

Erica Azevedo da Costa e Mattos

PROJETANDO COM A INCERTEZA:

módulos, conexões e sistemas em aberto

Belo Horizonte
2019

Erica Azevedo da Costa e Mattos

PROJETANDO COM A INCERTEZA:

módulos, conexões e sistemas em aberto

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo – NPGAU, da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Arquitetura e Urbanismo.

Área de concentração: Teoria, Produção e Experiência do Espaço.

Orientador: José dos Santos Cabral Filho

Belo Horizonte
2019

FICHA CATALOGRÁFICA

M435p

Mattos, Erica Azevedo da Costa e.

Projetando com a incerteza [manuscrito]: módulos, conexões e sistemas em aberto / Erica Azevedo da Costa e Mattos. – 2019.

223f. : il.

Orientador: José dos Santos Cabral Filho.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura.


1. Cibernética - Teses 2. Projeto arquitetônico – Teses. 3. Arquitetura e tecnologia – Teses. 4. Desenho industrial - Teses. 5. Educação - Teses. I. Cabral Filho, José dos Santos. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Arquitetura. III. Título.

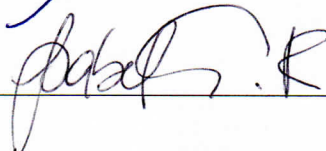
CDD 001.53


Tese defendida junto ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo/ NPGAU da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, e aprovada em 30 de agosto de 2019 pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. José dos Santos Cabral Filho (Orientador-EA-UFMG) 

Profa. Dra. Ana Paula Baltazar dos Santos (EA-UFMG) 

Prof. Dr. Sandro Canavezzi de Abreu (EA-UFMG) 

Profa. Dra. Isabel Amalia Medero Rocha (UFPB) 

Profa. Dra. Themis da Cruz Fagundes (UFSC) 

Aos que fizeram diferença e deixaram saudades.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que, de alguma forma, apoiaram e contribuíram com esta pesquisa.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos no início do trabalho, e ao Departamento de Projetos da Escola de Arquitetura da UFMG pelo concessão do afastamento de capacitação que possibilitou dedicação exclusiva ao desenvolvimento e finalização da tese.

Ao meu orientador, José Cabral, por ter me recebido em Belo Horizonte como orientanda e colega, por estimular minhas inquietações durante a pesquisa e pela paciência com os dilemas e dificuldades que permearam o percurso do doutorado.

Ao nosso Grupo de Estudos de Cibernética, pelos encontros, leituras e discussões compartilhadas.

A todos do laboratório LAGEAR, pelo ambiente de experimentação e pesquisa.

Aos professores, Ana Baltazar, Sandro Canavezzi, Themis Fagundes e Isabel Medeiro, que se dispuseram a participar da banca de defesa para avaliar e contribuir com o trabalho, estimulando desenvolvimentos e desdobramentos futuros.

À minha família, pelo apoio e constante incentivo.

Aos meus amigos - novos e antigos - pelos momentos de descontração e alegria e por abrirem minhas perspectivas.

Ao Diego - meu companheiro de trabalho, de estudo e de vida - por estar sempre ao meu lado.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

It is not to do with certainty, design.

Design is creating the new.

The new is always uncertain

that's the whole idea

and you need rationality

but you need it to allow you to have the courage

the courage to expand further.

Rationality is usable to help you go along the way

into more uncertainty.

John Chris Jones (1991, p. 34)

RESUMO

Nesta pesquisa, buscou-se construir uma interpretação de modularidade como uma estrutura capaz de acomodar as incertezas inerentes à vida e, conseqüentemente, implícitas em qualquer atividade projetual. Além das mudanças relativas a contextos e a passagem do tempo, considerou-se especialmente a abertura para a inclusão do outro - tomada aqui como uma premissa ética para a prática do design. Com a hipótese de que o uso de módulos se abre para possibilidades não antecipadas, foram definidas duas linhas de investigação com diferentes abordagens. A estrutura da tese espelha essa divisão. A primeira seção - investigação teórica e conceitual - fundamenta-se na epistemologia construtivista e no pensamento sistêmico para delinear o tema, dando destaque para formulações derivadas da teoria dos sistemas complexos adaptativos. Na segunda - investigação por artefatos - exemplos caracterizados por unidades e/ou estruturas modulares são analisados através de um levantamento historiográfico e iconográfico - artefatos como blocos de montar, especialmente a origem deles ligada ao educador alemão Friedrich Froebel, além de técnicas de tecelagem artesanais como o crochê e o tricô. Experiências anteriores e ensaios projetuais paralelos são apresentados como apêndices da tese, indicando um caminho prático da pesquisa realizada.

Palavras-chave: modularidade. blocos de montar. processos combinatórios. indeterminação. sistemas complexos.

ABSTRACT

In this research, we sought to build an interpretation of modularity as a structure capable of accommodating the uncertainties inherent to life and, consequently, implicit in any design activity. In addition to changes related with contexts and the passing of time, it was particularly considered the opening to the inclusion of the other - taken here as an ethical premise for design practices. With the hypothesis that the use of modules opens up to unanticipated possibilities, two lines of investigation have been defined with different approaches. The structure of the thesis reflects this division. The first section - theoretical and conceptual research - is based on the constructivist epistemology and systems thinking to outline the main theme, highlighting some formulations derived from the complex adaptive systems theory. In the second one - research by artifacts analysis - examples characterized by units and/or modular structures are examined through a historiographic and iconographic inquiry - artifacts as building blocks, especially their origin linked to the German educator Friedrich Froebel, in addition to artisanal textile techniques such as crochet and knitting. Previous and parallel design experiments are presented as appendices, indicating a practical path in this research.

Keywords: modularity. building blocks. combinatorial process. indeterminacy. complex systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Esquema ilustrativo da parábola Tempus e Hora de Herbert Simon	51
Figura 1.2	Definições e relações entre Design e Artefato	63
Figura 1.3	Representação de uma hierarquia de design com quatro módulos ocultos e três níveis de visibilidade	65
Figura 1.4	Modularização via Divisão (Operador de Design Modular)	69
Figura 1.5	Sistema Modular - duas representações equivalentes	69
Figura 1.6	Operador de Design Modular - Substituição	70
Figura 1.7	Operador de Design Modular - Aumento	70
Figura 1.8	Operador de Design Modular - Exclusão	71
Figura 1.9	Operador de Design Modular - Inversão	71
Figura 1.10	Operador de Design Modular - Portabilidade	72
Figura 2.1	Livro <i>The Jewel House of Art and Nature</i> - contracapa e fragmento do texto	77
Figura 2.2	Hill Floor Blocks - Crianças brincando na Gregory Avenue School.	78
Figura 2.3	Hill Floor Blocks - Ilustração de crianças utilizando os blocos, demonstrando o sistema de encaixes.	79
Figura 2.4	Unit Blocks	79
Figura 2.5	Unit Blocks - módulos	80
Figura 2.6	Crianças com materiais montessorianos (Torre Rosa, Barras Vermelhas e Escada Marrom)	80
Figura 2.8	Ilustrações dos registros de patente	81
Figura 2.7	Tangram	81
Figura 2.9	Anker-Steinbaukasten ou Anchor Stone Building Blocks	82
Figura 2.10	Erector / Meccano	84
Figura 2.11	Kliptiko	84
Figura 2.12	Tinkertoy	85
Figura 2.13	Lincoln Logs	85
Figura 2.14	Bauspiel “Small Ship-Building Game” por Alma Siedhoff-Buscher [1924]	87
Figura 2.15	Mobiliário para Haus Am Horn por Alma Siedhoff-Buscher. [1923-24]	87
Figura 2.16	Minibrix	88
Figura 2.17	Bri-Plax, por Hilary Page - 1939	88
Figura 2.18	Automatic Binding Bricks, 1949	89
Figura 2.19	Lego Duplo, 1969	89
Figura 2.20	Brinquedos modulares por Eames Office no início da década de 1950.	91
Figura 2.21	Blocos tipo “Pequeno Arquiteto-Engenheiro”	92
Figura 2.22	Publicidades refletem a ligação dos blocos de montar com os padrões culturais	92
Figura 2.1	Friedrich Froebel	96
Figura 2.2	Kindergarten em Bad Blankenburg -	97

Figura 2.3	Spielgaben de Froebel.	99
Figura 2.5	Sugestões de atividades com o primeiro dom	101
Figura 2.4	O primeiro dom	101
Figura 2.6	O segundo dom	102
Figura 2.7	O cubo do segundo dom em rotação	103
Figura 2.8	Série do terceiro ao sexto dom - as “caixas de construção” ou building gifts	105
Figura 2.9	Primeiras atividades com o terceiro dom.	107
Figura 2.10	Relação da caixa e o dom - importância da apresentação.	107
Figura 2.11	Formas de vida com o terceiro, quarto, quinto e sexto dons	108
Figura 2.12	Formas de beleza (ou simetria) com o terceiro, quarto, quinto e sexto dons	109
Figura 2.14	Alguns dons lineares de Froebel	111
Figura 2.13	O sétimo dom.	111
Figura 2.16	Crianças brincando com o segundo dom em mesas com tampo quadriculado. Boston, MA (c. 1893)	113
Figura 2.15	O décimo nono dom - construções com ervilha	113
Figura 2.17	Crianças sentadas em uma mesa se ocupam individualmente com blocos froebelianos menores	114
Figura 2.18	Crianças sentadas no chão se ocupam coletivamente com blocos maiores baseados em Patty Hill	114
Figura 2.19	Buckminster Fuller, Black Mountain College, 1948/1990	116
Figura 2.1	Lectron	120
Figura 2.2	Bloc-Tronic	120
Figura 2.3	littleBits	121
Figura 2.4	littleBits - Funcionamento dos módulos eletrônicos dos kit, com conexão magnética.	122
Figura 2.1	Sistema de Palavras - Ilustração do artigo Systems Generating Systems	124
Figura 2.3	Bordados com Padrões Geométricos e Figurativos - décimo segundo dom (c. 1890)	125
Figura 2.2	Prancha com sugestões de exercícios para o oitavo dom	125
Figura 2.4	Máquina de Jacquard - sistema de cartões perfurados para teares. (c. 1920)	127
Figura 2.5	Uma corrente de crochê	128
Figura 2.7	Diagrama da construção da malha de tricô	128
Figura 2.6	Malha de tricô	128
Figura 2.8	Malha em crochê tunisiano	129
Figura 2.9	Superfície hiperbólica em crochê	130
Figura 2.11	Diagram de crochê	131
Figura 2.10	Técnica de crochê c2c	131
Figura I.1	Ideia para a estrutura do cenário esboçada em quadro branco (25 de março de 2013)	155
Figura I.2	Planta baixa do estudo inicial para o cenário, LADO A e LADO B (março de 2013)	156
Figura I.3	Projeto da estrutura dos módulos base	156
Figura I.4	Possibilidades de combinações dos módulos para as cenas do espetáculo	157
Figura I.5	Nova cena e nova disposição dos módulos (ensaio de 15 de agosto de 2013)	158
Figura I.6	Espectáculo À Distância - LADO A (apresentação de estréia em agosto de 2013)	158

Figura I.7	Espectáculo À Distância - LADO B (apresentação de estréia em agosto de 2013)	159
Figura I.8	Espectáculo À Distância - LADO A (apresentação em maio de 2014 no FIT BH)	159
Figura I.9	Execução do sistema de quadros e parafusos	161
Figura I.10	Detalhe de alguns dos conectores das cavilhas	162
Figura I.11	Varetas e conectores: testes de montagem	162
Figura I.12	Representação explicativa das três estruturas com detalhes das conexões de montagem.	163
Figura I.13	Montagem [embaixo à direita] e registros da apresentação de estréia.	164
Figura I.14	Montagem de circuito eletrônico no ateliê Tecnologias Interativas e Processos de Criação.	165
Figura I.15	litteBits - Funcionamento dos módulos eletrônicos dos kit, com conexão magnética.	166
Figura I.16	Estudos para nossos módulos eletrônicos, com encaixes macho-fêmea.	166
Figura I.17	Primeiros placas impressas sem os componentes soldados.	167
Figura II.1	Módulos eletrônicos - Protótipo sobre protoboards de 170 pontos.	173
Figura II.2	Esquema geral de módulos e circuito	174
Figura II.3	Módulos em protoboard sendo usados na Oficina Internet das Coisas (10/09/2016)	174
Figura II.4	Interface eletrônica AIA	175
Figura II.5	Visitante manipula reprodução de um <i>Bicho</i> - exposição “Lygia Clark: Uma Retrospectiva”	177
Figura II.6	Testes para o sistema <i>Open Clark #1</i> utilizando conectores do kit comercial <i>Makedo</i>	179
Figura II.7	Protótipo de peças com conectores rotulares para o sistema <i>Open Clark #1</i>	179
Figura II.8	Teste de desenvolvimento e produção dos módulos eletrônicos Modulinos	181
Figura II.9	Modulinos - registro das peças finalizadas com e sem suporte.	181
Figura II.10	Esquema da possibilidade do sistema de Modulinos.	182
Figura II.11	Modulinos - circuito criado com os módulos bateria, slider, fork, led e motor.	182
Figura II.12	Testes Modulinos + Open Clark #1	183
Figura II.13	Modulinos + Open Clark #1 versão final	184
Figura II.14	Apresentação dos Modulinos na disciplina “PFLEX - Sensibilidade espacial e automação”	185
Figura II.15	<i>Playday</i> Lagear - explorações com os Modulinos e <i>Open Clark #1</i>	186
Figura II.16	Dinâmica no Ateliê Integrado de Arquitetura	190
Figura II.17	Espaço externo da Ocupação 9 de Julho - Antiga Sede do INSS em São Paulo	192
Figura II.18	Processo de produção dos conectores metálicos	195
Figura II.19	Kit Construtivo Básico	196
Figura II.20	Proposta para os blocos	197
Figura II.21	Esquema de uso dos conectores em uma unidade de mobiliário	197
Figura II.22	Testes de desenvolvimento do jogo - sistema de encaixes	199
Figura II.23	Testes de desenvolvimento do jogo - cartas usadas como dominós e peças qualificadoras	200
Figura II.24	Diagrama sistema Micro-Arquiteturas V.2	201
Figura II.25	Resultado final do primeiro módulo construído	203
Figura II.26	Algumas criança participantes da oficina no espaço da Biblioteca/Brinquedoteca	204
Figura II.27	Primeiro dia da oficina - Dinâmicas iniciais	204

Figura II.28	Primeiro dia de oficina - Jogo com as crianças da ocupação	206
Figura II.29	Primeiro dia de oficina - Produção das estruturas	207
Figura II.30	Primeiro dia da oficina - nova rodada do jogo	208
Figura II.31	Primeiro dia da oficina - Montagem dos módulos definidos e algumas estruturas construídas	209
Figura II.32	Segundo dia da oficina - Construção da estrutura com balanço feito de cordas	210
Figura II.33	Segundo dia da oficina - Construção da estrutura com altura de mesa	210
Figura II.34	Resultado final da oficina	211
Figura II.35	Estrutura maior e banco em uso na biblioteca e brinquedoteca - 2019.	212

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1	Estruturas, Operadores e Medida de performance típicas em diferentes campos	57
Tabela 1.2	Estruturas, Operadores e Medida de performance no campo do Design	67

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	25
INTRODUÇÃO	27
[1] INVESTIGAÇÃO TEÓRICA E CONCEITUAL	37
1. 1 Construtivismo - Distinção de Objetos como Unidades	39
1.1.1 A Construção Mútua do Ser e da Realidade	39
1.1.2 Construção via Distinção	40
1.1.3 Objetos no Universo Cibernético da Observação	42
1. 2 Design para Abertura - Cibernética, Módulos e Operações de Unidades	45
1.2.1 Design e Cibernética de Segunda-Ordem	45
1.2.2 Design de Módulos e Abertura	46
1.2.3 Design e Operações de Unidades	47
1. 3 Sistemas Complexos e Design Adaptativo	49
1.3.1 Hierarquia e a Arquitetura dos Sistemas Complexos	49
1.3.2 Sistemas Complexos Adaptativos	54
1.3.3 Regras de Design e o Poder da Modularidade	60
[2] INVESTIGAÇÃO POR ARTEFATOS - SISTEMAS E OBJETOS	73
2. 1 Blocos de Montar - Uma Historiografia de Artefatos	75
2.1.1 Primeiro, os Blocos de Alfabeto	75
2.1.2 O Papel dos Blocos de Montar no Ensino Infantil	77
2.1.3 A Comercialização dos Blocos de Montar	80

2.1.4	Algumas Considerações	91
2. 2	Spielgaben e o Pensamento Modular em Friedrich Froebel	95
2.2.1	Friedrich Froebel e o Kindergarten - Contextualização	95
2.2.2	Spielgaben - A Dádiva do Jogo	98
2.2.3	O Legado de Froebel	112
2.2.4	Construcionismo e os Manipulativos Digitais	112
2.2.5	Impacto no Campo da Arquitetura	115
2.2.6	Algumas Considerações	117
2. 3	Kits de Eletrônica	119
2.3.1	Lectron, Bloc-Tronic e LittleBits	119
2. 4	Linhas e Tramas - Módulos de Forma e Performance	123
CONSIDERAÇÕES		135
REFERÊNCIAS		139
APÊNDICE I		
I	Experiências Práticas Anteriores	153
I.1.	Cenografia À Distância (2013)	153
I.2	Cenografia Sem Horas (2014)	160
I.3	Módulos Eletrônicos (2014)	165
I.4	Aspectos Relevantes	167
APÊNDICE II		
II	Novos Ensaios e Experimentos	171
II.1.	Modulinos Eletrônicos + Open Clark (2017)	171
II.2	Micro-Arquiteturas e Outros Manifestos Espaciais v.2 (2017)	191

APÊNDICE III

III	Micro-Arquiteturas v.2 S01 - Estruturas de Cartas	215
-----	---	-----

APÊNDICE IV

IV	Linha do Tempo - Blocos de Montar	219
----	-----------------------------------	-----

APRESENTAÇÃO

Como uma aproximação inicial a esta pesquisa, gostaria de abordar brevemente alguns aspectos do contexto na qual ela está inserida. Farei isso por meio de uma exposição de certas experiências pessoais que demonstram quais foram os antecedentes que me conduziram até aqui e porque certos caminhos e escolhas foram tomados em detrimento de outras possibilidades. Considerando a inegável influência ou carga individual presente em qualquer pesquisa - transformando cada pesquisador em um instrumento de escolhas que determina qual a “diferença que faz diferença”¹ - acredito que esse pequeno histórico é importante por ser essencialmente (in)formativo ao enquadramento da pesquisa. Olhando retrospectivamente fui capaz de identificar alguns temas de interesse recorrentes tanto em minhas experiências acadêmicas como profissionais.

As tecnologias digitais emergentes e, mais especificamente, a relação delas com/no espaço urbano e arquitetônico foi um desses temas. Enquanto meu primeiro contato com o computador pessoal se deu quando ainda era muito nova (no fim dos anos 1980) a atenção para essa relação específica surgiu apenas durante o curso de Arquitetura e Urbanismo (entre 2003 e 2009). Foi nesse período que comecei a identificar, de forma empírica, mudanças comportamentais - e, conseqüentemente, espaciais - com a popularização da internet wireless, dos dispositivos móveis e das redes sociais. Por fim, o que começou como apenas uma inquietação pessoal acabou se tornando um tema de investigação e um aspecto central do meu trabalho de conclusão de curso.

Outro tema paralelo - também importante na minha trajetória, porém menos consciente que o anterior - foi a questão dos processos cognitivos de aprendizagem. Ainda no início do curso, em um ateliê de projeto, tivemos como exercício o desenvolvimento de uma proposta arquitetônica para um jardim-de-infância, que deveria tomar como ponto de partida uma pedagogia específica. Entre as abordagens sugeridas, escolhi visitar escolas com base na pedagogia de Jean Piaget e me aprofundar nessa linha. Esse primeiro contato com a concepção cognitiva e educacional construtivista, ainda que superficial, me despertou grande interesse e acabou influenciando significativamente minha percepção sobre a natureza do ensino e da aprendizagem.

Minha experiência com o mestrado resultou, inadvertidamente, em uma junção dessas duas questões. Depois de dois anos longe da universidade, ingressei no mestrado, planejando inicialmente estudar intervenções e instalações urbanas que utilizavam tecnologias interativas como uma prática arquitetônica não convencional. Porém, por força do acaso, nessa mesma época conheci um grupo ainda incipiente que estava interessado em montar um *hackerspace*² em Florianópolis e, em

1 Frase de Gregory Bateson “a difference which makes a difference”

2 *Hackerspaces* são espaços colaborativos de trabalho e aprendizado, usualmente voltados para a experimenta-

pouco tempo, acabei também me envolvendo nesse processo. Os desdobramentos disso mudaram o rumo da minha pesquisa, que envolveu participação de alguns membros desse grupo e de um novo espaço criado para sediar o novo hackerspace no prédio do departamento de Arquitetura da universidade (UFSC). Com isso foi possível ofertar duas edições de um ateliê de projeto para a graduação focado, com auxílio da computação física, no desenvolvimento de instalações interativas por estudantes de arquitetura e também de outros cursos - e esta se tornou a principal experiência conduzida no mestrado.

Mesmo sem incorporar diretamente referências e conceitos sobre cognição e pedagogia na dissertação, através do estudo do *ethos* hacker, dos *hackerspaces* e das experiências práticas com estudantes nesse contexto, a questão dos processos de criação e de aprendizagem através da exploração prática com a tecnologia foi um dos pontos mais importantes da pesquisa. Minha então coorientadora destacou a aproximação dessas experimentações práticas com a teoria construtivista, contudo este acabou não sendo um aspecto detalhado na dissertação. Após a conclusão do mestrado, dando sequência aos meus estudos, pude identificar claramente uma relação entre as considerações a respeito do que foi observado naquelas experiências e os princípios do construcionismo de Seymour Papert, um dos discípulos de Piaget.

Chegado o momento de considerar uma pesquisa de doutorado esses dois focos - a exploração projetual das tecnologias emergentes e a repercussão de uma abordagem educacional construtivista no âmbito do design e arquitetura - disputaram a minha atenção no processo de delinear o objeto de pesquisa. A princípio escolhi o primeiro, pensando em desenvolver um estudo sobre a relação das tecnologias emergentes e os projetos e teorias cibernéticas desenvolvidas nos 1960 e as possibilidades atuais das tecnologias ubíquas e da computação física. No entanto, depois de ter iniciado o curso e entrado em contato com o trabalho já realizado no grupo de pesquisa LAGEAR, percebi que deveria rever meu projeto e traçar um novo caminho para tornar a minha pesquisa uma contribuição mais pessoal.

Precisei passar por um processo de auto reflexão até identificar um objeto de estudo que possibilitou articular tais interesses recorrentes sem que estes fossem o núcleo do trabalho. Um dos primeiros passos, e talvez o mais importante, foi rever algumas experiências práticas e tentar encontrar pontos em comum entre elas. A partir dessa revisão (ver Apêndice I) pude determinar que a pesquisa de doutorado iria buscar compreender como o uso de módulos na prática de design é capaz de contribuir para a incorporação das incertezas - dos outros, do contexto, do futuro - nos processos de concepção e uso de espaços e de artefatos.

INTRODUÇÃO

The best examples of design I can think of are all, like the words of a language, modules of some kind: (...) This is a different scale of designing from that of ‘product’ or ‘complete system’, one that opens out unending possibilities for assembly-design, and use, that extend far beyond what designers of modules consider in any detail, or at all. (...)¹

— John Chris Jones (1992)

Pode-se dizer que, de alguma forma, a essência dessa pesquisa se encontra nesse enunciado. A citação do designer John Chris Jones - em um complemento escrito em 1980 para a segunda edição do seu livro *Design Methods* - sintetiza bem a motivação da tese e afirma uma noção específica a respeito de módulos e modularidade. Módulos, por mais fechados que sejam neles mesmos, se abrem para possibilidades potencialmente infinitas que vão muito além daquilo que podemos prever no momento de sua concepção. A modularidade é capaz também de permitir uma diluição da autoria, possibilitando simultaneamente a criação individual e coletiva tanto da unidade como do conjunto em um processo de desenvolvimento e uso. Partindo desse entendimento, módulos não constituem apenas parte de um sistema, mas sim blocos fundamentais para a transformação daqueles previamente estabelecidos e para a criação de outros até então não antecipados.

