attack
    myEnv[2] = new EPoint(2, 0); // Release
    myEnvelope = new Envelope(myEnv); // Bind Envelope to the breakpoint function

```

---

---

```

int time = 0;
int current = 0;
//int time = 0;
for (int i = 0; i < rawSequence.length; i++) {

    myWave.frequency = nota; // Update waveform frequency
    int begin = myChannel.frames(time); // Starting position within Channel
    int e = int(noteDuration * 0.8);
    int end = myChannel.frames(e); // Ending position with Channel
    myWave.generate(myChannel, begin, end); // Render triangle wave
    myEnvelope.filter(myChannel, begin, end); // Apply envelope
    //current++; // Move to next note
    time += noteDuration; // Increment the Channel output point
}
if (mousePressed == true) {
    // Draw our line
    stroke(255);
    line(pmouseX, pmouseY, mouseX, mouseY);
    // Send mouse coords to other person
    //c.write(pmouseX + " " + pmouseY + " " + mouseX + " " + mouseY + "\n");
}
// Receive data from server
if (c.available() > 0) {
    input = c.readString();
    input = input.substring(0, input.indexOf("\n")); // Only up to the newline
    data = int(split(input, ' ')); // Split values into an array
    x = data[0];
    // print(x);
    if (x != 0){
        nota = x;
        myChannel.play();
    }
    stroke(0);
    line(data[0], data[1], data[2], data[3]);
}
}
public void stop() {
    Ess.stop(); // When program stops, stop Ess too
    super.stop(); }

```

---

Fonte: Lagear

#### Quadro 4

#### Programação Arduino Mesa

---

```

int outputPinVent = 7; //pino de output do ventilador
int LED = 13;
int val;
void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    pinMode(outputPinVent, OUTPUT);
    pinMode(LED, OUTPUT);
}
void loop()

```

---

---

```
{  
  if (Serial.available()) {  
    val = Serial.read();  
    if (val == 'L') {      //ligar  
      digitalWrite(outputPinVent, HIGH);  
      digitalWrite(LED, HIGH);  
    }  
    if (val == 'D') {  
      digitalWrite(outputPinVent, LOW); //desligar  
      digitalWrite(LED, LOW); //desligar  
    }  
  }  
}
```

---

Fonte: Lagear