Mas o que definiria esses módulos? Certamente uma aceção que abarque essa abordagem é particular e difere dos entendimentos do termo modularidade e dos uso de módulos em diversos casos. Características que favorecem o inesperado não são garantidas por esse conceito - tampouco exclusivas a ele. Muitos sistemas e artefatos tidos como modulares já se provaram nada abertos a desdobramentos imprevistos e, pelo contrário, quando incorporados em determinados contextos contribuíram para a restrição e o engessamento de possibilidades para seu uso presente e futuro.

Então, a melhor pergunta para guiar essa pesquisa não deveria ser “se” os módulos de forma geral favorecem ou não a abertura, mas o que valeria de fato uma investigação aprofundada seria “quando” os módulos favorecem algum tipo de abertura. De qual modularidade estamos nos referindo aqui, quando e como ela pode existir?

¹ Tradução da autora: “Os melhores exemplos de design que eu consigo imaginar são todos, como as palavras de uma linguagem, módulos de algum tipo. (...) Essa é uma escala do projetar diferente daquela do ‘produto’ ou do ‘sistema completo’, uma que abre infinitas possibilidades para composição de projeto, e uso, que se estendem muito além do que os projetistas de módulos consideram em qualquer detalhe, ou de todo. (...)”

MÓDULOS E MODULARIDADE

A palavra módulo remete a uma noção tão comum e difundida que faz com que seu uso corriqueiro nos mais diversos âmbitos traga algumas confusões sobre o que o termo realmente referencia. Com significados internalizados vagos - às vezes variando para uma mesma pessoa em diferentes contextos e situações - uma única definição precisa e unânime se torna virtualmente impossível. Nesta pesquisa estou partindo de um entendimento construtivista do mundo e do conhecimento, de forma que tal precisão não é necessária ou mesmo desejada. Como uma palavra polissêmica, a redução em único significado gera o risco de perder aspectos contraditórios importantes. Porém, para que o termo tenha aqui alguma relevância e utilidade, precisamos estabelecer algumas distinções.

Do latim *modulus*, derivado diminutivo de *modus*, a origem da palavra traz o significado “medida pequena”. Pequeno é um termo essencialmente relativo, algo só pode ser pequeno se alguma outra coisa existir e for considerada diferente: grande, mediana ou, ao menos, “não pequena”. Assim a ideia de módulo está sempre relacionada a um contexto, algo maior que está fora ou que abarca - o que nos leva às ideias de partes e de sistema.

Outro aspecto importante é a associação da noção de módulo com a ideia de unidade. Com ela temos a imagem do elemento mínimo irreduzível, a menor parte de qualquer objeto maior, essencialmente composto: das operações com unidades discretas se constrói o mundo da complexidade.

Sistemas Holísticos e Sistemas Geradores

Muitos autores apontam a modularidade como um conceito sistêmico, o que impede que uma discussão a respeito de módulos seja desvinculada de considerações sobre a própria noção de sistema e de certos desdobramentos desse conceito.

Como uma primeira aproximação podemos entender um sistema como um modelo. Modelos são construções e, como um modelo, todo sistema precisa ser construído. Nas palavras do arquiteto Christopher Alexander no artigo de 1968 *System Generating Systems*, “a ideia de um sistema é sinônimo da ideia de um modelo abstrato de algum comportamento holístico específico”² (ALEXANDER, 2011, p. 60, tradução da autora). A ideia de comportamento holístico é importante porque um sistema é necessariamente mais do que a soma das suas partes, ou seja, mais do que uma mera coleção de elementos. (MEADOWS, 2008).

Porém, ainda que essencial essa não é a única forma de se pensar um sistema. No mesmo artigo já citado, Christopher Alexander (2011) identifica não apenas uma, mas duas noções centrais por trás do termo: por um lado, a ideia já mencionada de sistema como totalidade, por outro, a ideia de um

2 No original: “The idea of a system is synonymous with the idea of an abstract model of some specific holistic behavior.”

kit de partes e regras de combinação, isto é, um sistema gerador capaz de gerar sistemas holísticos. Ambas as definições são importantes nessa tese, auxiliando a formular diferentes compreensões a respeito de módulos e modularidade.

ABERTURA À INCERTEZA

A ciberneticista Allena Leonard (1990, p. 58, tradução da autora) define incerteza como “uma condição que é satisfeita sempre que deixamos os confins de sistemas fechados ou deterministas. Ocorre em um sentido geral sempre que a probabilidade é um fator.”³ Como a autora aponta, o primeiro lugar em que encontramos a incerteza é na nossa vida cotidiana - por mais que a probabilidade seja próxima a 100% não podemos saber ao certo se, por exemplo, uma lâmpada irá acender quando ligarmos o interruptor, já que: a sua resistência poderá estar queimada, a fiação pode apresentar algum problema, ou ainda o fornecimento de energia elétrica poderá ser interrompido. Este é um exemplo muito simples, mas que ilustra o caráter imprevisível do mundo em que vivemos.

Ponderando sobre o desdobramento dessa conclusão para a arquitetura o escritor Stewart Brand (1995, tradução da autora) no livro *How Buildings Learn* leva ideia ao extremo ao afirmar que “todos os edifícios são previsões” e “todas as previsões estão erradas.”⁴ Por mais sombria que essa afirmação possa parecer, ela é na verdade, uma provocação que nos faz considerar seriamente que projetos de artefatos, especialmente aqueles que tendem a persistir no tempo, não podem ser determinísticos - temos que buscar estratégias para incorporar tanto as possíveis mudanças de contexto no tempo como para promover uma abertura para que outros indivíduos adaptem e descubram novos cursos. Neste mesmo livro Brand (1995, tradução da autora) faz referência ao artista e músico britânico Brian Eno a respeito do papel da adaptação e inclusão do usuário no design: “um aspecto importante do design é o grau em que o objeto envolve você em sua própria conclusão.”⁵

DIRECIONAMENTO DA PESQUISA

Podemos olhar um mesmo tema por diferentes lentes, e nessa pesquisa escolhi percorrer esse caminho auxiliada por autores e ideias que já haviam cruzado o meu percurso acadêmico, ainda que, por seu vínculo a outros campos do conhecimento, possam parecer, à primeira vista, escolhas não usuais para uma tese em arquitetura. Porém o caráter arquitetônico dessa pesquisa não se dá pela bibliografia de teóricos do campo disciplinar, ou mesmo por uma análise na área da prática profissional tradicional. Aqui, dou um passo atrás e, desconsiderando essas restrições, procuro entender

3 No original: “Uncertainty is a condition which is met whenever we leave the confines of closed or deterministic systems. It occurs in a general sense whenever probability is a factor.”

4 No original: “All buildings are predictions. All predictions are wrong.”

5 No original: “An important aspect of design is the degree to which the object involves you in its own completion.”

a arquitetura como uma parte da atividade do design, na sua acepção mais ampla: referente às atividades projetuais prospectivas que, de algum modo, traçam planos para sair de um estado atual para outro mais desejável. Assim, já adianto que, além de referências teóricas essa tese foi também construída graças a realização de algumas experiências práticas - configurando assim, ao menos em parte, uma pesquisa “*by design*”⁶.

Partindo do foco geral na modularidade como uma possível configuração estrutural mais aberta e flexível, esta investigação acabou gravitando em torno de exemplos e contextos relacionados a processos de aprendizagem, mas sem perder de vista a visão expressa por John Chris Jones - e que inicia este trabalho - dos módulos como “melhor tipo de design” - isto é, estruturas de metaprojeto, artefatos que potencializam desdobramentos não antecipados, servindo de base e ferramenta ação projetual contínua, necessariamente indeterminada.

Sumarizando, essas são algumas questões que nortearam essa pesquisa:

- Quando um sistema modular contribui para a abertura e para a incorporação da incerteza?
- Quando e como esses sistemas emergem espontaneamente ou são criados intencionalmente?
- Quais são as características de unidades e sistemas modulares que permitem tal abertura?

PRINCÍPIOS DE UMA FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA INTERDISCIPLINAR

No que tange a construção do conhecimento, tanto como base epistemológica quanto como perspectiva pedagógica em relação a processo e estratégias de aprendizagem esta pesquisa apoia-se em duas linhas construtivistas, ambas estabelecidas por discípulos de Jean Piaget: o Construtivismo Radical de Ernst von Glasersfeld (associado também ao campo da Cibernética de Segunda-Ordem) e o Construcionismo de Seymour Papert. A premissa básica de Piaget - e assumida por essas duas correntes derivadas - é a de que o conhecimento é ativamente construído pelo aprendiz através de seu engajamento direto com o mundo, ou seja, não é algo a ser descoberto ou que possa ser transmitido (ACKERMANN, 2001). Para von Glasersfeld (1982, 1998) essa postura em relação a construção do conhecimento é interpretada radicalmente, refutando a ideia da existência de uma “verdade absoluta” ou da objetividade - o observador que constrói o conhecimento não pode ser separado daquilo que é observado - instaurando o conceito de “viabilidade”. Já o enfoque de Papert, mais preocupado com uma abordagem pedagógica, se dá nos meios materiais e nos contextos capazes de potencializar a criação de conhecimento (ACKERMANN, 2001). Para Papert

6 “Research by Design: A special research mode where the explorative, generative and innovative aspects of design are engaged and aligned in a systematic research inquiry.” (SEVALDSON, 2010, p.11) Em tradução livre: “um modo particular de pesquisa onde os aspectos exploratórios, generativos e inovadores do design estão engajados e alinhados em uma investigação sistemática.”

(PAPERT; HAREL, 1991) o engajamento físico direto e a construção de entidades compartilháveis são elementos centrais do processo de aprendizagem.

O trabalho com educação infantil de Friedrich Froebel - criador do conceito *kindergarten* - ainda no século XIX pode ser visto como um precedente dessas linhas teóricas. Sua série de kits educacionais compostos por unidades materiais manipuláveis conhecidos como *spielgaben* aliada ao registro de suas proposições pedagógicas se mostra como um estudo relevante (tanto pelo aspecto histórico, dos seus usos e desdobramentos, como prático, aplicando seus conjuntos em novos contextos). Trabalhos como os de Patty Hill Smith e Caroline Pratt são identificados como desdobramentos na educação infantil, assim como o desenvolvimento de blocos de montar comerciais como Pequeno Arquiteto, Lincoln Logs e Lego. Mitchel Resnick, um dos discípulos de Papert, (1993, 1998, 2007, 2013) (RESNICK *et al.*, 1998) em conjunto com sua equipe no MIT vem realizando trabalhos que seguem essa linha adicionando lógica eletrônica e de programação a novos kits modulares.

A Cibernética de Segunda-Ordem pode ser vista como um meta-campo, que permite pensar diversas áreas, desde a construção do conhecimento (que se alinha com a premissa do Construtivismo Radical), abordagens para educação, como uma perspectiva particular sobre design - tópicos repetidamente trabalhados pelo arquiteto e educador Ranulph Glanville (2007). Heinz von Foerster (1984), outro autor e consagrado ciberneticista, discute o aspecto ético de acordo com seu entendimento do campo, definindo um imperativo muito citado: “*I always act so as to increase the number of choices*”. O filósofo Vilém Flusser (2007), embora não diretamente vinculado ao campo da Cibernética, desenvolve um argumento similar ao discutir a influência do design e a responsabilidade inerente aos designers em seu texto “Design: Obstáculo para Remoção de Obstáculos?”. Dentro dos princípios fundamentais da Cibernética de Segunda-Ordem, Gordon Pask (1969) trabalha a possibilidade de projetar sistemas abertos a mudanças, apresentando o que ele reconhecia como sistemas subespecificados.

Um desdobramento posterior do pensamento sistêmico, o campo de estudo dos Sistemas Complexos Adaptativos, foi de fundamental importância para a pesquisa. Esse campo teve seu início com o trabalho do cientista da computação John Henry Holland e publicado pela primeira vez em meados da década de 1970. As proposições feitas por Holland ganharam grande impulso com a criação do centro de pesquisa independente *Santa Fe Institute* em 1984 nos Estados Unidos e que ainda trabalha sobre os desdobramentos de sua teoria. O livro seminal de Holland sobre o tema, *Adaptation in Natural and Artificial Systems*, apresenta pressupostos teóricos e uma formalização matemática que tratam das interações não-lineares presentes nos processos complexos de adaptação inspirados pelo modelo evolutivo biológico. O pensamento do Holland (1992) foi influenciado pela teoria desenvolvida por Herbert Simon (1962) a respeito da arquitetura dos sistemas complexos e acabou por influenciar uma tese sobre a evolução do design através da modularidade desenvolvida pelos professores de administração Carliss Y. Baldwin e Kim B. Clark (2000).

RELAÇÃO ENTRE EPISTEMOLOGIA E METODOLOGIA

Posições referentes à pesquisa científica não são neutras e sim formuladas a partir de convicções a respeito da natureza do conhecimento. Tradicionalmente tal pesquisa foi entendida como um processo metódico que busca alcançar um conhecimento objetivo do mundo - entendimento esse que ainda hoje apoia o senso comum. Uma pergunta específica que leva à criação de uma hipótese a ser comprovada e que, por sua vez, leva à realização de experimentos controlados que deverão comprovar ou refutar uma tese - ou seja, parte-se da crença de que uma suposição pode provar-se correta ou falsa, “real” ou não. Porém, essa visão já foi contestada como única forma de investigação há muito tempo na academia, e hoje temos inúmeras abordagens diferentes para pesquisa. Muitas vezes elas estão bastante relacionadas a campos específicos de conhecimento, ainda que, cada vez mais, os limites das áreas estejam sendo tensionados, gerando assim a combinações e hibridações de abordagens.

A pesquisa científica ou acadêmica no campo do design (que engloba diversas áreas criativas e relacionadas a atividades projetuais) é relativamente recente se comparada a outras áreas. Contudo, ainda que mais nova, atualmente sua caracterização é uma questão relevante e discutida seriamente em diferentes países e universidades, embora conceitos e definições a seu respeito não tenham sido amplamente acordados (SEVALDSON, 2010). Essa inexistência de um acordo, a meu ver, é um ponto positivo que revela a diversidade existente e potencializa a variedade.

Os pesquisadores em teoria e metodologia do design Luke Feast e Gavin Melles (2010) apresentam um panorama bastante interessante desse cenário, relacionando abordagens relativas à pesquisa em design [*design research*] com determinadas posições epistemológicas - ou seja, trata-se de um trabalho que está de acordo com a afirmação exposta anteriormente: abordagens não são neutras e partem de convicções a respeito da natureza do conhecimento que irão influenciar diretamente os objetivos e o caráter da pesquisa desenvolvida. Os autores selecionam, três categorias epistemológicas como uma primeira grande divisão de abordagens - seriam elas: a objetivista; a subjetivista e, por fim; a construtivista⁷. A partir desses posicionamentos mais fundamentais temos ramificações em diferentes perspectivas teóricas, que levam a metodologias e, por fim, métodos específicos de investigação - hierarquia sugerida pelo pesquisador Michael Crotty (1998).

Devo ressaltar que, embora reconheça nessa divisão um valor importante para o entendimento de diferentes visões em relação à pesquisa em design, penso que essas categorias funcionam apenas como um modelo guia, onde cada pesquisador e cada pesquisa específica acaba se situando em um ponto muito particular desse espectro. De fato, os próprios autores reconhecem essas individuali-

⁷ Na verdade os autores Feast e Melles (2010) usam o termo “*constructionism*”, mantendo o mesmo termo usado por Crotty (1988) em seu livro. Porém, como o próprio Crotty aponta em uma nota, os termos “*constructionism*” e “*constructivist*” são usados recorrentemente de forma intercambiável. A escolha por não usar o termo “construcionismo” aqui - muito associado à variação ligada às ciências sociais - deve-se ao fato deste ser o mesmo termo utilizado para referir-se a teoria de aprendizagem desenvolvida por Seymour Papert, mais relevante no contexto da pesquisa.

dades, apresentando esse enquadramento no intuito de identificar e aproximar similaridades e não de definir categorias herméticas e homogêneas. Assim, o que nos cabe é clarear e comunicar da melhor maneira possível as escolhas tomadas e o caminho percorrido, buscando o rigor através da coerência individual e da comunicação da pesquisa.

Em termos gerais, enquanto a abordagem epistemológica objetivista acredita na existência de uma verdade independente e absoluta do mundo real, a abordagem subjetivista (ou solipsista) se opõe radicalmente a isto, acreditando, por sua vez, que a única realidade que existe é a do “sujeito” e que a verdade está portanto submetida a ele. Já na noção básica da epistemologia construtivista, o conhecimento nunca é uma correspondência direta com a verdade “lá fora” ou a parte de uma realidade solitária definida pelo indivíduo, mas sim uma construção contínua da experiência humana que nos permite agir e nos relacionarmos uns com os outros.

Quando tratamos do campo do Design a noção de “construção” ganha ainda outra dimensão, pois não estamos apenas tratando construir modelos correspondentes ao mundo “existente”, estamos tratando especialmente de prospecções, da elaboração de modelos para possíveis cenários futuros - um plano abstrato de como as coisas poderiam “vir a ser”⁸.

ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO ESCRITO

Além da apresentação pessoal e desta introdução, esta tese está dividida em dois grandes capítulos que correspondem às principais perspectivas que guiaram o trabalho. A primeira linha apresentada - denominada aqui de investigação teórica e conceitual - foca nos fundamentos e considerações que foram levantados a partir de leituras e diálogos entre autores. A segunda - investigação por artefatos - olha para sistemas e objetos preexistentes, buscando na historiografia e iconografia encontrada exemplos e experiências onde a módulo e modularidade são um aspecto central. Por fim, uma terceira linha de investigação paralela, de experiências práticas e ensaios projetuais conduzidos de forma mais livre, é também apresentada fora do corpo principal da tese, através de dois apêndices: um, que apresenta os trabalhos práticos anteriores que serviram como base para uma auto-reflexão que ajudou a delinear os objetos da pesquisa; e outro, que aborda algumas experiências elaboradas e desenvolvidas durante o período do doutorado, já com o enfoque de pesquisa definido.

Dentro do primeiro capítulo, a seção 1.1 “Construtivismo - Distinção de Objetos como Unidades” aborda questões epistemológicas, expondo aspectos do Construtivismo Radical e da Cibernética de Segunda-Ordem, através de teorias de Ernst von Glasersfeld, George Spencer-Brown e Ranulph Glanville. Já a seção 1.2 “Design para Abertura - Cibernética, Módulos e Operações de Unidades” insere o posicionamento ético da abertura de escolhas defendido por Heinz von Foerster e corroborado por Vilém Flusser com a possibilidade da implicação desse pensamento cibernético na

8 Nas palavras de Herbert Simon (1996, p. 114): “The natural sciences are concerned with how things are. (...) Design, on the other hand, is concerned with how things ought to be (...)”

arquitetura com a visão de Gordon Pask. Nele também são abordadas, através de John Chris Jones, considerações sobre módulos para um design voltado à abertura e à diferença entre sistemas completos e os indeterminados, que podem emergir das inter-relações entre módulos ou, nos termos de Ian Bogost, das “operações de unidades”. Essas questões finais da seção 1.2 tocam em aspectos que serão aprofundados na sequência. A seção 1.3 “Sistemas Complexos e Design Adaptativo”, mais extenso que os anteriores, encerra essa primeira parte do trabalho. Nele são tratadas três proposições complementares: a teoria de Herbert Simon sobre Sistemas Hierárquicos Quase Decomponíveis; a proposta inicial de John Holland a respeito dos Sistemas Complexos Adaptativos e, por fim; a tese de Carliss Baldwin e Kim Clark sobre a evolução do design (particularmente na indústria da computação) graças à influência da modularidade.

O segundo capítulo do trabalho inicia com a seção 2.1 “Blocos de Montar - Uma Historiografia de Artefatos” onde, com a investigação de um elemento tão familiar quanto os lúdicos blocos de montar, é possível mapear o desenvolvimento de artefatos e visões a respeito dessa simples operação de composição com unidades. Ainda diretamente vinculado a esta orientação da pesquisa, a seção 2.2 - “*Spielgaben* e o Pensamento Modular em Friedrich Froebel” faz uma aproximação à contribuição pedagógica realizada pelo educador germânico ainda no século XIX, com um foco especial na sua série de conjuntos de materiais didáticos, em sua maioria manipulativos modulares. Ainda nessa seção são discutidas algumas implicações e repercussões do seu trabalho não apenas para a educação infantil como sua influência na formação e visão de mundo de artistas, arquitetos e designers da modernidade. O item 2.3 - “Kits de Eletrônica”, retoma brevemente um desdobramento comercial dos blocos de montar apresentando três conjuntos comerciais modulares com unidades capazes de criar e modificar circuitos eletrônicos: *Lectron*, desenvolvido na década de 1960; *Bloc-Tronic*, do final da década de 1970 e por fim; *littleBits* um conjunto lançado nos anos 2000 (que foi referência para uma das experiências práticas dessa pesquisa). Encerrando o segundo capítulo, a seção 2.4 - “Linhas e Tramas - Módulos de Forma e Performance” faz um leve desvio e propõe olhar para práticas de tecelagem artesanal - como o tricô e o crochê, considerando o aspecto da modularidade e, para isso, traçando paralelos com as linhas da escrita e da programação computacional.

Na parte pós-textual, o Apêndice I - “Experiências Práticas Anteriores” apresenta três trabalhos realizados entre 2013 e 2015 que se mostraram fundamentais na elaboração dessa pesquisa. Foram elas: a cenografia para a peça de teatro *À Distância*, a cenografia para a intervenção teatral urbana *Sem Horas* e um projeto independente de desenvolvimento de um kit de módulos eletrônicos educacionais. Após uma revisão geral do meu percurso, foi a análise e identificação de aspectos modulares nesses três projetos, aqui brevemente apresentada, que possibilitou a definição do tema geral e da hipótese do estudo. Por outro lado, o Apêndice II - “Novos Ensaios e Experimentos” relata duas experiências distintas, realizadas em 2017, já no âmbito do doutorado que, se por um lado apresentam uma continuação daquela linha de trabalho já iniciada, por outro foram pensadas como oportunidades para uma investigação “*by design*” e funcionando como instrumentos de reflexão e

mobilização de novos conceitos. A primeira experiência Modulinos Eletrônicos + Open Clark, articulou a retomada do projeto com módulos eletrônicos apresentados anteriormente com o contexto de ensino da disciplina Ateliê Integrado de Arquitetura do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFMG. Nessa experiência além do kit eletrônico um sistema modular tridimensional complementar também foi desenvolvido para aumentar as possibilidades espaciais da interação. A segunda experiência relatada foi o desenvolvimento e teste do sistema Micro-Arquitetura v.2 desenvolvido para a realização de uma oficina na Ocupação 9 de julho, parte da programação da 11a Bienal de Arquitetura de São Paulo. No final esse projeto se configurou como um sistema modular, onde três linhas de ação com diferentes abordagens trabalharam respectivamente com a exploração espacial por meio de dinâmicas, a sistematização de intenções através de um jogo de cartas e a construção de uma estrutura física utilizando um sistema de partes e conectores modulares.

[1]

INVESTIGAÇÃO TEÓRICA E CONCEITUAL

1. 1

CONSTRUTIVISMO - DISTINÇÃO DE OBJETOS COMO UNIDADES

1.1.1 A CONSTRUÇÃO MÚTUA DO SER E DA REALIDADE

“Tudo o que não invento é falso.” - Manoel de Barros (2018)

É importante retomar aqui a questão da construção do conhecimento e consequente postura frente a realidade - já levantada na introdução em relação à abordagem epistemológica e metodológica - porém agora como um ponto estruturador do embasamento teórico e conceitual desta pesquisa.

Ernst von Glasersfeld trabalha muito bem a postura construtivista através da sua elaboração da Epistemologia Genética de Jean Piaget. Para o autor, o ensinamento mais importante de Piaget - expresso no livro de 1936 *La naissance de l'intelligence chez l'enfant* (PIAGET, 1997) - pode ser resumido em uma de suas frases: “*The mind organizes the world by organizing itself.*”¹ Aqui, Piaget cria um modelo da criança como um agente cognitivo auto-organizador que constrói seu próprio conhecimento - ou seja, para ele, a auto-organização é o princípio do conhecer humano [*human knowing*] (VON GLASERSFELD, 1999).

O que von Glasersfeld identifica em Piaget é a ideia de que não existe uma separação a priori entre o “eu” e o “mundo real”, em outras palavras o interior e exterior, entre “o conhecedor” e aquilo que é “conhecido”. Essa divisão surge como uma construção mental que é derivada de uma ação inconsciente (VON GLASERSFELD, 1999). A criança constrói seu universo e, em um momento subsequente, passa a experienciá-lo como externo a ela mesma (VON GLASERSFELD, 1974).

1 Na publicação original em francês lê-se: “L’intelligence (...) organise le monde en s’organisant elle-même.” (PIAGET, 1997, p. 311) A tradução de von Glasersfeld do francês “L’intelligence” para “The mind” deve-se a melhor aproximação semântica em sua interpretação, sendo um termo que melhor designa um agente ativo. Penso que no português - sendo uma língua mais próxima ao francês - essa distinção não é clara, e a tradução poderia utilizar na frase tanto “inteligência” como “mente”. Por estar me referindo a interpretação de Glasersfeld, mantenho aqui a tradução por ele realizada.

O psiquiatra R. D. Laing (1982) incorpora esse mesmo princípio ao abordar a divisão não usual que ocorre em alguns indivíduos a quem ele denomina esquizóides. Para tais pessoas a construção do “self” é separada da percepção do próprio corpo, o qual parece ser exterior a si mesmo - que contrasta com a construção considerada normal do “self” como uma entidade corporificada relativamente estável, que ocupa um lugar no tempo e no mundo durante toda a sua vida. O psiquiatra enfatiza que esse é um tipo de realidade tão válida quanto a de indivíduos classificados como normais, pois todas as realidades são construções de natureza experiencial e nesse sentido devem ser tomadas como “verdadeiras”.

Para von Glasersfeld (1974), a teoria do conhecimento formulada por Piaget através da Epistemologia Genética oferece os fundamentos para uma reformulação da concepção realista na qual a ciência do século XIX e de boa parte do século XX se apoia. Tal base fornece a coerência lógica necessária para um outro modelo da experiência humana que o autor denominou Construtivismo Radical:

Chamamos essa escola de construtivismo “radical” porque ela sustenta que **a atividade perceptiva (e conceitual) do conhecedor** não é meramente a de selecionar ou transformar estruturas cognitivas por meio de alguma forma de interação com estruturas “existentes”, mas sim **uma atividade constitutiva que, por si só, é responsável por todo tipo de estrutura que um organismo passa a “conhecer”**.²

(VON GLASERSFELD, 1974, p.5 - grifo e tradução da autora)

Na interpretação do Construtivismo Radical a unidade básica cognitiva é, ela mesma, um construto. Assim, enquanto o realismo se apoia na ideia de que o conhecimento é uma elaboração humana que reflete estruturas externas independentes - uma réplica de correspondência direta - o modelo construtivista afirma que todas as estruturas cognitivas, das mais simples às mais complexas, são resultado da coordenação desses construtos elementares, que não pretendem refletir uma realidade ontológica independente (VON GLASERSFELD, 1974), mas sim estabelecer uma experiência viável para o organismo (VON GLASERSFELD, 1992).

1.1.2 CONSTRUÇÃO VIA DISTINÇÃO

“Construction - Draw a distinction.”³ - George Spencer- Brown (1972)

Com o clássico livro *Laws of Form*, publicado pela primeira vez em 1969, o polímata inglês George Spencer-Brown inaugura uma abordagem formal matemática do construtivismo que viria a fun-

2 No original: “We call this school of constructivism “radical” because it holds that the knower’s perceptual (and conceptual) activity is not merely one of selecting or transforming cognitive structures by means of some form of interaction with “existing” structures, but rather a constitutive activity which, alone, is responsible for every type or kind of structure an organism comes to “know””

3 Tradução da autora: “Construção - Desenhe uma distinção.”

damentar um série de trabalhos posteriores, especialmente no campo da Cibernética (que entrava nesse mesmo momento em um processo de revisão autorreflexiva posteriormente denominada “Cibernética de Segunda-Ordem”).

No parágrafo inicial do prelúdio *A note on the mathematical approach* presente na edição de 1972 do livro, Spencer-Brown, além de deixar claro uma afiliação com as ideias construtivistas já apresentadas, oferece um resumo de seu raciocínio lógico e suas implicações filosóficas:

O tema deste livro é que **um universo passa a existir quando um espaço é partido ou separado. A pele de um organismo vivo corta uma parte externa de outra interna. O mesmo acontece com a circunferência de um círculo em um plano. Ao traçar a maneira como representamos tal separação, podemos começar a reconstruir**, com precisão e segurança quase inquietantes, **as formas básicas** subjacentes às ciências linguísticas, matemáticas, físicas e biológicas; **e podemos começar a ver como as leis familiares de nossa própria experiência decorre inexoravelmente do ato original de separação.** O ato em si já é lembrado, mesmo que inconscientemente, como nossa primeira tentativa de **distinguir diferentes coisas em um mundo onde, em primeiro lugar, limites podem ser traçados em qualquer lugar que desejemos.** Nesse estágio, o universo não pode ser distinguido de como agimos sobre ele, e o mundo pode parecer como areia movediça sob nossos pés.⁴

(SPENCER-BROWN, 1972, p.v - grifo e tradução da autora)

Em outras palavras, o princípio da tese de Spencer-Brown é que nenhuma indicação pode existir sem o ato da distinção - e distinção, para o autor, é um processo de sistematização formal matemática. Independente de qual seja o significado da forma, qualquer forma é uma indicação e, portanto, cria consigo a distinção (KAUFFMAN, 2015). Com o traço de uma linha em uma folha em branco desenha-se um círculo e, com ele, é construído o par dentro-fora e, não menos importante, o limite de ambos. O traço que marca tudo aquilo que é também marca, simultaneamente, aquilo que não é - e tal par é inexistente sem a criação dessa linha de separação.

Toda demarcação, ou distinção, corresponde a um valor, pois sem valor não há motivos para traçá-la. Não existe separação sem valorização. “Dentro” é diferente de “não-dentro”. Pelo princípio da distinção, exposto por Spencer-Brown (1972), o estado daquilo que está no interior de uma demarcação não pode ser igual ao que está fora da mesma (e vice-versa).

Por essa linha de raciocínio, toda construção do conhecimento humano é, antes de tudo, um ato de distinção.

4 No original: “The theme of this book is that a universe comes into being when a space is severed or taken apart. The skin of a living organism cuts off an outside from an inside. So does the circumference of a circle in a plane. By tracing the way we represent such a severance, we can begin to reconstruct, with an accuracy and coverage that appear almost uncanny, the basic forms underlying linguistic, mathematical, physical, and biological science, and can begin to see how the familiar laws of our own experience follow inexorably from the original act of severance. The act is itself already remembered, even if unconsciously, as our first attempt to distinguish different things in a world where, in the first place, the boundaries can be drawn anywhere we please. At this stage the universe cannot be distinguished from how we act upon it, and the world may seem like shifting sand beneath our feet.”

1.1.3 OBJETOS NO UNIVERSO CIBERNÉTICO DA OBSERVAÇÃO

“We construct our realities. We do so by drawing distinctions. We are not alone.”⁵ - Ranulph Glanville (1990)

O ciberneticista Ranulph Glanville parte da base acima mencionada para formalizar a chamada Teoria dos Objetos, desenvolvida durante seu primeiro PhD sob a supervisão do também ciberneticista Gordon Pask e concluído em 1975. Trata-se de um trabalho denso e abstrato - de estruturação lógica e viés filosófico - mas que fornece um referencial essencial para pesquisadores alinhados com a epistemologia construtivista radical e com o campo da Cibernética de Segunda-Ordem. Como aponta o seu colega Karl H. Müller (2015), o objetivo de Glanville sempre foi desenvolver sustentação teórica necessária para que outros trabalhos pudessem emergir no plano principal.

Sua preocupação inicial de pesquisa era formular conceitos que pudessem explicar como “enquanto todos observamos e conhecemos de formas diferentes, nos comportamos como se estivéssemos observando a mesma ‘coisa’ ” (Glanville, 2012, p. 192, tradução da autora)⁶. A resposta encontrada por Glanville (1975) foi a formalização de um sistema “universal” de propriedades e relacionamentos entre entidades, onde percepções e expressões individuais diferentes entre si - e mesmo contraditórias - podem coexistir sem prejudicar a integridade do modelo.

No sistema proposto por Glanville completude e coerência não estão conjugadas, já que as ordenações individuais estabelecidas por cada observador é comunicável e é esta comunicação que viabiliza a construção social compartilhada:

Em sua estrutura não hierárquica, o sistema pode ser visto como uma teoria de um Universo anárquico, no qual a ordem é o domínio pessoal de cada observador, mas no qual cada observador pode comunicar suas próprias percepções de suas próprias hierarquias a outros, assim permitindo a organização de ordens sociais e de consenso.⁷

(GLANVILLE, 1975, p. 2, tradução da autora)

Para o autor, esta é a única solução que permite que os princípios do Construtivismo Radical e da Cibernética de Segunda-Ordem não transformem seus modelos em um tipo de solipsismo, onde

5 Tradução da autora: “Nós construímos nossas realidades. Nós fazemos isto desenhando distinções. Nós não estamos sozinhos.”

6 No original: “while we all observe and know differently, we behave as if we were observing the same ‘thing’”. Em outras palavras, a inquietação que identifico por trás desse problema é: se cada observador constrói sua própria realidade e a si mesmo no ato de distinção como pode existir uma estabilidade necessária para uma estrutura social e histórica? Como podemos nos referir a qualquer noção “comum” - exemplo, sua noção de uma “garrafa”, da cor “azul”, das ideias de “casa”, “rua”, “vizinhança” e, até mesmo do, próprio “eu” - se cada indivíduo cria seus próprios entendimentos?

7 No original: “In its non-hierarchical structure, the system may be seen as being a theory of an anarchic Universe, in which ordering is the personal domain of each observer, but in which each observer can communicate his own perceptions of his own hierarchies to others, thus allowing the arrangement of social and consensus orderings.”

só existe o “eu” e sua própria existência. Mesmo que todo sistema observado seja construído individualmente pelo observador (o fundamento de ambos os pensamentos), com a formulação de uma teoria onde a contradição é viável torna-se possível fazer referência a entidades que existam de forma suficientemente estável, possibilitando o diálogo e a construção coletiva de uma realidade minimamente consensual.

Tal sistema é caracterizado por ele como um **Universo da Observação**, que contém apenas “Objetos” observáveis. O critério essencial para que “eu” faça parte deste universo é a auto observação. “Eu observando Eu”⁸ é, portanto, o requisito mínimo da existência do Universo, e, ao mesmo tempo, a definição do termo “Objeto” [*Object*]. Todas as entidades realizam esse processo circular, assim todas são igualmente Objetos.

“Objeto” no sistema lógico proposto por Glanville, não é apenas algo físico ou concreto como usualmente pensamos, mas sim tudo aquilo o que ele sugere denominar como **objeto da atenção**. Em inglês a palavra objeto se confunde bastante com a palavra que designa sujeito [*object / subject*], o que acaba misturando noções de passividade e agenciamento. Segundo o autor, essa duplicidade foi um dos motivos da escolha do termo.

O universo que Glanville apresenta não está vinculado a nenhuma afirmação da natureza da realidade para além da nossa capacidade perceptiva. Ele é um universo epistemológico, que existe através da nossa habilidade cognitiva e social. Nele, tudo que é capaz de observar é também observável e todas entidades são, antes de mais nada, sujeitos e objetos de sua recursiva auto observação. Por isso, ele é definido como um universo da **observação** - a premissa e condição primordial do sistema, que não pode ser testada mas precisa ser assumida.

Bernard Scott coloca a resposta de Glanville ao dilema da construção individual de entidades compartilhadas nas seguintes palavras:

Ele havia reconhecido que qualquer entidade, para ter a estabilidade que se constitui como entidade, precisa se lembrar de si mesma, para se reconstruir como ela mesma. A memória é o processo que tem ela mesma como um produto. Com um só toque, Glanville coloca a circularidade e a auto-referência no coração de uma álgebra cibernética abstrata. Expressa em terminologia posterior, Glanville desenvolve uma cibernética de segunda ordem e, ao mesmo tempo, estabelece que todas as formas de primeira ordem (sistemas observados) carregam intrinsecamente com elas considerações de segunda ordem (todos os sistemas observados são sistemas em observação; todos os sistemas são, mutuamente, auto-observáveis).⁹

(SCOTT, 2012, p. 67, tradução da autora)

8 No inglês “I observing I”

9 No original: “He had recognised that any entity, to have the stability that constitutes as an entity, has to remember itself, to reconstruct itself as itself. Memory is the process that has itself as a product. With one stroke Glanville places circularity and self-reference at the very heart of an abstract cybernetic algebra. Expressed in later terminology, Glanville develops a second order cybernetics and at the same time establishes that all first order forms

Como Scott aponta, a circularidade e a autoreferência são parâmetros essenciais para qualquer Objeto ter a estabilidade necessária para ser um Objeto - ele precisa recursivamente se auto reconstruir infinitamente. Para isso é necessário que ele **lembre** de si mesmo: “a **memória** é o processo que tem ela mesma como produto”. Essa afirmação ressoa com a interpretação de von Glasersfeld a respeito da epistemologia genética de Piaget: o ser humano como um agente cognitivo auto-organizador.

Porém, o grande diferencial da Teoria dos Objetos é que esse processo não pode se limitar a seres humanos. Para que o universo da observação possa existir essa consideração precisa ser estendida a todas entidades. O que é assumido para um precisa necessariamente ser possível para outro - algo que Glanville definiu como o **princípio da reciprocidade mútua**.

Precisamos lembrar o que o termo “Objeto” formaliza nesse sistema. Um Objeto é todo e qualquer “objeto de atenção”. Tudo aquilo que um observador é capaz de observar e que, reciprocamente, também é capaz de ser observado.

Uma das definições que diferencia a Cibernética de Primeira-Ordem da Cibernética de Segunda-Ordem é que a primeira se ocupa dos “sistemas observados” e a segunda dos “sistemas em observação”. Glanville cria uma estrutura conceitual que, vendo qualquer sistema observado como Objeto (objeto da atenção), introduz a observação na sua própria constituição. Com os Objetos, toda consideração cibernética de primeira-ordem contém em si uma formulação de segunda-ordem.

(observed systems) intrinsically carry with them second order considerations (all observed systems are observing systems; all systems are, mutually, self-observing).”

1. 2

DESIGN PARA ABERTURA - CIBERNÉTICA, MÓDULOS E OPERAÇÕES DE UNIDADES

1.2.1 DESIGN E CIBERNÉTICA DE SEGUNDA-ORDEM

Uma maneira pela qual podemos viabilizar a intencionalidade de abertura, eticamente necessária em nossas atividades projetuais, é abordada pelo ciberneticista Gordon Pask (1969) em seu reconhecido texto *The Architectural Relevance of Cybernetics* quando apresenta considerações para o que chama de ‘um paradigma de design cibernético’. Nessa elaboração, Pask traz à tona a noção chave de ‘subespecificação’ que, embora não esteja explicitada como conceito em si, trata da incompletude intencional na prescrição dos objetivos de um sistema. A subespecificação pode, portanto, ser entendida como uma abertura à incerteza inerente ao diálogo entre entidades. Como os resultados dessas interações dialógicas não podem ser previstos, o sistema subespecificado assume que o mundo ultrapassa tentativas determinísticas de controle, incorporando e valorizando a abertura e a complexidade.

É interessante notar que, ainda nesse texto, podemos identificar o início de uma compreensão que se desenvolveu em uma das maiores contribuições de Pask para o campo da Cibernética, conhecida como Teoria da Conversação (GLANVILLE, 2007). Essa teoria, que aborda a aprendizagem como um processo de construção cognitiva mediante o diálogo entre atores (humanos ou não), se tornou um dos paradigmas essenciais da chamada Cibernética de Segunda-Ordem - termo que caracteriza um novo enfoque na Cibernética, quando essa passa a aplicar seus princípios à si mesma, ou seja, estabelecendo uma ‘Cibernética da Cibernética’.

Ranulph Glanville (2007) aponta que Pask foi pioneiro ao ressaltar a importante conjunção entre Cibernética e design e, como partidário desse mesmo entendimento, vai mais além ao considerá-los dois lados de uma mesma moeda. Em seus termos: “Design é a ação, Cibernética de Segunda-Ordem a explicação” (GLANVILLE, 2009b, p. 80, tradução da autora). Esse paralelo é justificado pelo papel central que a circularidade desempenha em ambos - design como performance e Ciber-

nética como princípio explanatório. Para Glanville, a Cibernética sempre implicou na circularidade, rompendo a ideia linear de causa e efeito e a substituindo pela noção de *feedbacks* e ajustes. Entretanto, com a Cibernética de Segunda-Ordem essa circularidade passou a ser tomada mais a sério, inserindo necessariamente o observador como parte ativa de todo sistema. Assim, como o ato de projetar é sempre um processo conversacional - alimentado por processos circulares de tentativa e erro, diálogos internos e externos - podemos entendê-lo como um ato essencialmente cibernético.

Cabe lembrar que o processo de reavaliação que a Cibernética estabeleceu sobre si mesma pode ser acompanhado também, paralelamente, dentro do campo do design (GLANVILLE, 2007). Quando uma preocupação com a cientificidade do design emergiu notadamente através do movimento *Design Methods* ainda nos anos 1960, houve a tentativa de tornar a atividade menos arbitrária e dependente das intenções de cada projetista e mais rigorosamente científica e prescritiva, como um campo próprio acadêmico - muito apoiado pela análise sistêmica da Cibernética de Primeira-Ordem. Porém, após cerca de uma década de discussões, muitos dos seus primeiros e principais defensores passaram a se voltar contra esse princípio inicial, percebendo que não existe possibilidade de remover a subjetividade do processo de design e enquadrá-lo em parâmetros puramente objetivos (GLANVILLE, 2015).

Essa mudança de percepção é apontada por Glanville (2007), em relação a John Chris Jones, figura-chave e posteriormente grande crítico dessa abordagem do movimento. No decorrer da década de 1970, Jones passa a demonstrar maior preocupação com a abertura dos processos para a inclusão do acaso e a reconhecer o valor do processo mental como uma caixa-preta, em um entendimento cibernético. Além disso, é fortalecida a compreensão do design como parte integrante da vida, da simultaneidade entre projeto e uso e da necessidade de se abrir cada vez mais esses processos para a decisão daqueles que são ao mesmo tempo usuários e designers (JONES, 1991; 1992).

1.2.2 DESIGN DE MÓDULOS E ABERTURA

Apesar de suas críticas e do reconhecimento das limitações de modelos estritamente racionais de design e da necessidade de uma desprofissionalização da disciplina, John Chris Jones (1991; 1992) se manteve como defensor do que ele reconhece como sendo o “melhor e mais difícil tipo de design”: o projeto de módulos. Para Jones, módulos como tijolos, cartas de baralho, números, alfabetos, entre outras unidades do tipo, compõem uma escala de design diferente daquela do produto ou dos sistemas finalizados. Tais módulos abrem possibilidades indeterminadas de composição e de uso que vão muito além do que os designers poderiam considerar em suas concepções iniciais.

É importante ressaltar, entretanto, que tal entendimento difere fundamentalmente do senso comum, que aproxima a noção de modularidade à de padronização e de standardização modernas como estratégias para o consumo e customização em massa e conseqüente restrição da variedade.

Portanto, os sistemas construídos a partir da noção mais aberta de módulos, podem ser entendidos, na verdade, como meta-designs que potencializam a ação de outros indivíduos como designers.

Jones (1991) aponta, fazendo referência a ensinamentos do designer Bernard Keay, que uma maneira de resolver o conflito entre standardização e flexibilidade é aumentar a standardização nas junções e minimizá-la nos componentes. Aqui identificamos que isso pode se dar tanto de forma concreta - a exemplo de conectores e encaixes - como de forma abstrata - tais como as regras de um jogo. Para Jones o princípio subjacente dessa afirmação está na separação da lógica dos módulos da lógica do seu uso. Ou seja, abrindo a possibilidade de criar sistemas desde a pequena escala das unidades até uma escala maior indeterminada - do uso, da vida.

1.2.3 DESIGN E OPERAÇÕES DE UNIDADES

Mais recentemente, o estudioso de mídias e *game designer* Ian Bogost (2006) retomou a discussão sobre a diferença entre sistemas completos e sistemas indeterminados a partir da definição da noção de “Operações de Unidades” [*Unit Operations*]. Para Bogost, as Operações de Unidades representam uma oposição à tradicional visão sistêmica totalizadora, abrindo-se para a complexidade e para a não-previsibilidade. Contudo, essa visão não trata de uma completa negação dos sistemas, mas antes, de uma mudança de foco da observação holística para a compreensão da natureza das relações estabelecidas pelas unidades - entendidas aqui como módulos - que os compõem.

O conceito definido por Bogost é sumarizado como “modos de construção de significado que privilegiam ações discretas e desconectadas sobre sistemas determinísticos e progressivos.” (BOGOST, 2006, p.3, tradução da autora)¹. Operações de Unidades é um amalgamado de diversos campos, incluindo a Cibernética, as ciências da computação, a física, a biologia e passível de aplicação no universo dos estudos literários, do cinema e dos jogos eletrônicos, como é empregado pelo autor em sua pesquisa.

Encontramos na Cibernética uma das influências para o pensamento de Bogost. Se, como dito anteriormente, Pask já apontava semelhanças entre arquitetura e Cibernética, por ambos os campos se ocuparem essencialmente do design de sistemas complexos, o próprio conceito de Sistemas Gerativos do qual deriva a teoria do *Cellular Automata*, descrita e analisada em detalhes pelos matemáticos John von Neumann (1966) e Stephen Wolfram (1994), já se estabelece como uma maneira de modelar sistemas não-prognosticáveis, como o da própria vida. O *Cellular Automata* é inclusive tratado por Bogost como um caso específico dentro das Operações de Unidades, pois através de uma matriz ocupada por módulos sujeitos a um conjunto extremamente simples de regras é possível construir uma estrutura totalmente aberta e expansível.

1 No original: “Unit operations are modes of meaning-making that privilege discrete, disconnected actions over deterministic, progressive systems.”

1. 3

SISTEMAS COMPLEXOS E DESIGN ADAPTATIVO

Estudos sobre complexidade se situam dentro de uma ampla linha de pensamento sistêmico que começou a ganhar uma formalização científica na década de 1940, com o surgimento tanto da Cibernética como da Teoria Geral de Sistemas, e que atualmente está ramificada em vertentes das mais diversas abordagens (RAMAGE; SHIPP, 2009)¹. Desafiando limites disciplinares, a motivação inicial dessas linhas de estudo estava na identificação e análise de propriedades comuns não triviais dos mais diversos sistemas que poderiam ser abstraídas e formalizadas em teorias e modelos de aplicação geral. Nesta seção focarei em alguns dos autores e conceitos dentro desse entendimento amplo que considerarei mais relevantes no embasamento da pesquisa.

1.3.1 HIERARQUIA E A ARQUITETURA DOS SISTEMAS COMPLEXOS

Importante pesquisador inserido nesse pensamento, o estadunidense Herbert Alexander Simon [1926-2001], fez contribuições teóricas que impactaram campos como de ciências sociais e políticas, administração e organização, economia (área em que foi ganhador do prêmio nobel em 1978) além de ser considerado por muitos o “pai da inteligência artificial”. Em seu artigo de 1962 *The Architecture of Complexity*² Simon defende a tese da hierarquia como um dos esquemas estruturais centrais na arquitetura dos sistemas complexos.

Partindo da consideração de que, em termos gerais, **sistemas complexos** são aqueles formados por um grande número de partes que interagem de forma não meramente linear ou somatória, Simon (1962) propõe uma sub-caracterização específica, baseada na **noção de hierarquia**. Ainda

1 O livro *System Thinkers* (RAMAGE; SHIPP, 2009) é um esforço de organização e apresentação diferentes vertentes desse “pensamento sistêmico”, sugerindo sete agrupamentos em sua estrutura: *early cybernetics* [cibernética inicial]; *general systems theory* [teoria geral de sistemas]; *system dynamics*; *soft & critical systems*; *later cybernetics* [cibernética posterior]; *complexity theory* [teoria da complexidade] e *learning systems*.

2 Esse texto foi posteriormente incorporado como um capítulo em seu livro *The Science of the Artificial*, originalmente publicado em 1968.

que etimologicamente este termo esteja vinculado à ideia de subordinação à autoridade, o sentido aplicado por Simon é menos restritivo ao tratar de sistemas compostos por sucessões de subsistemas que se inter-relacionam de formas mais complexas do que a origem do termo sugere.

O autor define sistemas hierárquicos como sistemas complexos compostos por subsistemas que estruturam suas inter-relações em uma sequência de níveis aninhados - ou seja, onde os maiores contém os menores, que contém outros ainda menores, e assim sucessivamente até chegar a algo que é determinado como uma unidade elementar. Para Simon, a complexidade frequentemente assume formas hierárquicas porque sistemas complexos evoluem de sistemas simples muito mais rapidamente através de formas intermediárias estáveis. Sendo uma estrutura mais eficiente não é surpreendente que se observe na natureza uma predominância desse tipo de sistema.

Para apresentar o princípio básico de sua tese, Simon (1962, p. 470, tradução da autora) elabora a parábola de dois relojoeiros, Tempus e Hora:

Houve uma vez dois relojoeiros, chamados Hora e Tempus, que fabricavam relógios muito finos. Os dois eram altamente respeitados e os telefones de suas oficinas tocavam com frequência - novos clientes estavam constantemente ligando para eles. No entanto, Hora prosperou, enquanto Tempus se tornou cada vez mais pobre até que um dia perdeu sua loja. Qual foi a razão para isso acontecer?

Os relógios que os homens fizeram consistiam em cerca de 1.000 peças cada. Tempus construía os seus de tal forma que, se um deles estivesse parcialmente montado e fosse necessário colocá-lo de lado por um instante - para atender o telefone, por exemplo - ele imediatamente se desfazia em pedaços e precisava ser remontado dos elementos iniciais. Quanto mais os clientes gostavam de seus relógios, mais eles telefonavam e mais difícil se tornava para ele encontrar tempo ininterrupto suficiente para terminar um relógio.

Os relógios que Hora fazia não eram menos complexos que os de Tempus. Mas ele os projetou para montar subconjuntos com cerca de dez elementos cada. Dez desses subconjuntos, novamente, poderiam ser reunidos em um subconjunto maior; e um sistema de dez dos últimos subconjuntos constituía todo o relógio. Assim, quando Hora teve que apoiar um relógio parcialmente montado para atender ao telefone, ele perdeu apenas uma pequena parte de seu trabalho e reuniu seus relógios em apenas uma fração das horas de trabalho que Tempus levou no seu.³

3 No original: "There once were two watchmakers, named Hora and Tempus, who manufactured very fine watches. Both of them were highly regarded, and the phones in their workshops rang frequently — new customers were constantly calling them. However, Hora prospered, while Tempus became poorer and poorer and finally lost his shop. What was the reason?"

The watches the men made consisted of about 1,000 parts each. Tempus had so constructed his that if he had one partly assembled and had to put it down — to answer the phone say— it immediately fell to pieces and had to be reassembled from the elements. The better the customers liked his watches, the more they phoned him, the more difficult it became for him to find enough uninterrupted time to finish a watch.

The watches that Hora made were no less complex than those of Tempus. But he had designed them so that he could put together subassemblies of about ten elements each. Ten of these subassemblies, again, could be put together into a larger subassembly; and a system of ten of the latter subassemblies constituted the whole watch. Hence, when Hora had to put down a partly assembled watch in order to answer the phone, he lost only a small part of his work, and he assembled his watches in only a fraction of the man-hours it took Tempus."

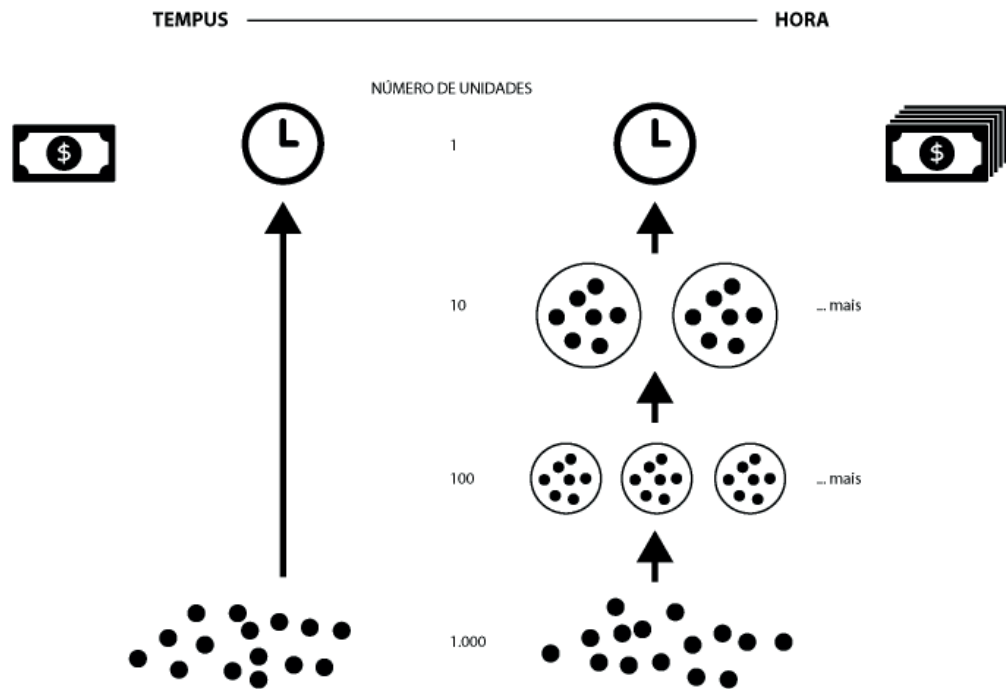


Figura 1.1 Esquema ilustrativo da parábola Tempus e Hora de Herbert Simon
Imagem: Adaptação da autora com base na ilustração de (Wu, 2013, p. 288)

Resumidamente, a história nos conta que um dos relojoeiros - Tempus - tem dificuldades de completar a montagem de um relógio porque a cada interrupção os vários componentes que ele está conjugando desmoronam e voltam para o estágio inicial. Enquanto isso, o outro relojoeiro - Hora - é muito mais bem sucedido nessa tarefa ao trabalhar em uma série de estágios, agrupando as pequenas partes do relógio em blocos que, por sua vez, poderão ser manuseados e conjugados em novos blocos, sucessivamente, até o final do trabalho. O sucesso do segundo relojoeiro em relação ao primeiro pode ser verificado matematicamente: os cálculos de Simon demonstram que, nesse cenário, Tempus demora cerca de 4000 vezes a mais do que Hora para terminar apenas um relógio⁴. Ou seja, método de trabalho desenvolvido por Hora - construindo sucessivamente uma série de subconjuntos intermediários estáveis - provou ser extremamente vantajoso.

Como Simon expõe no artigo, podemos inferir que foi um cenário análogo que viabilizou o nosso processo de evolução biológica. Sem a formação de estruturas mais simples (ex. aminoácidos, macromoléculas, células) que eventualmente se tornaram blocos estáveis para a formação de estruturas cada vez mais complexas não teríamos alcançado formas de vida tão elaboradas em um

⁴ Em uma linguagem mais formal: os dois relojoeiros precisam construir relógios que possuem $n=1000$ partes iniciais. Infelizmente eles tendem a ter seus processos de montagem interrompidos em uma probabilidade $p=0.01$. Para Tempus, a probabilidade de finalizar um relógio usando todas as peças em ordem linear é igual a $p_F=(1-p)^n$. Já para Hora, que divide o trabalho em etapas utilizando subunidades formadas de $k=10$ partes continuamente, a probabilidade de terminar é de $p_F=(1-p)^k$ ou seja, no pior caso, ele perderá apenas o trabalho de uma montagem contendo 10 componentes.

período tão “curto” de tempo. Porém, considerando a clara simplificação do modelo apresentado na parábola em relação ao processo evolutivo, Simon antecipa e responde algumas possíveis objeções a essa analogia.

No artigo, ele nega firmemente que sua teoria assuma a existência de um mecanismo teleológico - formas complexas podem surgir de formas simples, porém puramente de um processo aleatório. O direcionamento apresentado é dado pela estabilidade das formas complexas após a existência delas, mas o que temos é apenas uma questão de viabilidade⁵.

Tratando de outro ponto, Simon confirma que nem todos os sistemas complexos possuem o que entendemos como hierarquia - por exemplo, um polímero como o nylon consistem em uma cadeia linear de componentes idênticos. Porém, ainda que o foco da sua teoria esteja em estruturas hierárquicas com um certa quantidade de níveis (ou moderado *span* de interação, como ele coloca), mesmo uma estrutura como esta pode ser considerada uma hierarquia “plana” (de apenas um nível ou um *span*) - no caso, uma cadeia de qualquer dimensão representa uma estágio de relativo equilíbrio.

1.3.1.1 Quase Decomponibilidade

A tese de Simon parte do princípio de que, em sistemas hierárquicos é possível distinguir entre as inter-relações internas dos subsistemas e as relações externas entre subsistemas. Em seus estudos o autor observou que as quantidades e intensidades dessas interações variavam dependendo do nível hierárquico dentro do sistema. Mais precisamente, ele identificou que o grau de magnitude das interações entre os elementos de qualquer subsistema chegava a ser duas vezes maior do que das interações entre os subsistemas (SIMON, 2009). A essa propriedade, Simon (1962) deu o nome de *near decomposability*, que se traduziu para o português como “quase decomponibilidade”. Assim, um **sistema hierárquico quase decomponível** é aquele em que as interações entre os subsistemas são fracas, porém não desprezíveis.

Simon (1962, p. 474, tradução da autora) resume suas descobertas teóricas em relação a esses tipos de sistemas hierárquicos na proposição de dois pontos:

- a) em um sistema quase decomponível o comportamento a curto prazo de cada um dos subsistemas componentes é aproximadamente independente do comportamento a curto prazo dos outros componentes;
- b) a longo prazo, o comportamento de qualquer um dos componentes depende apenas de uma maneira agregada do comportamento dos outros componentes.⁶

5 Preferi utilizar aqui o termo viabilidade de von Glasersfeld no lugar do que Simon utiliza no texto - “sobrevivência do mais apto” - já que este ainda pode levar a uma interpretação causal.

6 No original: “(a) in a nearly decomposable system, the short-run behavior of each of the component subsystems is approximately independent of the short-run behavior of the other components; (b) in the long run, the behavior of any one of the components depends in only an aggregate way on the behavior of the other components.”

O exemplo fornecido para esclarecer esses dois pontos é o sistema dinâmico de temperatura de um edifício, onde as paredes possuem um perfeito isolamento térmico do exterior. Neste modelo, estas paredes definem o limite exterior do sistema completo. Este mesmo edifício é então dividido em um número x de salas, e as paredes divisórias utilizadas possuem um isolamento bom, porém não perfeito. São estas divisórias que representam os limites dos subsistemas maiores. Por sua vez, cada sala ainda é dividida em cubículos menores por painéis nada isolantes. Com termômetros em cada ambiente, é identificada uma variação de temperatura de cubículo para cubículo e de sala para sala, ou seja, existe um desequilíbrio térmico no edifício. Com uma medição realizada depois de algumas horas é observado que, a variação térmica entre cada cubículo da mesma sala é muito pequena, mas a variação entre salas ainda persiste. Em uma segunda medição, vários dias depois, a temperatura dentro do edifício está praticamente uniforme.

Egidi e Marengo (2004) apontam que a **hipótese da quase decomponibilidade** de Simon recentemente passou a ser chamada de **hipótese da modularidade**, com desdobramentos em diversas disciplinas - fundamentando desde o paradigma da programação orientada a objetos [*object-oriented programming*] nas ciências da computação, até o trabalho de Baldwin e Clark (2000) que será tratado ainda neste capítulo. Sem entrar em maiores detalhes, cabe antecipar que Baldwin (2015, p. 718, tradução da autora) realmente apresenta uma definição de sistema modular e módulo de acordo com a propriedade de quase decomponibilidade identificada por Herbert Simon:

A presença de unidades cujos elementos estão altamente conectados dentro da unidade e apenas fracamente conectados com outras unidades é uma propriedade definidora dos sistemas modulares. As unidades altamente conectadas são chamadas de módulos.⁷

O economista e matemático Birchenhall (2002) sumariza que Simon explora duas ideias importantes neste artigo de 1962. A primeira, aqui já explicitada, é que sistemas naturais complexos evoluem através de uma dinâmica hierárquica - isto é, formas intermediárias servem de base para a construção de estruturas estáveis de nível mais elevado, e assim sucessivamente. Por outro lado, ele também pondera a possibilidade de só ser possível compreender estruturas complexas que possuem tal estrutura hierárquica, algo que aponta para a prospecção da necessidade de modelos hierárquicos para estudar a complexidade ainda que ela mesma não seja intrinsecamente complexa. Porém, de qualquer forma, no artigo Simon parece otimista em acreditar que esse modelo reflete a realidade da complexidade do mundo.

John Holland - autor da base teórica que será apresentada na sequência - reconhece a importância deste trabalho de Simon - mencionando, como muitos, a parábola dos dois relojoeiros - no entendimento da prevalência de estruturas hierárquicas no estilo “blocos de montar” na construção ou evolução de sistemas complexos. E, ainda, ele reforça que para entender ou manipular tais sistemas,

⁷ No original: “The presence of units whose elements are highly connected within the unit and only weakly connected to other units is a defining property of modular systems. The highly connected units are called modules”

sejam eles naturais ou artificiais, é quase sempre necessário desenvolver “descrições hierárquicas com níveis sucessivos de blocos de montar [*building blocks*]”, o que significa “observar a complexidade e a emergência em termos de *mecanismos* e *procedimentos* para combiná-los.” (HOLLAND, 1997, p 28, tradução da autora).^{8,9}

1.3.2 SISTEMAS COMPLEXOS ADAPTATIVOS

De certa forma um desdobramento desta hipótese apresentada e defendida Herbert Simon, a noção e o campo de estudo referente aos *Sistemas Complexos Adaptativos* [*Complex Adaptive Systems - CAS*] nasce das formulações do cientista estadunidense John Henry Holland¹⁰ [1929-2015]. Holland é especialmente reconhecido por sua proposição dos Algoritmos Genéticos [*Genetic Algorithms - GAs*], um dos casos particulares da sua teoria dos CAS.

O seu maior interesse e principal foco de atenção durante toda a sua carreira, foi o fenômeno biológico da adaptação - ou seja, o processo pelo qual organismos vivos evoluem ou se modificam em resposta aos demais organismos ou ao seu ambiente em transformação - e de que maneira sistemas computacionais poderiam se adaptar de forma análoga através da modelagem destes princípios. Inspirado pela interpretação da teoria da evolução de Darwin realizada por Ronald Fisher no livro *The Genetical Theory of Natural Selection*, Holland ficou impressionado com a correspondência apresentada entre o processo evolutivo e a reprodução animal (MITCHELL, 2011). Assim, utilizando seu conhecimento em matemática e programação computacional, Holland traçou como objetivo inicial estudar formalmente esse fenômeno para desenvolver meios capazes de incorporar os mecanismos identificados nos processos adaptativos naturais aos sistemas computacionais (MITCHELL, 1998)

1.3.2.1 Adaptação em Sistemas Naturais e Artificiais

Em seu livro inaugural *Adaptation in Natural and Artificial Systems*, originalmente publicado em 1975, John Holland expõe um conjunto de princípios para adaptação assim como sua proposta para o que ficaria posteriormente conhecido como algoritmos genéticos¹¹.

8 No original: “to understand and manipulate complex systems, be they biological cells or computers, we almost always develop hierarchical descriptions with successive levels of building blocks. In a general setting, this means looking at complexity and emergence in terms of mechanisms and procedures for combining them.”

9 Essa frase vem de um momento do trabalho de Holland posterior à teoria que será apresentada a seguir. Por isso, será perceptível que em um primeiro momento os termos utilizados na teoria não serão os mesmos.

10 Com formação em física e matemática, Holland se tornou em 1959 a primeira pessoa a receber um PhD em ciências da computação, desenvolvido no recém criado departamento para o novo campo na Universidade de Michigan, nos Estados Unidos. Efetivado como professor pela mesma universidade, lecionou nas áreas de computação, engenharia e psicologia. Também foi membro do *Santa Fe Institute* - centro de referência nos estudos de complexidade.

11 Na época da primeira publicação do livro os termos “plano adaptativo” e “plano genético” foram usados para uma formulação matemática que logo passou a ser conhecida como “algoritmo genético” - nome adotado para

Para a construção da sua teoria, Holland apresenta inicialmente - em termos ainda acessíveis para leigos em matemática avançada - algumas importantes características gerais dos processos adaptativos. Para ele a adaptação sempre envolve a modificação progressiva de alguma **estrutura** ou **estruturas**, independentemente do contexto tratado. Examinando essas mudanças estruturais sucessivas é possível identificar o que ele define como um conjunto básico de **modificadores** ou **operadores**. A ação continuada destes operadores é, desta forma, a responsável pela sequência de modificações observadas. Com isso, Holland conclui que um sistema que se adapta é caracterizado por uma mistura de operadores que age constantemente nessas estruturas nos seus diferentes estágios. (Holland, 1992)

Tal mistura de operadores em mudança é, por sua vez, controlada por um conjunto de fatores que ele denomina de **plano adaptativo** - e é este plano que constitui o funcionamento do sistema no que é relativo (apenas) ao seu caráter adaptativo (não tratando assim de outros aspectos). O plano adaptativo determina que estruturas surgem em resposta a um determinado **ambiente** ou meio e, os limites deste plano são o conjunto de estruturas alcançáveis pela aplicação de todas as sequências possíveis de operadores - o seu **domínio de ação**. O objetivo ou a tarefa do plano adaptativo é, assim, chegar em estruturas que tenham um bom desempenho no meio em que estão inseridas. Nota-se que a melhor adequação de cada estrutura estará sempre ligada à performance exibida em um ambiente específico que também é passível de variação - temos para cada caso, estruturas menos ou mais **adequadas** [fit] àquele ambiente. **Adaptações** ao meio são propriedades persistentes de uma sequência de estruturas geradas pelo plano adaptativo. (Holland, 1992)

Além das noções básicas **estruturas** e **operadores**, para elaborar uma declaração precisa [statement] da tarefa do plano adaptativo deve-se definir três componentes essenciais:

- E , o **ambiente** [environment] onde se situa o sistema em adaptação;
- τ , o plano **adaptativo** [adaptive plan] por meio do qual as estruturas do sistema são modificadas para resultar em melhorias; e,
- μ , uma **medida de performance**, referente a adequação das diferentes estruturas ao ambiente.

Neste cenário, Holland (1992) destaca que o ponto crucial do problema com qual o plano τ precisa lidar é a incompletude de informações sobre quais estruturas são mais adequadas ao ambiente. Assim que, de alguma forma, é preciso testar a performance de diferentes estruturas em um conjunto particular de ambientes relevantes. Coloco aqui em outras palavras: ao testar diferentes alternativas de estruturas - *inputs* - é possível avaliar diferentes performances no ambiente - *outputs*. O caráter

ênfatar o papel central da computação na definição e implementação dos plano (HOLLAND, 1992), constituindo uma família de métodos de busca e otimização baseada na evolução biológica (FORREST; MITCHELL, 2016).

adaptativo do sistema é caracterizado justamente pela relação entre diferentes ambientes e a emergência de diferentes sequências de estruturas. Para formalizar a incerteza inicial sobre o ambiente e o domínio de ação do plano adaptativo é necessário designar:

- ε , como a **classe de todos os ambientes possíveis**;
- α , como o **conjunto de todas estruturas atingíveis**;

Assim, retomando a correlação entre estrutura e ambiente mencionado anteriormente, dado que diferentes $E \in \varepsilon$ evocam diferentes performances de certa estrutura $A \in \alpha$, teremos medidas de performances específicas para cada relação - uma μ_E associada a cada E . Para que um plano seja considerado adaptativo a trajetória através de α precisa depender do $E \in \varepsilon$ existente. Em outras palavras, sendo Ω o **conjunto de operadores** que exercem modificações nas estruturas, pode-se dizer também que a ordem de aplicação de operadores de Ω deverá depender de E . Assim, temos muitas variáveis que afetam a dificuldade de adaptação: ela é dependente da organização de α , dos efeitos dos operadores Ω exercidos nas estruturas que pertencem a α , além da forma da medida de performance μ_E .

Considerando esses fatores, Holland sintetiza os principais obstáculos ao processo de adaptação nos seguintes termos:

- a grandeza de α implica que existem muitas alternativas a serem testadas;
- as estruturas de α são conformadas de tal maneira intrincada que é difícil determinar as partes/subestruturas responsáveis por um bom desempenho de performance;
- a performance μ_E é uma função com muitos parâmetros interdependentes;
- a medida de performance varia no tempo e no espaço, assim um resultado vantajoso pode ser assim considerado apenas em situações específicas;
- o ambiente E apresenta um grande fluxo de informação ao plano τ que precisam ser filtradas e classificadas quanto às suas relevâncias.

As informações sobre sistemas adaptativos apresentadas aqui até esse ponto constituem a avaliação preliminar disposta por Holland (1992) no primeiro capítulo de seu livro, ainda sem envolver considerações e provas matemáticas. Todos os termos e relações aqui apontados permitem que aspectos relevantes possam ser considerados por aqueles com menos conhecimento matemático, ao associá-los com percepções familiares ou intuitivas.

A partir da análise mais aprofundada desses pontos, Holland tornou possível uma formalização geral de processos adaptativos observados em uma variedade de sistemas, tanto naturais como artificiais, e criou com isso uma nova abordagem para estudos unificados desses sistemas complexos. Podemos ver na Tabela 1.1 como são tipicamente identificados estruturas, operadores e medidas de performance em diferentes campos do conhecimento.

CAMPO	ESTRUTURAS	OPERADORES	MEDIDA DE PERFORMANCE
Genética	Cromossomos	Mutação, recombinação, etc	Aptidão ou valor adaptativo [fitness]
Planejamento econômico	Mistura de mercadorias	Atividades de produção	Utilidade [utility]
Controle	Políticas	Regra de Bayes, aproximações sucessivas, etc.	Funções de erro [error functions]
Psicologia fisiológica	Conjuntos de células	Modificação de sinapses	Taxa de desempenho [performance rates]
Teoria dos jogos	Estratégias	Regras para aproximação iterativa para estratégia otimizada	Recompensa [payoff]
Inteligência artificial	Programas	Regras de "aprendizado"	Eficiência comparativa [comparative efficiency]

Tabela 1.1 Estruturas, Operadores e Medida de performance típicas em diferentes campos
Fonte: Tabela traduzida e adaptada de (HOLLAND, 1992, p. 3 e p. 5)

Após a observação de diferentes casos notou-se que a amplidão de α , mesmo em sistemas de tamanhos modestos, têm uma influência inevitável no que seria o primeiro candidato para um plano adaptativo “universal”: um plano enumerativo. O que caracteriza um plano enumerativo é que a ordem na qual as estruturas são testadas não é afetada pelo resultado dos testes anteriores. Por exemplo, a ordem poderia ser testar todas as estruturas atingíveis com uma única aplicação dos operadores básicos, depois todas estruturas atingíveis por duas aplicações, e assim por diante. Frente aos resultados, o plano preserva a estrutura mais apta encontrada até um dado momento e altera logo que é gerada uma estrutura ainda mais apta. Dessa forma, dado tempo suficiente (e mantendo uma estabilidade razoável do ambiente para que a aptidão das estruturas não mude durante o processo), o plano enumerativo certamente irá descobrir eventualmente a estrutura mais apta para qualquer ambiente confrontado.

A pergunta que Holland coloca nesse cenário é relacionada à eficiência do plano: “quanto tempo é eventualmente?”. Com essa questão fica claro que um plano enumerativo está predestinado a falhar em qualquer caso um pouco mais complexo. Assim, esse tipo de plano não é interessante nem como uma hipótese sobre processos naturais nem como algoritmos para sistemas artificiais (ressoando com o que Herbert Simon já havia apontado no seu artigo de 1962).

Em um estudo de processos adaptativos, para encontrar um plano funcional é necessário descobrir os fatores que oferecem eficiência ao mesmo tempo que é mantida a universalidade (ou robustez)

do plano enumerativo. O que Holland descobriu com suas observações foi que o plano enumerativo é ineficiente porque sempre gera estruturas na mesma ordem, independente do resultado do teste destas estruturas - a maneira de melhorar, neste caso, é evitar tal restrição.

Já que o ponto crítico do plano adaptativo é a incerteza inicial em relação ao ambiente que lhe é desconhecido, o papel do procedimento será guardar e acessar o histórico (criar uma memória) das interações com aquele ambiente. Como diferentes estruturas atuam de forma diferente em ambientes diferentes a tarefa do plano é dada pela incerteza inicial. O interesse do estudo centra-se em encontrar planos adaptativos robustos, ou seja, planos que atuam de forma eficiente em uma série de ambientes que podem ser encontrados.

A observação e avaliação realizada sobre sistemas genéticos apontou para dois requisitos gerais que afetam diretamente na robustez do plano (HOLLAND, 1992, p.18, tradução da autora):

(1) O plano adaptativo deve manter os avanços já realizados, juntamente com partes do histórico de interações anteriores entre o plano e o ambiente.

(2) O plano deve usar o histórico retido para aumentar a proporção de estruturas de ajuste geradas conforme o histórico geral aumentar.¹²

Por fim, Holland (1992, p. 18, tradução da autora) sintetiza o ponto central da sua apresentação:

Toda esta pesquisa foi organizada em torno do conceito de um plano adaptativo. O plano adaptativo, modificando progressivamente a estrutura por meio de operadores adequados, determina quais estruturas são produzidas em resposta ao ambiente. O conjunto de operadores Ω e o domínio de ação do plano adaptativo α (ou seja, as estruturas atingíveis) determinam as opções do plano; o objetivo do plano é produzir estruturas que tenham bom desempenho no ambiente E , confrontando-o. A incerteza inicial do plano sobre o meio ambiente - sua margem de melhoria - reflete-se na variedade de ambientes em que ele pode atuar. As medidas de performance relacionadas $\mu_{E'} E \in \epsilon$, mudam de ambiente para ambiente, já que a mesma estrutura funciona de maneira diferente em diferentes ambientes. Esses objetos situam-se no centro da estrutura formal estabelecida (...)¹³

A ferramenta formal que Holland define no seu livro é o conceito de *schema* (no plural, *schemata* ou *schemas*) - uma generalização, advinda também dos sistemas genéticos, da ideia de conjuntos de alelos coadaptados. Na genética, alelos coadaptados são alelos de genes diferentes que, em interação,

12 No original: "(1) The adaptive plan must retain advances already made, along with portions of the history of previous plan-environment interactions. (2) The plan must use the retained history to increase the proportion of fit structures generated as the overall history lengthens."

13 No original: "This entire survey has been organized around the concept of an adaptive plan. The adaptive plan, progressively modifying structure by means of suitable operators, determines what structures are produced in response to the environment. The set of operators Ω and the domain of action of the adaptive plan α (i.e., the attainable structures) determine the plan's options; the plan's objective is to produce structures which perform well in the environment E confronting it. The plan's initial uncertainty about the environment - its room for improvement - is reflected in the range of environments in which it may have to act. The related performance measures $\mu_{E'} E \in \epsilon$, change from environment to environment since the same structure performs differently in different environments. These objects lie at the center of the formal framework set out (...)"

umentam de forma significativa a performance do fenótipo correspondente. Holland destaca que a noção de *schema* fornece uma maneira eficiente de definir e tirar partido, em diferentes tipos de sistema, das propriedades associadas a um desempenho acima da média. No livro o autor também vincula a concepção de *schemata* à ideia de blocos de construção [*building blocks*] - noção que ele viria a incorporar e expandir, com algumas alterações, em seus trabalhos posteriores.

A contribuição desse trabalho inaugural de Holland é bem sintetizada pela cientista da computação estadunidense Melanie Mitchell¹⁴ (1998, p. 21, tradução da autora):

A teoria tradicional dos GAs [...] pressupõe que, em um nível bem geral de descrição, os GAs trabalham descobrindo, enfatizando e recombinao bons “blocos de construção” de soluções, de forma altamente paralela. A ideia aqui é que boas soluções tendem a ser constituídas por bons blocos de construção (...).

Holland (...) introduziu a noção de schema (ou schematas) para formalizar a noção informal de “blocos de construção”. Um esquema é um conjunto de cadeias de bits que podem ser descritas por um modelo composto por uns, zeros e asteriscos, os asteriscos representando caracteres curinga (ou “não importa”).

(...) um princípio central da teoria tradicional dos GAs é que os schemas são - implicitamente - os elementos básicos que o GA processa efetivamente sob os operadores de seleção, mutação e recombinação em um único [*single-point crossover*].¹⁵

No enquadramento original dos GAs de Holland, enquanto a noção de *schema* permitiu uma análise cuidadosa de uma gama de interações complexas não-lineares, a generalização dos certos operadores genéticos para além do seu contexto biológico permitiu que essa análise abarcasse até mesmo estudos sobre aprendizagem.

Embora o foco inicial de Holland (1992) seja explicitado no objetivo de desenvolver uma abordagem unificada - capaz de, ao mesmo tempo, prever e controlar sistemas naturais e criar algoritmos e estratégias práticas para o desenvolvimento de sistemas artificiais - o que chama atenção para o contexto dessa pesquisa é a fundamentação lógica que ele formaliza. Para tanto, nos importa estudar alguns dos mecanismos básicos desse modelo de sistema para compreender como unidades simples podem, através de suas interações, conformar complexidade pela emergência de novos padrões viáveis em seu contexto.

14 Professora na Universidade Estadual de Portland, Mitchell concluiu seu PhD em 1990 na Universidade de Michigan, sob a orientação de Douglas Hofstadter e John Holland.

15 No original: “The traditional theory of GAs (first formulated in Holland 1975) assumes that, at a very general level of description, GAs work by discovering, emphasizing, and recombining good “building blocks” of solutions in a highly parallel fashion. The idea here is that good solutions tend to be made up of good building blocks—combinations of bit values that confer higher fitness on the strings in which they are present.

Holland (1975) introduced the notion of schemas (or schemata) to formalize the informal notion of “building blocks.” A schema is a set of bit strings that can be described by a template made up of ones, zeros, and asterisks, the asterisks representing wild cards (or “don’t cares”).

[...] a central tenet of traditional GA theory is that schemas are—implicitly—the building blocks that the GA processes effectively under the operators of selection, mutation, and single-point crossover.”

1.3.3 REGRAS DE DESIGN E O PODER DA MODULARIDADE

Os professores de economia e administração Carliss Baldwin e Kim B. Clark (2000) no livro *Design Rules: The Power of Modularity*, adaptam a teoria abrangente dos CAS para uma investigação sobre processos evolutivos no campo do design. Assim como Holland, Baldwin e Clark estão preocupados com a “incerteza governável”, pois estão vinculados à área da administração industrial - avaliando riscos e ganhos potenciais da adoção da lógica modular para organizações econômicas. Novamente, esse não é o ponto que pretendemos nos ater, porém os conceitos condensados por eles abrem uma importante e específica linha de investigação do design, ramificada do enquadramento mais abrangente definido por Holland (1992). Assim, antes de avançarmos nos desdobramentos dessas teorias para a pesquisa, precisamos primeiramente compreender seus fundamentos básicos.

Em seu livro, Baldwin e Clark (2000) apresentam uma tese sobre como o processo de design de um artefato pode afetar profundamente a estrutura de uma indústria. Para construir esse argumento, além de um estudo de caso sobre a evolução da indústria da computação, uma série de conceitos e fundamentos a respeito dos processos de design são definidos de forma precisa.

Os autores apontam que uma característica crucial relacionada aos artefatos é a capacidade de evolução, ou adaptação. Esse processo, gradual e cumulativo, gerado em sua maior parte através de sequências e combinações de pequenas mudanças situa-se dentro do escopo dos CAS. Assim, Baldwin e Clark utilizam o enquadramento desenvolvido por John Holland no livro *Adaptation in Natural and Artificial Systems* como ponto de partida para uma teoria da evolução do design e da indústria.

O modelo teórico da tese de Baldwin e Clark passa - da mesma forma que a teoria de Holland que lhe dá embasamento - por uma sequência de definições básicas onde são especificados: as estruturas que constituem o assunto estudado, o contexto ou ambiente em que estão situadas e o conjunto de mudanças observadas. Com essas definições, os autores apontam que a tarefa da teoria se torna tentar explicar - isto é, oferecer um modelo viável - como e porquê tais mudanças ocorrem nestas estruturas. Outra característica dessa teoria, já que ela se enquadra como um sistema complexo adaptativo, é que temos um processo combinatório, onde estruturas mais complexas são construídas a partir de estruturas simples e mudanças complexas ocorrem como resultado de combinações e sequências de mudanças simples.

1.3.3.1 Design e Artefatos

As estruturas que constituem o tema da tese dos autores e que precisam ser especificadas são: os *artefatos*, os *designs*, e os *processos de design*. As noções de *design* e *artefato*¹⁶ são introduzidas já no início

16 Tais conceitos estão fundamentados em definições apresentadas por Christopher Alexander por Herbert Simon em seus respectivos livros, *Notes on the Synthesis of Form* de 1964 e *The Sciences of the Artificial* de 1969: “These notes

do livro de forma vinculada, como dois lados da mesma moeda - enquanto o primeiro é o processo, o segundo é o resultado. Artefatos são todos os “objetos” ou “coisas” (tangíveis e intangíveis) que são produtos da inteligência e do esforço humano. A palavra design se relaciona tanto a uma ação quanto ao resultado dessa ação. A ação do design é o processo intencional de inventar artefatos capazes de desempenhar determinadas funções ou alcançar objetivos específicos. O resultado de um processo de design será uma descrição de um artefato particular.

Para esclarecer melhor essa perspectiva é necessário apontar que, nesta tese de Baldwin e Clark, os autores classificam três maneiras diferentes dos seres humanos interagirem com artefatos: (1) eles os projetam [*design*]; (2) eles os produzem e; (3) eles os utilizam. “Virtualmente todos os verbos que descrevem a ação humana sobre um artefato pertencem ao seu projeto ou design, a sua produção, e ao seu uso.”¹⁷ (BALDWIN; CLARK, 2000, p. 30, tradução da autora).

Quando pensamos em um objeto físico como uma caneca - um dos exemplos apresentados no livro - fica fácil de entender essa ordem e separação - afinal não é possível utilizar uma caneca que não foi primeiro concebida e depois produzida. Porém os autores apontam também que esses domínios não são facilmente distinguidos, já que em alguns casos, estas atividades - especialmente o design e a produção - podem ser realizadas simultaneamente, tornando-se entrelaçadas¹⁸. Agora, como o designer e professor Hugh Dubberly (2004) afirma no seu livro *How do you design?*, se em pequena escala essa separação muitas vezes não é benéfica, quando mais complexos os processos de concepção e produção se tornam - envolvendo um grande número de pessoas, tarefa e etapas - o exame e a sistematização delas se torna útil e necessária. No caso da tese apresentada por Baldwin e Clark, os autores apontam a distinção entre produção e uso como um passo crítico para a formulação da teoria, que assume as seguintes definições (BALDWIN; CLARK, 2000, p. 30, tradução da autora):

- O output de um processo de design é um design, ou seja, uma descrição de um determinado artefato.

are about the process of design; the process of inventing physical things which display new physical order, organization, form, in response to function.” (ALEXANDER, 1964, p. 1); “(...) for those things we call artifacts are not apart from nature (...) they are adapted to human goals and purposes. They are what they are in order to satisfy our desire to fly or to eat well. As our aims change, so too do our artifacts and vice versa.” (SIMON, 1996)

17 No original: “Virtually all verbs that describe a human action on an artifact pertain to its design, production, or use.”

18 Neste momento vale a pena inserir como um contraponto a essa divisão, no campo da arquitetura, um trecho de um artigo, escrito pelas arquitetas e pesquisadoras Kapp, Baltazar e Morado (2008): “Indo um passo além, nosso entendimento de uma arquitetura-evento significa que todo o processo de produção do espaço precisa ser questionado, desde o projeto, passando pela construção, até o uso. Em vez de basear o projeto em prescrições de eventos, previsões, experiências prévias ou cuidadosas observações, nossa questão é como prover instrumentos ou interfaces que permitam às pessoas comunicar seus desejos: desenhando, construindo e usando os espaços simultaneamente. Tais instrumentos seriam como um alfabeto ou como as palavras, talvez com algum traço de regras gramaticais, mas certamente não seriam textos. A arquitetura seria arquitetura da própria ação, não seu pano de fundo, nem tampouco seu bem definido contorno.”

- O output de um processo de produção é o artefato em si, a coisa que é usada.
- Quando separados, o design precede a produção.¹⁹

Tanto o *design* (a descrição) como o *processo de design* possuem estruturas que possibilitam que eles sejam divididos em unidades menores. No caso do design essas unidades são os *parâmetros de design* e, no caso do processo, elas são as *tarefas de design*. A título de exemplo, alguns dos parâmetros de design de uma caneca poderiam ser “material”, “cor”, “diâmetro”, “altura”, etc. - ou seja, as variáveis que definem como o artefato será constituído. Já as tarefas do processo de design tratam justamente da definição de tais parâmetros. Ambas as unidades, parâmetros e tarefas, possuem sua própria estrutura.

O design de um artefato, sendo aqui definido como a sua descrição, abarca tanto seus aspectos estruturais como funcionais. Porém, apenas a sua estrutura, em todos seus parâmetros, necessita ser precisa e completa - viabilizando assim o processo posterior de produção do artefato. Um aspecto interessante é que frequentemente essas definições são relativamente simples, e não uma longa lista detalhada, porque certos parâmetros estão implícitos em parâmetros de maior nível como no caso do material (ex. papel, plástico ou metal, etc.) ou meio utilizado (ex. linguagem de programação computacional ou notação musical)²⁰. Por outro lado, as funções do artefato ainda que devam ser traçadas (ex. uma caneca servirá para conter líquido) elas não precisam ser completamente especificadas pois podem se adaptar de acordo com o uso que lhe é dado posteriormente (ex. uma caneca acaba servindo como um recipiente para guardar canetas ou um vaso para uma planta).

Um argumento importante da tese apresentada no livro é que, no nível de parâmetros e tarefas, designs e processos de design são isomórficos - o que os autores chamam de princípio do *isomorfismo fundamental*. Ou seja, existe uma correspondência direta entre os dois, que faz com que a estrutura do artefato, ditada pelas restrições [*constraints*] físicas e lógicas dos seus parâmetros, afete de forma profunda e inevitável a estrutura das tarefas do design (Figura 1.2).

Em relação a sua estrutura um design e um processo de design pode ser classificado de diferentes formas. Entre as possíveis variantes o estudo centra-se naquelas que possuem a característica da **modularidade**.

19 No original: “The output of a design process is a design, that is, a description of a particular artifact; The output of a production process is the artifact itself, the thing that is used; When separated, design precedes production.”

20 Esses parâmetros tornam o espaço imaginário de todas as escolhas de um design inadvertidamente mais restrito. Aqui esse espaço de design remete ao “conjunto de todas estruturas atingíveis” da formulação de Holland apresentada anteriormente.

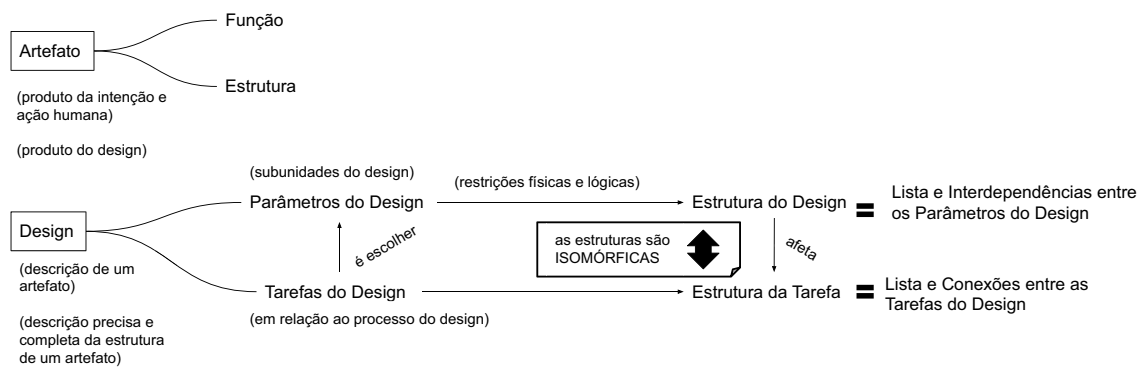


Figura 1.2 Definições e relações entre Design e Artefato
 Imagem: Diagrama elaborado com base nas informações de (BALDWIN; CLARK, 2000)

1.3.3.2 Modularidade e Modularização do Design

Baldwin (2015) define modularidade como uma propriedade dos sistemas complexos que, em termos gerais, indica o grau no qual um dado sistema pode ser dividido em subunidades - os módulos - que podem ser montados e combinados de diferentes maneiras. Além dessa aproximação geral, nenhuma medida ou definição precisa é universalmente aceita, portanto, é necessário precisar o conceito em seu determinado contexto.

No livro *Design Rules*, **modularidade** é entendida como um padrão específico de dependências entre componentes (uma **arquitetura**) de um dado sistema - uma estrutura hierárquica de inter-relações composta por blocos aninhados (BALDWIN; CLARK, 2000)²¹. Já a **modularização** é o procedimento de tornar um design modular - que usa conhecimentos de interdependência de estrutura e parâmetros de design para criar *design rules* (“**regras de design**”).

Com essas definições, temos que modularidade é um padrão que pode surgir em diferentes contextos e tipos de sistemas. Considerando as três formas que seres humanos se relacionam com seus artefatos, todas podem apresentar um padrão estrutural de blocos aninhados hierarquicamente. Assim que, podemos considerar e distinguir os padrões modulares que se manifestam nos três âmbitos: no design dos artefatos, na produção deles, e no seu uso. A tese do livro *Design Rules*, como o próprio nome indica, está voltada para a primeira categoria - do design como processo, dividido em tarefas, e como descrição, dividida em parâmetros.

Não desconsiderando completamente os outros âmbitos, os autores ressaltam que, como princípio de produção, a modularidade tem uma longa história - a exemplo da produção industrial de carros.

21 No original: “Here we define modularity as a particular pattern of relationships between elements in a set of parameters, tasks, or people. Specifically, modularity is a nested hierarchical structure of interrelationships among the primary elements of the set.” (BALDWIN; CLARK, 2000, p. 11)

Aqui reconhecemos a característica da pré-fabricação, um aspecto usual em mais diversas indústrias (e que, no campo da arquitetura, já estamos familiarizados). É também interessante pensar na associação com a parábola dos dois relojoeiros, onde mesmo uma produção completamente artesanal é beneficiada pela eficiência de uma estrutura modular.

Em relação a modularidade no uso, no livro ela é especificada como uma propriedade que viabiliza a combinação de elementos (módulos) para montar um produto final de acordo com os interesses e necessidades do consumidor (usuário). Como um exemplo eles apresentam os elementos para compor uma cama - estrutura, colchão, lençóis, etc. Embora pouco profundo e provavelmente não o melhor exemplo, aqui nota-se um ponto interessante em relação a padronização de mercado de certos elementos que pode possibilitar a criação de sistemas modulares mais interessantes e elaborados. Os próprios autores sugerem que a modularidade no uso pode levar à inovação. De qualquer forma, modularidade no uso pode ser encarada com maior profundidade e complexidade, e a própria teoria de Baldwin e Clark é capaz de fornecer uma base útil para outras explorações nessa área - que pode inclusive desafiar a separação rígida entre design, produção e uso.

Ecoando a teoria da quase decomponibilidade de Herbert Simon, duas ideias estão incluídas nesse conceito geral de modularidade (BALDWIN; CLARK, 2000). A primeira é a noção de módulos com **independência externa** e **interdependência interna**. Um módulo é uma unidade na qual seus elementos estruturais estão muito conectados - funcionando internamente como um sistema holístico completo - e relacionados de maneira relativamente fraca com os elementos que estruturam outras unidades. Ou seja, módulos são unidades em um sistema maior, estruturalmente independentes umas das outras, mas que funcionam em conjunto. O que possibilita tanto a independência estrutural como a integração do funcionamento é o enquadramento lógico do sistema maior - que é chamado de **arquitetura** do sistema.

A segunda ideia que está incorporada nesta noção de modularidade, é resumida pelos autores (BALDWIN; CLARK, 2000) pela combinação de três termos: **abstração** [*abstraction*], **ocultamento de informação** [*information hiding*]²², e **interface**. O que eles apontam é que um sistema complexo pode ser gerenciado dividindo-o em pedaços menores que podem ser vistos separadamente. Quando a complexidade de um desses elementos ultrapassa um certo nível, ela pode ser isolada pela definição de uma abstração que possui uma interface simples. Enquanto a abstração oculta a complexidade do elemento, a interface indica como o elemento interage com o sistema maior.

Partindo da ideia de que um sistema complexo possa ser dividido dessa maneira, a pergunta que surge é como é possível realizar essas divisões sem destruí-lo? Como encontrar os lugares de “divisão natural”, os pontos de articulação²³? Esse é o papel da modularização: definir onde, em um

22 Este princípio deriva de um trabalho do engenheiro de software canadense David. L. Parnas na década de 1970

23 Ver também a seção *Make joints* no livro *Urban versioning system 1.0* escrito por Matthew Fuller e Usman Haque

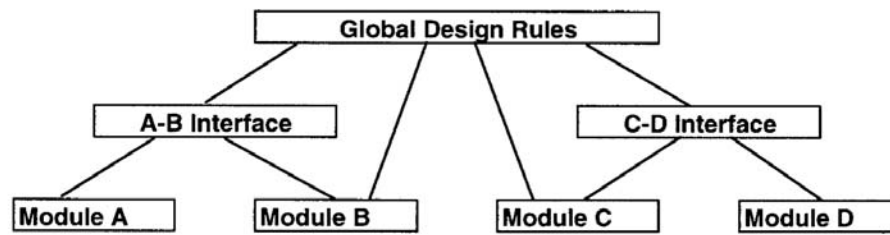


Figura 1.3 Representação de uma hierarquia de design com quatro módulos ocultos e três níveis de visibilidade
Imagem: (BALDWIN; CLARK, 2000, p. 76)

mar de interdependências, se estabelecem blocos com diferentes graus e intensidades de relação internas e externas. Um sistema modularizado permitirá que subsistemas possam ser considerados separadamente e, ainda sim, funcionar como um todo.

O próprio processo de tornar um sistema modular é uma atividade complexa e que se não for bem realizada pode levar a um sistema problemático ou ineficiente. Com conhecimento das inter-relações internas de um dado sistema é possível estabelecer uma estrutura modular através do particionamento de informações entre **parâmetros (de design) ocultos** [*hidden design parameters* ou *hidden information*] e **regras (de design) visíveis** [*visible design rules* ou *visible information*].

1.3.3.3 Informações ocultas e visíveis - Parâmetros e Regras de Design

A divisão dos parâmetros de um design entre *informações visíveis* e *informações ocultas* é necessária a fim de especificar a abrangência da interação entre eles, definindo diferentes níveis e tipos de interdependências.

As **informações visíveis** ou **regras de design** surgem quando, através de um padrão hierárquico, certos parâmetros são “privilegiados” dentro do sistema - ou seja, parâmetros passam a afetar as definições de outros parâmetros ao mesmo tempo que se tornam imunes à influência e consequente mudança. Dentro dessa divisão temos três categorias:

- **arquitetura**, que especifica a estrutura básica: quais módulos farão parte do sistema e que papel eles irão desempenhar;
- **interfaces**, que determina as interações entre as partes e delas com o todo: descrições detalhadas de como os módulos irão interagir e;
- **protocolos de integração + padrões de teste**, que irão definir os procedimentos de como as interações irão acontecer e se os módulos estão desempenhando de forma correta e eficiente.

Por outro lado, as **informações ocultas** ou **parâmetros de design ocultos**, são aqueles nos quais as decisões apenas dizem respeito e influenciam as interações internas, ou seja, não afetam o design para além do módulo local. Para que verdadeiramente exista um ocultamento de informação é necessário que os módulos tenham partições precisas [*strict partitions*] e interfaces limpas [*clean interfaces*].

Por essa característica, são parâmetros que podem ser modificados com mais facilidade, promovendo espaço para testes e experimentações mais livres que podem trazer inovações para o sistema com todo através da adaptação do módulo.

A relação entre informações visíveis e ocultas podem ser visualizadas em um diagrama de representação da hierarquia do design, como no exemplo da Figura 1.3.

1.3.3.4 Propriedades e Efeitos da Modularidade

Com esses elementos e características explanados, os autores resumizam o conjunto de princípios que a modularidade no design abrange: regras de design, blocos independentes de tarefas, interfaces limpas, hierarquia aninhada e separação entre informações ocultas e visíveis. Através desse padrão geral a modularidade pode ser vista como um conceito versátil aplicável em diferentes contextos e situações de design.

Porém, tendo identificado as características, a pergunta que fica é o que a modularidade efetivamente faz? Analisando uma série de estudos de caso, Baldwin e Clark (2000; 2002) identificaram três resultados deste padrão:

1. **A modularidade possibilita gerenciamento da complexidade**, ao limitar o escopo da interação entre elementos ou tarefas.
2. **A modularidade permite o trabalho paralelo**, ou seja, diferentes partes de um projeto podem ser desenvolvidas ou aperfeiçoadas simultaneamente.
3. **A modularidade comporta a incerteza**, já que os elementos de um sistema modularizado (módulos) podem ser alterados posteriormente.

Na verdade, o que os autores concluem com esses pontos é que a modularidade cria opções e, conseqüentemente, cria valor. Embora o contexto de análise deles seja a indústria da computação e o mercado econômico, a ideia da “criação de valor” pode ser vista não apenas como ganho financeiro²⁴ e sim como valor de uso relacionado a contextos específicos onde o sistema modular pode ser inserido.

²⁴ O aspecto da criação de valor no design e a relação com o contexto econômico é tratado em uma seção específica do livro *Design Rules*.

Outro ponto que os autores chegam com sua tese é que, quando as opções são exploradas e aplicadas o design “evolui” - ou seja, considerando a teoria do CAS, o design se adapta para alcançar a opção mais viável em um determinado ambiente. Assim, caso um sistema com essas características - eficiência, flexibilidade, abertura para mudanças e opções - seja desejável a modularidade se torna uma estratégia de design interessante, justificando um possível investimento maior de recursos.

1.3.3.5 Operadores de Design Modular

Já tendo apresentado as estruturas de interesse no campo do design, características e resultados, nos resta situar a teoria na formulação de Holland e apresentar os operadores que possibilitam mudanças e adaptação em um design modular. Para Baldwin e Clark todos os caminhos possíveis de evolução para uma estrutura são gerados por apenas seis operadores modulares, passíveis de serem aplicados em diferentes pontos e em diferentes combinações. Eles são ferramentas conceituais implícitas na lógica do design modular, ou em outras palavras, aquilo que pode ser feito com o sistema. Os seis operadores podem ser elencados e descritos como:

1. divisão [*splitting*], de um design e suas tarefas em módulos (Figura 1.4);
2. substituição [*substituting*], de um módulo por outro (Figura 1.6);
3. aumento [*augmenting*] - adicionar um novo módulo ao sistema (Figura 1.7);
4. exclusão [*excluding*] - remover um módulo existente do sistema (Figura 1.8);
5. inversão [*inverting*] - criar novas regras de design (Figura 1.9);
6. portabilidade [*porting*] - transpor um módulo para outro sistema (Figura 1.10);

Com essa lista podemos sistematizar a Tabela 1.2 com os elementos de um CAS no campo do design:

CAMPO	ESTRUTURAS	OPERADORES	MEDIDA DE PERFORMANCE
Design	Designs modulares, Estrutura de tarefas	Divisão [<i>splitting</i>] Substituição [<i>substituting</i>] Aumento [<i>augmenting</i>] Exclusão [<i>excluding</i>] Inversão [<i>inverting</i>] Portabilidade [<i>porting</i>]	Valor criado

Tabela 1.2 Estruturas, Operadores e Medida de performance no campo do Design
Tabela desenvolvida com base nas informações de (BALDWIN; CLARK, 2000)

Relembrando que Baldwin e Clark sintetizam a definição de operadores nos CAS como “ações que mudam estruturas existentes em novas estruturas de maneira bem definida.”²⁵ (BALDWIN; CLARK, 2000, p. 129, tradução da autora). São eles que definem as trajetórias pelas quais um sistema pode mudar e se tornar mais complexo.

À medida que novos níveis surgem em um sistema complexo, novas estruturas e novos operadores também podem emergir. É o que acontece quando o design de um artefato é modularizado. Antes da modularização, existem dois níveis em cada design: design completo e os parâmetros (e tarefas) deste design. Após a modularização, além disso, haverá um novo nível - módulos que são unidades coerentes, mas são menores que o todo.²⁶

(BALDWIN; CLARK, 2000, p. 130, tradução da autora)

Em seguida será apresentada uma série de diagramas que foram desenvolvidos para auxiliar a visualização das transformações básicas realizadas com os operadores de design modular.

25 No original: “Thus in complex adaptive systems, operators are actions that change existing structures into new structures in well-defined ways.”

26 No original: “As new levels emerge in a complex system, new structures and new operators may emerge as well. This is what happens when an artifact’s design is modularized. Before modularization, there are two levels in each design: the whole design and the parameters (and tasks) of the design. After modularization, in addition to these, there will be a new level—modules that are coherent units, but are less than the whole.

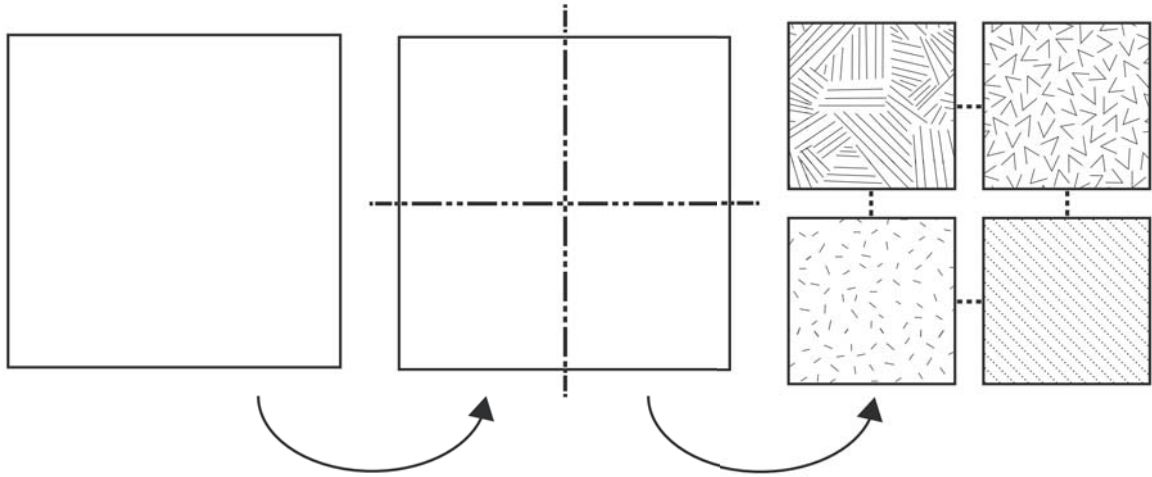


Figura 1.4 Modularização via Divisão (Operador de Design Modular)
Imagem: elaborado pela autora

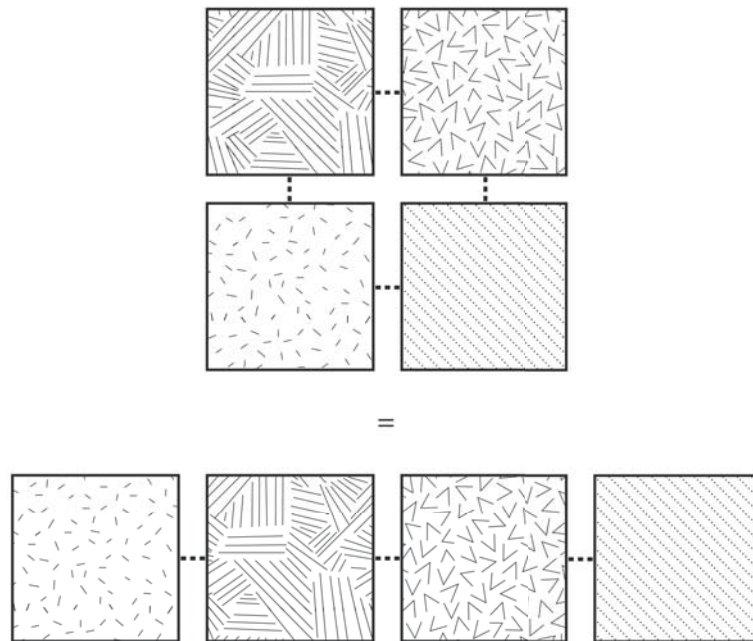


Figura 1.5 Sistema Modular - duas representações equivalentes
Imagem: elaborado pela autora

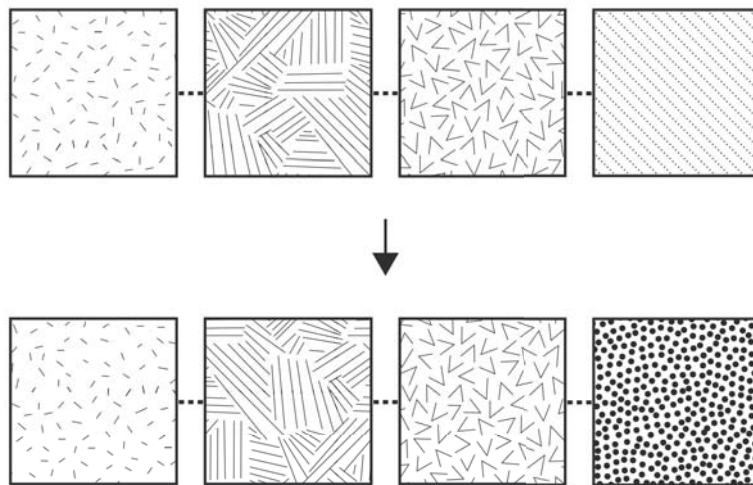


Figura 1.6 Operador de Design Modular - Substituição
Imagem: elaborado pela autora

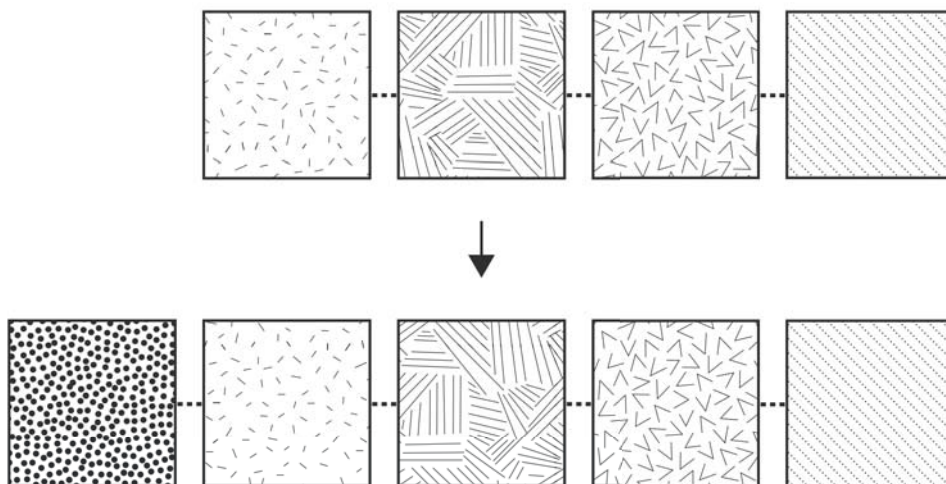


Figura 1.7 Operador de Design Modular - Aumento
Imagem: elaborado pela autora

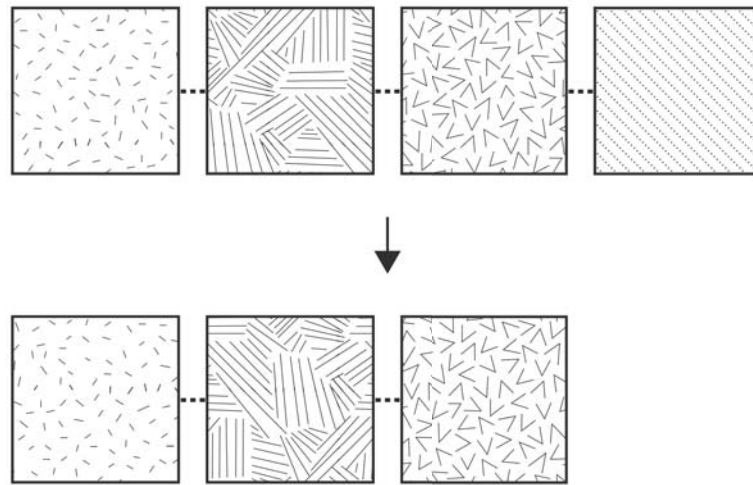


Figura 1.8 Operador de Design Modular - Exclusão
Imagem: elaborado pela autora

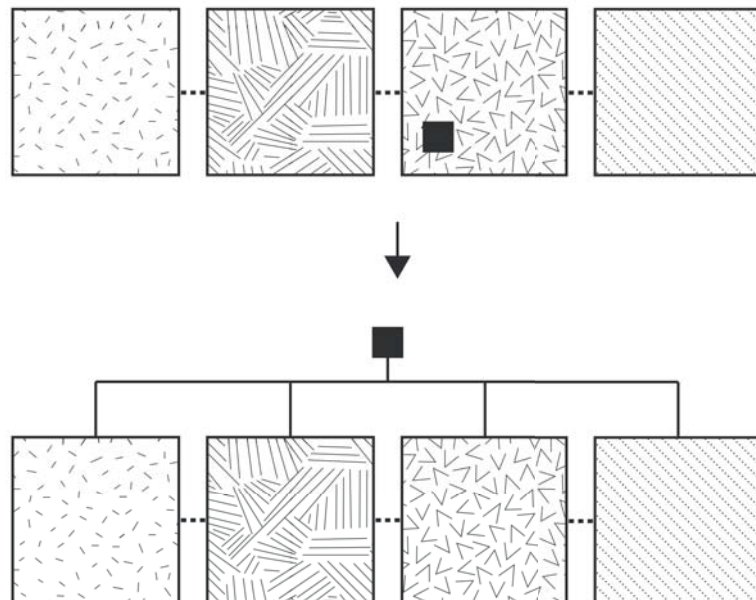


Figura 1.9 Operador de Design Modular - Inversão
Imagem: elaborado pela autora

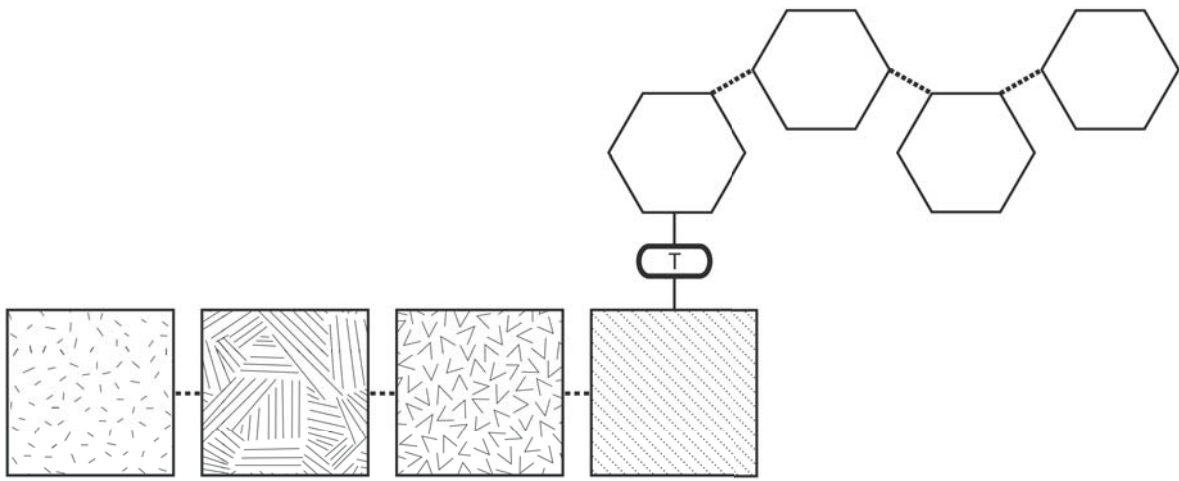


Figura 1.10 Operador de Design Modular - Portabilidade
Imagem: elaborado pela autora

[2]

INVESTIGAÇÃO POR ARTEFATOS - SISTEMAS E OBJETOS

2. 1

BLOCOS DE MONTAR - UMA HISTORIOGRAFIA DE ARTEFATOS

Quando pensamos em blocos de montar (ou de construção), a imagem que nos surge de uma criança brincando com um conjunto de pequenos cubos nos parece tão familiar que, usualmente, não paramos para questionar as histórias - os contextos, marcos sociais, tecnológicos e econômicos - que tornaram essa prática e essa concepção tão difundidas culturalmente.

Toda história é também uma construção narrativa elaborada a partir de um ponto de vista e imersa em um contexto particular, desta forma, a intenção aqui não é desvendar e apresentar a “verdadeira” origem ou delinear a sequência de fatos “correta”¹. Não obstante, como um procedimento de investigação válido, considero que a exploração e interpretação de artefatos do presente e do passado - através de experiências, registros e vestígios - possibilita a criação de um cenário capaz de auxiliar no entendimento de um aspecto central da tese: os processos de construção - imaginativa, lógica e material - viabilizados por operações de simples composição com “unidades”.

2.1.1 PRIMEIRO, OS BLOCOS DE ALFABETO

Como bem aponta Salter (2011), o momento exato em que crianças transformaram blocos em estimados objetos de brincadeira é virtualmente impossível de ser definido - certamente sobras de cortes de madeira eram manipuladas por pequenas mãos muito antes de qualquer forma de registro histórico. Assim que, para construir uma historiografia desses artefatos, alguns pontos de referência já levantados foram utilizados.

Diversos autores que já se ocuparam do tema (PROVENZO; BRETT, 1983) (WELLHOUSEN; KIEFF, 2000) (HEWITT, 2001) apontam como marco inicial na história dos blocos de montar a publicação de 1693 *Some Thoughts Concerning Education*, escrita pelo médico e filósofo inglês John Locke [1632–1704]. Nessa coletânea de pensamentos, Locke defende a importância de atividades

1 Ver também Apêndice I dessa tese

lúdicas na educação e aprendizagem das crianças e faz referência ao uso de blocos no processo de alfabetização infantil:

(...) as I said before, it must never be imposed as a task, nor made a trouble to them.
There may be dice and play-things, with the letters on them to teach children the Alphabet by playing; (...) , to make this kind of *Learning a Sport* to them.
 § 142. Thus children may be cozen'd into a knowledge of the letters; be taught to read, without perceiving it to be anything but a Sport, and play themselves into that which others are whipp'd for. (...)

(LOCKE, 1693, p. 177)

Recentemente um artigo jornalístico (SMITH, 2017) deu destaque a um registro anterior de conteúdo semelhante, porém, escrito quase um século antes da referência acima citada. Como devidamente apontado pela historiadora Alice Morse Earle (1899), podemos verificar que em um trecho no livro *The Jewel House of Art and Nature (...)*² de autoria de Sir Hugh Plat (Figura 2.1) - originalmente publicado em 1594 - há uma descrição³ bastante clara e direta:

44. A ready way to children to learn their A.B.C. Cause 4 large **dice of bone or wood** to be made, and upon every square, one of the small **letters** of the cross row to be graven, but in some bigger shape, **and the child using to play much with them**, and being always told what letter chanceth, **will soon gain his Alphabet, as it were by the way of sport and pastime.** (...)

(PLAT, 1653, p. 42)

Sem entrar no mérito de crédito e originalidade, ao analisar os títulos e o tom de ambas publicações é possível inferir que, enquanto a nota de Sir Hugh Plat se encontra imersa em uma coletânea de invenções e experimentos do autor, bem diversos entre si - apenas como uma entrada entre muitos outros registros - o texto de John Locke demonstra um discurso mais coeso a respeito da educação, que reflete uma transformação mais ampla no seu contexto cultural. Com características distintas essas duas referências podem de ser vistas como indícios de duas linhas - certamente entrelaçadas - de análise historiográfica dos blocos de montar infantis.

Por um lado - como vemos em Plat - temos a prática de invenção e criação de brinquedos como uma atividade social e também econômica⁴. Desde sua publicação essa prática extrapolou a pro-

2 O título completo da publicação é particularmente longo e curioso: *The jewel house of art and nature: containing divers rare and profitable inventions, together with sundry new experiments in the art of husbandry: with divers chymical conclusions concerning the art of distillation, and the rare practises and uses thereof. Faithfully and familiarly set down, according to the authours own experience*

3 Outra referência a esse extrato textual de Sir Hugh Plat também foi feita pelo teórico literário Jonathan Goldberg no seu livro sobre prática de escrita, páginas 160 e 161. GOLDBERG, J. *Writing matter: from the hands of the English Renaissance*. Stanford, Calif.: Stanford University Press, 1990.

4 O livro de Plat apresenta seus conhecimentos e experiências sobre “a arte e a natureza” dentro do contexto da Renascença, porém de um ponto de vista contemporâneo é possível relacionar sua listagem de descrição de ideias como uma forma de proteção às invenções e direitos autorais de exploração e de ganhos financeiros.

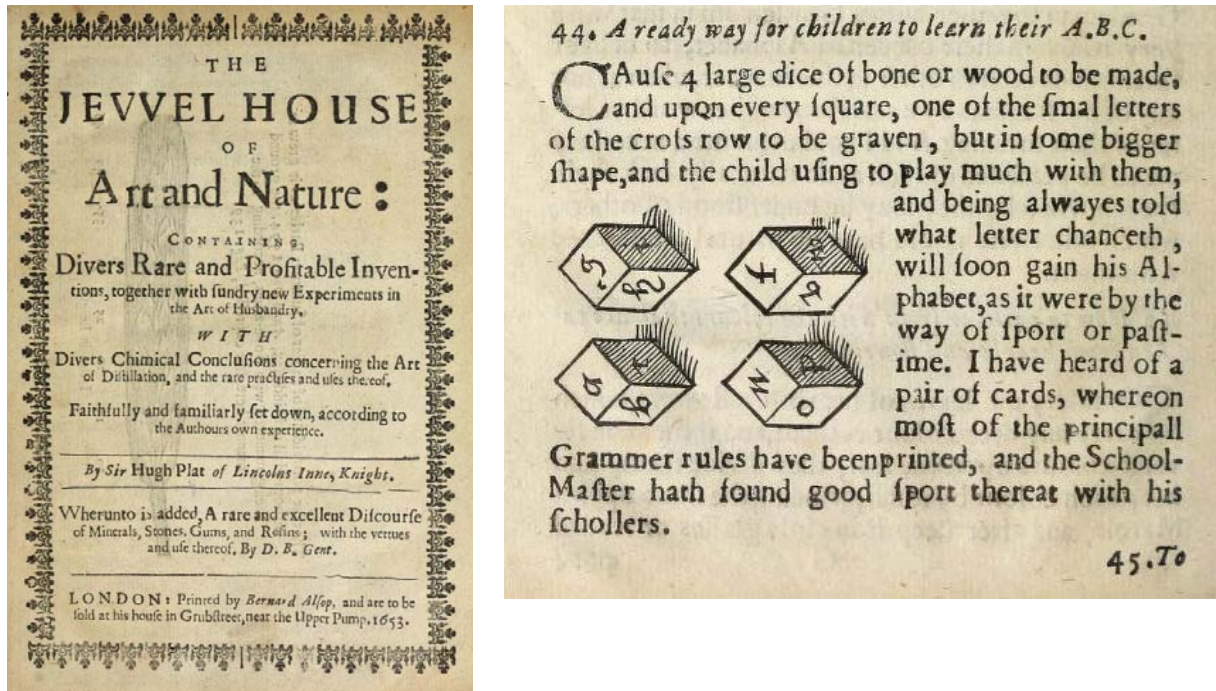


Figura 2.1 Livro *The Jewell House of Art and Nature* - contracapa e fragmento do texto
Imagem: (PLAT, 1653)

dução artesanal em pequena escala e, através do sistema de registro de patentes e a subsequente produção industrial, houve uma distribuição progressiva dos mais diferentes blocos de montar a um público de dimensões consideráveis.

Por outro lado, John Locke - um dos precursores do iluminismo - representa aqui uma mudança frente a educação e a posição da criança na sociedade. Tal transição abriu caminho para inovações na pedagogia infantil onde, ainda hoje, os blocos de montar desempenham um papel significativo.

2.1.2 O PAPEL DOS BLOCOS DE MONTAR NO ENSINO INFANTIL

Como parte dessa linha de renovação educacional, em 1798 a escritora inglesa Maria Edgeworth juntamente com seu pai Richard Lovell Edgeworth publicaram um tratado intitulado *Practical Education*. Nesse texto em dois volumes - que relaciona as ideias de Locke com pensamentos de outros filósofos e educadores - os autores advogam que as crianças precisam de objetos para exercitar seus sentidos de imaginação e suas faculdades de invenção e imitação, ressaltando com isso o grande potencial educativo dos brinquedos. (EDGEWORTH; EDGEWORTH, 1789, 1789b)

Outra figura importante no contexto educacional, valorizando a prática e a experiência no processo de aprendizagem das crianças, o educador suíço Johann Heinrich Pestalozzi [1746–1827] foi influenciado pelas ideias do filósofo francês Jean Jacques Rousseau e, por sua vez, influenciou o pensamento do educador alemão Friedrich Froebel [1782–1852]. A importância de Froebel se iguala a

de Rousseau e Pestalozzi como um dos pioneiros da educação moderna (ORNSTEIN; LEVINE, 2007) por suas significativas contribuições - no caso de Froebel referente a criação do conceito de *kindergarten* (“jardim de infância”) e ao desenvolvimento de uma série ordenada de objetos manipuláveis para crianças chamados de *Spielgaben* - ambos por volta do ano de 1840.

Como educador e criador de um sistema de materiais tangíveis para uso na formação da criança Froebel é de tal maneira relevante que mereceu um estudo paralelo aprofundado e será apresentado separadamente nesta tese. Por ora, cabe ressaltar que o uso de blocos de montar na educação formal infantil está calcado no seu trabalho inovador.

Entre os *spielgaben* - também conhecidos como *gifts* ou “dons” - os conjuntos de número três ao seis apresentam a relação entre partes e o todo através da manipulação e construção a partir de unidades: eram formados por cubos repartidos em outros cubos ou blocos menores - aumentando o número de peças em uma complexidade crescente - com os quais a criança poderia formar composições variadas e, ao terminar, deveria guardar em uma caixa específica.

Como educador e criador de um sistema de materiais tangíveis para uso na formação da criança, Froebel é de tal maneira relevante que mereceu um estudo paralelo aprofundado e será apresentado separadamente nesta tese. Por ora, cabe ressaltar que o todo o desenvolvimento dos blocos de montar na educação e entretenimento infantil está calcado no seu trabalho inovador.

O conceito do *kindergarten* e o uso dos dons de Froebel foram difundidos através de seus discípulos alcançando grande parte do globo e, a partir do começo do século XX, novos educadores desenvolveram conjuntos de blocos manipuláveis semelhantes como parte de suas propostas pedagógicas. A educadora americana Patty Smith Hill [1868-1946], ao associar as teorias e métodos de Froebel com as de outros educadores, desenvolveu sua própria abordagem para qual criou um novo conjunto de blocos, maiores e mais pesados (Figura 2.3 e Figura 2.2). Outra educadora americana, Caroline Pratt [1867-1954] se inspirou nos blocos maiores de Patty Hill para criar seu conjunto que denominou de *Unit Blocks* (Figura 2.4 e Figura 2.5). Já a médica e educadora italiana Maria Montessori [1870-

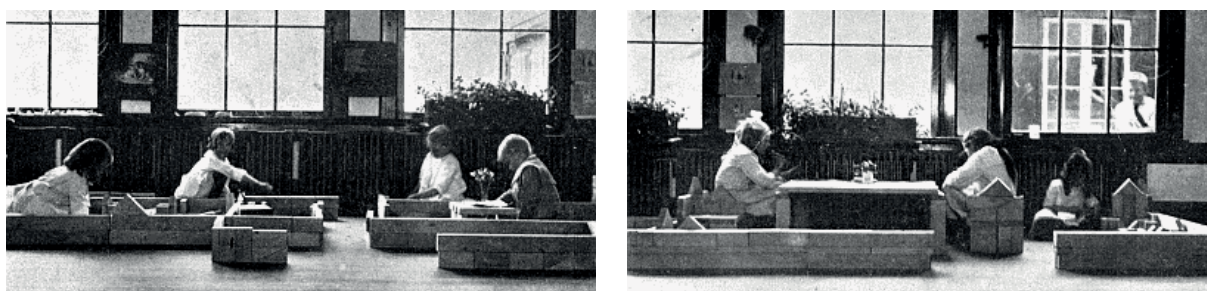


Figura 2.2 Hill Floor Blocks - Crianças brincando na Gregory Avenue School.
Imagem: (LEE HUNT, 1918)



Figura 2.3 Hill Floor Blocks - Ilustração de crianças utilizando os blocos, demonstrando o sistema de encaixes.

Imagem: (FOWLKES, 1984, p. 47)

Patty Smith Hill blocks—a new challenge to children



TWO YEARS
A structure resembling nothing in particular, is set up by a 2-year-old. Though its significance may not be apparent to an adult, structure is meaningful to the child.



FIVE YEARS
A warship is bombed by a pair of 3-year-olds. In the 3-year-old group at City and Country School, children begin to cooperate with each other on building projects.



THREE YEARS
A bridge is built by 3-year-olds over a string of blocks representing a train. Bridge and train are among first representational structures children succeed in building.



SIX YEARS
Suspension bridge is triumph of 6-year-olds' block building. Such a project starts group play, inspiring other children to build associated highways, docks, houses.



FOUR YEARS
A ship's bow and a tower (at left) are constructed by two 4-year-olds. With greater facility in handling blocks, 4-year-olds make things that grownups can recognize.



SEVEN YEARS
A dairy farm is operated by 7-year-old. The animals are bedded down in real hay. Cotton represents snow. Seven-year-olds use more props in carrying on their play.

Figura 2.4 Unit Blocks
Imagens: Reportagem na revista americana LIFE (1945)
<https://books.google.com.br/books?id=IIMEAAAAMBAJ>

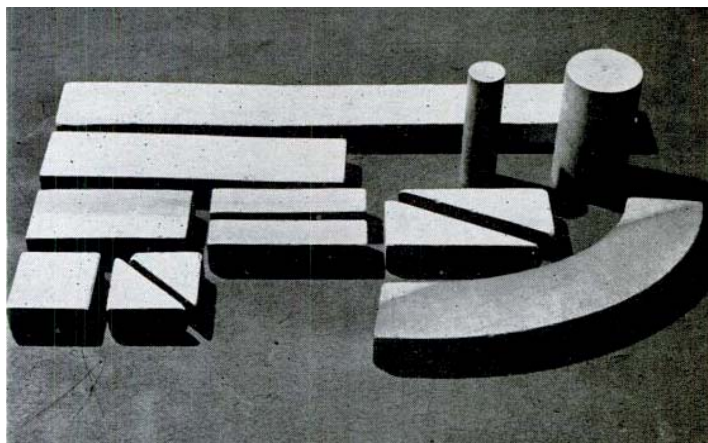


Figura 2.5 Unit Blocks - módulos
 Imagens: Reportagem na revista americana LIFE (1945)
 (<https://books.google.com.br/books?id=IIMEAAAAMBA>)



Figura 2.6 Crianças com materiais montessorianos (Torre Rosa, Barras Vermelhas e Escada Marrom)
 Imagem à esquerda: <http://www.dalbysandbymontessori.se/om-montessoripedagogiken/>
 Imagem à direita: <https://lamaternelledesenfants.wordpress.com/2015/08/04/la-classe/>

1952] incorporou o uso de blocos variados em diferentes materiais de sensibilização (Figura 2.6) desenvolvidos para sua pedagogia.

2.1.3 A COMERCIALIZAÇÃO DOS BLOCOS DE MONTAR

É interessante ressaltar que o conceito de composição de blocos ou peças geométricas não é uma simples criação europeia. Por exemplo, sabe-se que por volta do ano de 1800 o puzzle chinês *Tangram* chegava ao continente europeu. O registro mais antigo dessa chegada data de 1802 - uma caixa presenteada a um dos filhos do importador e dono de navios Robert Waln (Figura 2.7). Formado por um quadrado dissecado em sete partes, o desafio do *Tangram* reside em rearranjar suas peças para compor diversas formas predefinidas. O puzzle tornou-se uma febre de popularidade na década subsequente e a partir da década de 1860 passou a ser incorporado nas escolas como facilitador da educação infantil. (SLOCUM, 2008). Ou seja, de um produto de mercado ele se tornou também um material educativo - fazendo assim o caminho contrário de muitas variantes dos blocos de madeira idealizados por Froebel.



Figura 2.7 Tangram

Imagem: Conjunto de blocos de mármore apresentado por Robert Waln à seu filho Francis (1802) (SLOCUM, 2008)

É notório que, a partir da segunda metade do século XIX uma série de patentes (Figura 2.8) começa a aparecer, tanto em relação a produção específica de blocos como técnicas a eles relacionados (“Google Patents”, [s.d.]). Por exemplo, em 1858 temos o registro de uma patente para a produção de blocos de alfabeto (HILL, 1858) pela companhia de *S.L. Hill* em Nova York que também registra, em 1865, uma outra patente para blocos com impressões arquitetônicas em suas superfícies (HILL, 1865). Já em 1880, *The Embossing Company of Albany*, também de Nova York, patenteia um processo para a criação de madeira ornamentada relacionado a um avanço na técnica de pintura nas superfícies dos blocos para torná-los multicoloridos (PRUYN; HYATT, 1880).

O conjunto conhecido como *Anker-Steinbaukasten* ou *Anchor Stone Building Blocks* (Figura 2.9) foi uma resposta comercial ao sucesso do sistema de blocos simples elaborado para o jardim de infância. Criados pelos irmãos Gustav e Otto Lilienthal com inspiração direta no trabalho de Froebel, os blocos *Anker* eram feitos não mais de madeira crua, e sim coloridos (tons de amarelo, azul e vermelho) e pré-moldados como uma pedra artificial criada a partir de uma mistura de areia de

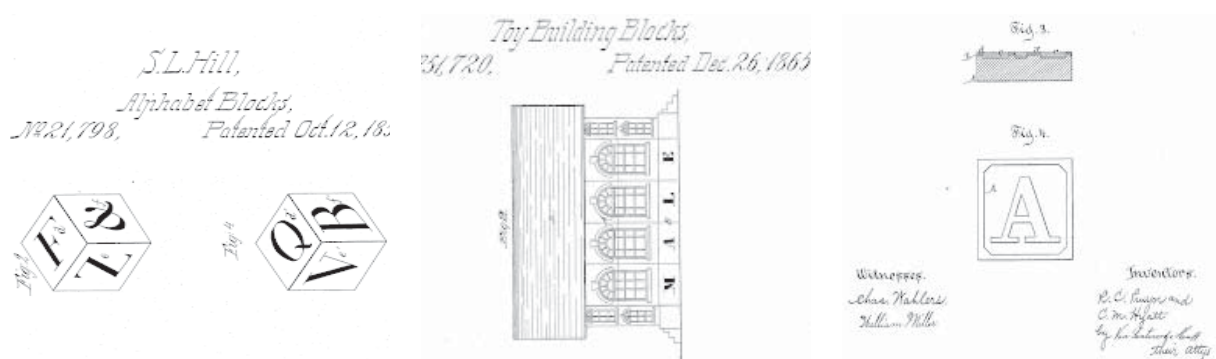


Figura 2.8 Ilustrações dos registros de patente

Imagens: À esquerda: “Spelling-Block” 1858; No centro: “Toy Block” 1865; à direita “Ornamenting Wood” 1879

quartzo, giz em pó, diferentes corantes e óleo de linhaça (LILIENTHAL; LILIENTHAL, 1880). Em comparação com a madeira, o novo material para confecção de blocos fornecia uma maior durabilidade das cores e forma e também mais estabilidade nas composições com os blocos, graças ao bom acabamento e maior peso. Para Gustav Lilienthal - já influenciado pelo trabalho com o design de brinquedos didáticos realizado a serviço do educador Dr. Jan Georgens - os blocos de montar deveriam atender não apenas crianças mas também auxiliar adultos na elaboração de modelos arquitetônicos (LUKASCH, 2000). Nas mãos do já bem sucedido empreendedor Friedrich Adolph Richter - que em 1880 adquiriu o conceito dos irmãos Lilienthal - o conjunto se tornou extremamente popular e dominou o mercado dos brinquedos de construção até a primeira guerra mundial. (SALTER, 2011).

Logo no início da fabricação dos *Anchor Blocks*, Richter reconheceu a oportunidade de investir no mercado hobbista adulto, algo que envolveu além da produção de novas peças e conjuntos mais refinados também estratégias específicas de marketing. Por exemplo, em 1887 foi lançado o primeiro conjunto especial: a “Casa do Papa”. Como promoção do material um modelo utilizando o conjunto foi exposto no Vaticano e como reconhecimento ganhou a medalha de prata da exibição. Nos anos seguintes outros conjuntos semelhantes foram produzidos, como “A Grande Igreja Romanesca” com mais de 4000 peças e a “Grande Ponte” com mais de 1800 peças. Tais conjuntos continuaram participando de outras exposições de grande visibilidade e peças individuais complementares começaram a ser comercializadas separadamente. Os conjuntos especiais não eram baratos e era perceptível que eles não haviam sido pensados para crianças. (HARDY, 2007).

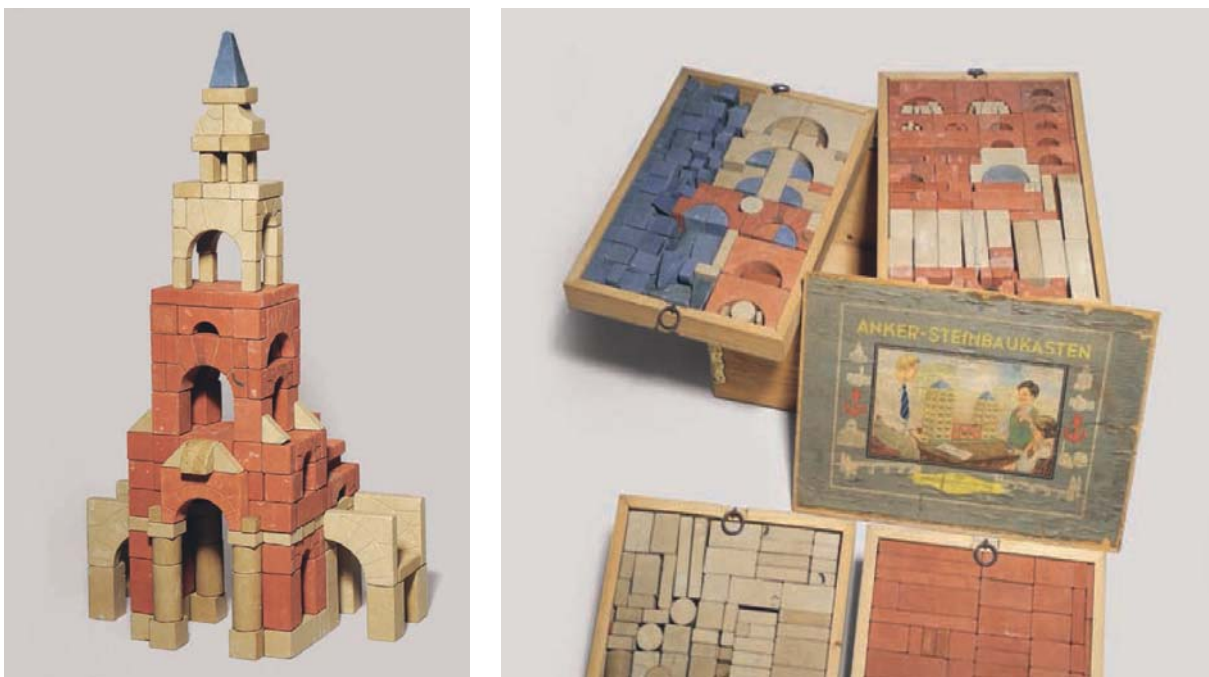


Figura 2.9 Anker-Steinbaukasten ou Anchor Stone Building Blocks
Imagens: (BORDES, 2016, p. 95 e p. 25)

Em 1898 o inglês Frank Hornby lança no mercado britânico o *Meccano* (Figura 2.10), um sistema de peças para construção de modelos mecânicos voltado para o público infantil. Embora o conjunto não fosse formado propriamente por “blocos”, suas pequenas vigas e placas metálicas com dimensões modulares além de peças mecânicas conectáveis por parafusos e porcas ampliaram e consolidaram a tradição dos brinquedos de composição e construção.

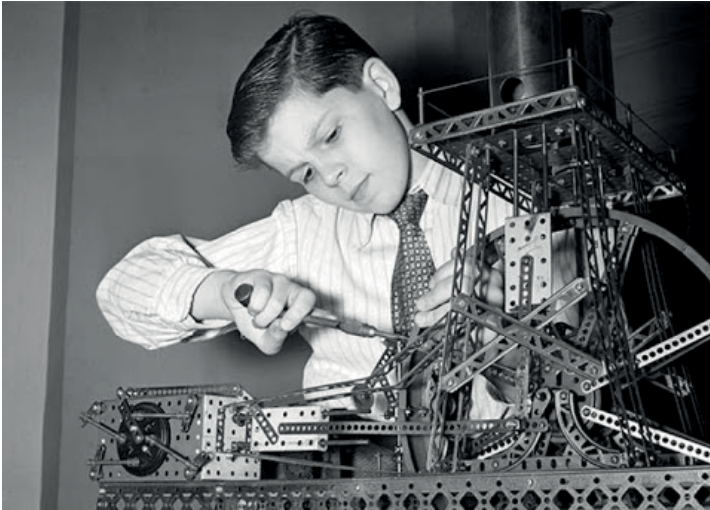
Meccano também é considerado um dos primeiros usos de metal nos brinquedos de construção, abrindo o caminho para muitos outros. Um deles foi *Kliptiko* (Figura 2.11), também desenvolvido na Inglaterra pela empresa *William Bailey Ltd of Birmingham* em 1913, que utilizava tubos metálicos interconectáveis (SALTER, 2011). Também no ano de 1913 um conjunto quase indistinto ao *Meccano* começou a ser comercializado nos Estados Unidos com o nome de *Erector*⁵.

Um outro conjunto muito popular, *Tinkertoy* (Figura 2.12), foi lançado em 1914 nos Estados Unidos. O inventor, Charles Hamilton Pajeau, teve a ideia para o conjunto após observar admirado crianças brincando e criando estruturas espaciais apenas com lápis e carretéis de linha vazios. O sistema consistia em rodas de madeiras (de 5 cm de diâmetro) com 8 furos laterais (a cada 45 graus) e 1 no topo que funcionavam como junções para varetas de diferentes comprimentos. Na verdade, as diferentes dimensões das varetas foram cuidadosamente pensadas para que as construções fossem baseadas em triângulos retângulos, garantindo assim a estabilidade das estruturas.

Seguindo o sucesso dos conjuntos *Meccano-Erector* e *Tinkertoys*, por volta de 1916 John Lloyd Wright [1892-1972] - segundo filho de Frank Lloyd Wright, também arquiteto além de inventor de brinquedos - desenvolveu um kit de construção com características semelhantes ao tradicional sistema construtivo americano *log cabin* - onde casas eram construídas apenas com toras rústicas de madeira. Curiosamente, registros apontam que ele foi inspirado no sistemas de vigas à prova de terremoto desenvolvido como parte do projeto arquitetônico para o Hotel Imperial de Tokyo, no qual John Wright participou como auxiliar do pai.

Com o conjunto (Figura 2.13) , composto por pequenas peças cilíndricas de madeira com entalhes que permitem uma sobreposição estável, crianças poderiam construir modelos realísticos de cabanas americanas do período colonial e outras estrutura semelhantes. Em 1918 ele começou a ser comercializado, porém foi somente em 1920 que Wright obteve a patente do sistema e em 1923 o famoso nome *Lincoln Logs* foi registrado. No registro da patente Wright (1920) descreve: “Este invento refere-se a melhoramentos em brinquedos e mais particularmente a brinquedos educativos calculados para desenvolver as inclinações construtivas de uma criança.” Com popularidade contínua através dos anos, *Lincoln Logs* acabou entrando em 1999 para o *Toy Hall of Fame* dos Estados Unidos - assim como aconteceu com *Tinkertoy* um ano antes.

5 No ano 2000 a empresa *Meccano* comprou a marca *Erector* e com isso unificou a tradição dos dois conjuntos em um só produto.



Look, Boys!
—isn't it great?



You Can Build This Battle "Tank" With MECCANO



Oh, the pride and joy of having a new toy every day! Why, you can't conceive of the hours and hours of glorious fun you can have till you try your hand at it. Here's a perfect working model of one of those victorious battle "Tanks" that crash through barb wire entanglements and over trenches. You can make this and hundreds upon hundreds of other wonderful machines if you own a set of

MECCANO
Toy Engineering For Boys

No study needed. The Meccano Manual, free with all regular sets, tells how. But—be sure you get MECCANO. Look for the name on the box. No other make will build such fine, accurate, engineering models.

Send for MECCANO Wonder Book

Send names and addresses of yourself and three boy friends and you will receive the Wonder Book telling all about Meccano, a free trial subscription to the "Meccano Engineer," and tokens of \$1000. Price Constant. Send now so you and Dad can decide on your present.

Prices of Meccano Sets

No. 00	\$1.00
No. 1	1.50
No. 2	2.00
No. 3	3.00
Adult Set	40.00

Send present on receipt of price if not at your dealer's.

MECCANO COMPANY, Inc., Bldg. 10-S, Bush Terminal, BROOKLYN, N. Y.

Figura 2.10 Erector / Meccano

Imagens: À esquerda, Menino brincando com um conjunto em 1935

(<https://entertainment.howstuffworks.com/10-antique-toys-that-still-look-like-fun.htm>) © BETTMANN/CORBIS)

À direita, Propaganda publicada em revista - 1917

(<http://www.atticpaper.com/proddetail.php?prod=1917-meccano-erector-set-ad-battle-tank>)

If you want to give your boy a priceless gift the way is easy—give him

KLIPTIKO

the simplest of all the great constructional toys, as no screws are used, and the only tools required are the fingers.



A KLIPTIKO outfit is a proud possession for any boy. It affords him all the apparatus for building bridges, towers, cranes, sand wheels, roundabouts, and many other structural and mechanical things. In fact the possibilities of KLIPTIKO are practically unlimited. What a vista of happy experiment and gratifying achievement lies open to the KLIPTIKO boy!

This splendid toy derives its name from the fact that all the pieces clip together. No screws or screwdrivers wanted, and if a piece should get lost the rest is not spoiled, as with some toys. The pieces are clipped together very easily, yet a complete structure such as of the Eiffel Tower on this page is quite rigid and can be carried about.

KLIPTIKO is much more than a toy. It is a practical educator for all boys, and a boon to a "building" engineer. A toy that is so wide in its scope, so instructional while being amusing, so suggestive of ideas, is really a necessity for the fullest happiness of the rising generation.

All the up-to-date toy dealers and large stores stock KLIPTIKO, which is made by

WILLIAM BAILEY,
VICTORIA WORKS, WEALAN STREET,
BIRMINGHAM



Set No. 3

Figura 2.11 KLIPTIKO

Imagens: À esquerda, Propaganda publica na revista My Magazine - 1920

(<https://www.wallmags.com/product-ads/h4287F09A#h4287f09a>)

À direita, Conjunto número 3 - Desenho promocional de 1939.

(<https://www.brightontoymuseum.co.uk/index/Category:Kliptiko>)

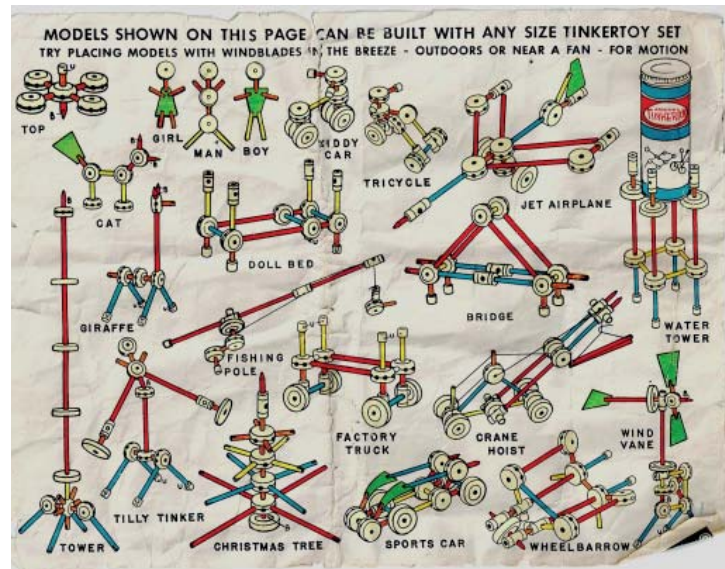


Figura 2.12 Tinkertoy

Imagens: À esquerda, duas crianças com uma estrutura de moinho de vento - 1917

(<https://www.alamy.com/stock-photo-two-children-with-tinkertoy-windmill-27716056.html>)

À direita, Página do manual - anos 1950

(<https://edna.photorik.com/spielzeug-basteln-best-ever/>)

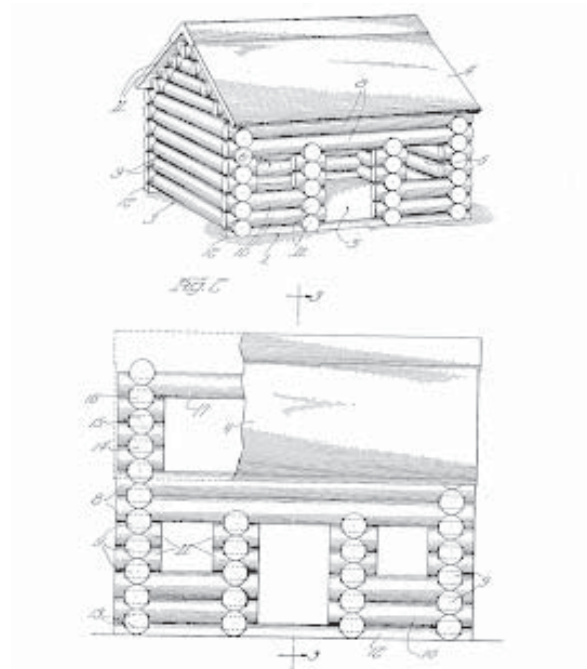


Figura 2.13 Lincoln Logs

Imagens: À esquerda - Conjunto Lincoln Logs, coleção de Allan Coffman. (HEWITT; PETROSKI, 1997, p. 24)

À direita - Ilustrações da patente "Toy Cabin Construction", 1920, por J. L. Wright.

Em 1923, como estudante da *Bauhaus*, a designer Alma Siedhoff-Buscher [1899-1944] criou o icônico conjunto de blocos de montar *Bauhaus Bauspiel: Ein Schiff*, ou, *Kleine Schiffbauspiel* - conhecido também pelo nome em inglês *Small Ship-Building Game* (Figura 2.14). Adicionando aos habituais volumes retos peças de formas sinuosas - que remetem, mas não se limitam, aos cascos e velas de embarcações - o conjunto apresenta seus blocos nas cores primárias - já uma assinatura da Bauhaus - complementadas pelo verde e branco. Com 22 peças feitas com apenas dois pedaços de madeira, quando guardado na sua caixa o conjunto retornava a sua forma retangular inicial. (BAUHAUS KOOPERATION, 2019a; 2019b)

Produzido no contexto da primeira exposição da Bauhaus de Weimar naquele ano, o conjunto foi exibido no quarto de crianças da casa modelo *Am Horn* - que contou também com outros mobiliários projetados por *Siedhoff-Buscher*. Entre eles um armário para brinquedos (Figura 2.15) quase pode ser considerado um outro conjunto de blocos em maior escala: utilizando modularmente elementos geométricas polivalente, era formado por caixas que podiam ser usadas para armazenagem mas também como grandes blocos de montar. (GARCIA et al., 2016)

Apesar de Siedhoff-Buscher destacar o caráter essencialmente plástico do seu *Bauspiel* se opondo ao caráter puramente funcional dos conjuntos pedagógicos para crianças, isso não invalidou o reconhecimento do seu valor no contexto educacional: em 1924 o *Bauspiel* foi exposto na celebração *Froebel Day*, que ocorreu na cidade de Jena, em outras exposições subsequentes, além de ser distribuído por *Pestalozzi-Froebel-Verlag* entre os anos de 1926 e 1933. (MEHRING, 2009) O produto voltou a ser produzido em 1977 pela empresa suíça *Naef* e continua disponível ainda hoje. (“Bauhaus Bauspiel”, [s.d.]

Indo além da simples sobreposição de blocos que dependiam do atrito e gravidade para sustentar as construções e os conjuntos baseados em princípios de engenharia, ainda na década de 1910 temos conhecimento de dois conjuntos de peças interconectáveis [*interlocking*] feitos em madeira - *Dometo* e *Vileto* - que foram produzidos pela *Irish Toy Industry of Belfast* (SALTER, 2011). Blocos interconectáveis de borracha são desenvolvidos na Inglaterra na década de 1930, com o bloco *Minibrix* (Figura 2.16) produzido por *Premo Rubber Company of Petersfield* de 1935 à 1976. Já o primeiro conjunto de blocos de montar interconectáveis produzido em plástico foi o *Bri-Plax* (Figura 2.17) desenvolvido em 1939 por Hilary Fisher Page [1904–1957] da *Kiddicraft*. Somente dez anos depois (em 1949) a companhia dinamarquesa *LEGO Group* lança seus populares blocos de plástico ainda sob o nome de *Automatic Binding Brick* (Figura 2.18). Na década de 1960, pensando como público alvo crianças mais novas ainda em idade pré-escolar, a *LEGO* começou a desenvolver uma versão maior de seus blocos plásticos e, em 1969, a variante *Duplo* foi lançada no mercado (Figura 2.19).



Figura 2.14 Bauspiel “Small Ship-Building Game” por Alma Siedhoff-Buscher [1924]

Imagens: À esquerda (<https://www.bauhaus100.de/en/past/works/design-classics/kleines-schiffbauspiel/>)

À direita (BORDES, 2016, p. 58)



Figura 2.15 Mobiliário para Haus Am Horn por Alma Siedhoff-Buscher. [1923-24]

Imagem: (KINCHIN; O’CONNOR; HARROD, 2012, p. 78)



Figura 2.16 Minibrix

Imagem: Minibrix construction toy, cerca de 1936. (<https://collection.maas.museum/object/108980>)



Figura 2.17 Bri-Plax, por Hilary Page - 1939

Imagens: À esquerda, Bri-Plax Interlocking Building Cubes - 1939
(<https://www.flickr.com/photos/43465756@N04/48084975933/>)

À direita, Detalhe das peças Bri-Plax Interlocking Building Cubes - 1939
(<http://www.hilarypagetoys.com/Home/Products/3/2>)



Figura 2.18 Automatic Binding Bricks, 1949

Imagens: (<https://www.lego.com/ru-ru/legohistory/automatic-binding-bricks>)

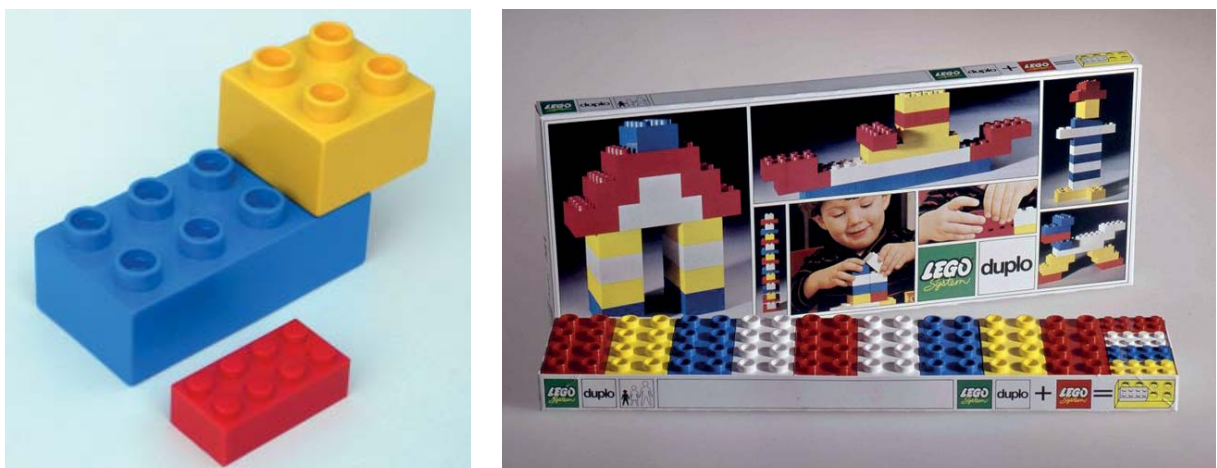


Figura 2.19 Lego Duplo, 1969

Imagens: À esquerda, comparação de tamanho entre peças Lego Duplo e Lego.

(https://en.wikipedia.org/wiki/Lego_Duplo)

À direita, primeiro conjunto Lego Duplo - 1969

(<https://www.lego.com/en-us/themes/lego-history/articles/lego-duplo-3a986af3add647f0a15981ec9ae9a611>)

No início da década de 1950, o casal de designers Charles e Ray Eames desenvolveu para produção industrial uma série de brinquedos modulares: *The Toy*; *The Little Toy*, *Small House of Cards*, *Giant House of Cards* (Figura 2.20). Todos eles eram kits que permitiam arranjar, compor e construir estruturas espaciais. *The Toy* - lançado em 1951 e produzido pela empresa *Tigrett Enterprises* até 1961 - consistia em um conjunto leve composto por varetas e painéis em cores vibrantes que podiam ser enrolados e guardados em uma longa e estreita caixa octagonal. Utilizando furos nas extremidades dos elementos e conectores flexíveis, crianças e adultos eram capazes de montar uma variedade de formas, construindo estruturas grandes o suficiente para circundar e adentrar - enfim, habitar o espaço criado. Em uma entrevista (EAMES; EAMES, 2015), Charles Eames cita Buckminster Fuller como inspiração para as características que eles buscavam nesse conjunto. Um dos trechos da patente para o sistema esclarece a intenção de:

“fornecer um brinquedo de construção no qual os componentes podem ser montados de forma rápida e fácil para formar unidades de construção na forma de estruturas geométricas cobertas, unidades essas que, por sua vez, podem ser facilmente fixadas umas às outras em posições selecionadas pelo uso de elementos de ligação de construção simples e conveniente.”⁶

(EAMES, 1955, tradução da autora)

Lançado logo no ano seguinte, *The Little Toy* foi um kit similar, um produto com os mesmos princípios porém em menor escala. Foi também em 1952 que o brinquedo mais bem sucedido dos Eames entrou no mercado: o baralho *House of Cards*, produzido em diferentes versões e três tamanhos diferentes (*Small*, *Medium* e *Giant*). Mais do que um simples baralho, o *House of Cards* foi pensado como um sistema espacial modular onde cada unidade contava com 6 cortes laterais regularmente espaçados, permitindo com isso inúmeras combinações e construções tridimensionais por encaixes. Outro aspecto particular desse baralho foi também a riqueza visual das imagens escolhidas para estampar cada carta: na primeira versão eram fotografias coloridas de objetos cotidianos e em outras eram padrões têxteis ou ainda imagens do universo computacional.

A historiadora Amy Ogata (2013) aponta que uma cultura do jogo e da brincadeira [*play ethos*] permeou os círculos mais experimentais de design e arquitetura, especialmente depois da tradução para o inglês do livro *Homo Ludens* de Johan Huizinga em 1950. Certamente o trabalho dos Eames, não apenas com brinquedos, é um exemplo dessa valorização.

6 No original: “Another object is to provide a building toy in which the component parts may be quickly and easily assembled to form building units in the form of covered geometric frameworks, which units, in turn, may be easily secured to one another in selected positions by the use of connecting members of simple and convenient construction.”

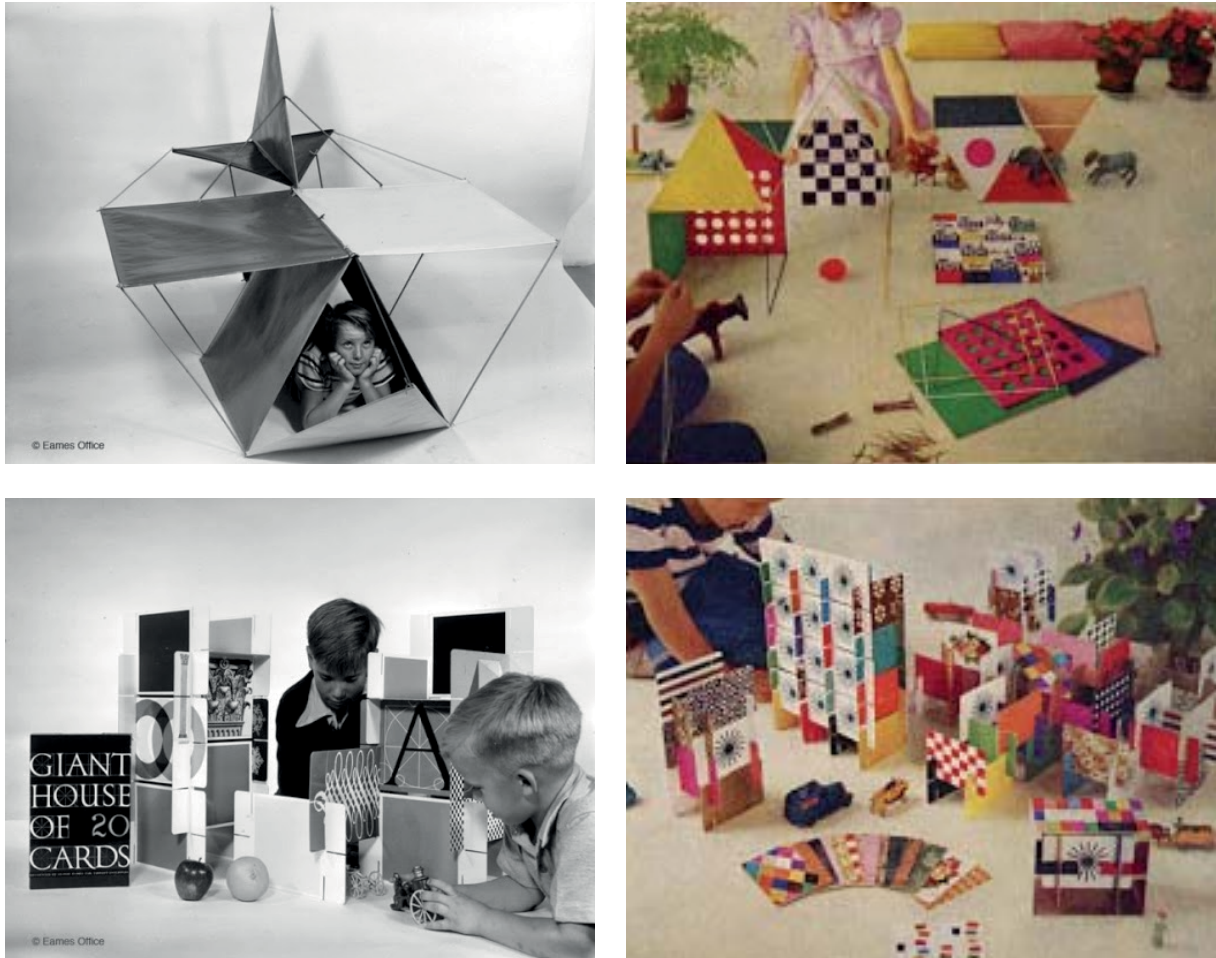


Figura 2.20 Brinquedos modulares por Eames Office no início da década de 1950. Imagens em sentido horário: The Toy [1951]; The Little Toy [1952]; (Small) House of Cards [1952]; Giant House of Cards [1953] (<http://www.eamesoffice.com/catalog-category/toys/>)

2.1.4 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

A partir do momento que os blocos de montar passam a ser comercializados a conexão com a arquitetura já se mostra clara. Se por um lado temos os blocos de letras e de figuras como uma tentativa de alfabetizar e construir vocabulário através da brincadeira, por outro, temos os conjuntos de blocos com impressões superficiais que imitam tijolos e contêm peças diferentes entre si que remetem a elementos específicos de construções (ex: torre com um relógio, arcos, etc.) (Figura 2.21) - imagem que facilmente associamos aos kits “pequeno arquiteto” ou “pequeno engenheiro” com os quais muitos de nós brincamos quando criança. Nesses últimos aparece a intenção de transmitir uma herança cultural através da modelagem de estruturas e estilos arquitetônicos (HEWITT, 2001), fazendo assim uma correspondência com o seu contexto social. Diversos blocos foram criados como variações desse mesmo tema, trabalhando diferentes referências arquitetônicas.



Figura 2.21 Blocos tipo “Pequeno Arquiteto-Engenheiro”
 Imagens: À direita - The Embossing Company’s Architectural Blocks de 1907 (BORDES, 2016, p97)
 À esquerda - “Brincando De Engenheiro” da Xalingo, comercializado atualmente (<https://www.bigcerebro.com.br/>)

Boys Today—Men Tomorrow!

ERECTOR

The most wonderful construction toy in the world. Boys can make automobiles, bridges, cranes, even in fact any engineering that can be duplicated with a Gilbert Erector. The \$2.00 set has a credit electric motor that will lift 200 pounds. Erector is the very most best gift for it is the most popular toy in the Gilbert line.

THOUSANDS of young men from 18 to 34 years old, who are today making great strides in engineering, chemistry, and other sciences were Gilbert Toy boys just a few years ago. I have watched their progress with intense interest and I will tell you that I am mighty proud that our engineering boys have started their feet on the road to success. When I was a boy I loved to play with scientific things myself, but no one made the kind of toys that I wanted, so I said that some day I would make for a new generation of boys, toys that I wanted when I was a kid myself.

That is why there are wonderful Gilbert Toys for all kinds of scientific facts, electrical sets, telegraph sets, signal engineering, weather bureau outfit, civil engineering, hydraulic and pneumatic engineering, light experiments, sound experiments, glass blowing, micro-photography, as well as all kinds of magic outfits, and sets to perform tricks with coins, handkerchiefs and cards. There is a Gilbert Toy for every boy. They range in price from \$1.00 to \$10.00.

Make this the best Christmas you ever had in your life, get a \$5 Erector Set or any other Gilbert Toy for the kid teacher, boy friend or son.

A. C. GILBERT, President

THE A. C. GILBERT COMPANY,
New Haven, Conn.

IN CANADA
THE A. C. GILBERT (CANADA) CO., LIMITED
Toronto

GILBERT TOYS

IF YOU want to know more about Gilbert Toys send me for the Gilbert 1922 Year Book. It not only contains wonderful articles on radio, magic, sports, chemistry and engineering that will delight the heart of any boy, but it is also a complete catalog of Gilbert Toys. Use the coupon opposite.

The A. C. Gilbert Company,
120 Broadway Avenue,
New Haven, Conn.

Enclosed is \$1.00. Send the 1922 Year Book to:

Name _____
 Street _____
 City _____ State _____

What it is is beautiful.

Have you ever seen anything like it? Not just what she's made, but how proud it's made her. It's a look you'll see whenever children build something all by themselves. No matter what they've created.

Younger children build for fun. LEGO® Universal Building Sets for children ages 3 to 7 have colorful bricks, wheels, and friendly LEGO people for lots and lots of fun.

Older children build for realism. LEGO Universal Building Sets for children 7-12 have more detailed pieces, like gears, rotors, and treaded tires for more realistic building. One set even has a motor. LEGO Universal Building Sets will help your children discover something very, very special themselves.

Universal Building Sets
 744
 7-12 years old
 177
 3-7 years old
LEGO

Figura 2.22 Publicidades refletem a ligação dos blocos de montar com os padrões culturais
 Imagens: À direita - Publicidade Lego, 1981(<http://i.imgur.com/xwAsW56.jpg>)
 À esquerda - Publicidade Erector, 1922 (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Erector_Set_Ad_1922.JPG)

Resumidamente, Hewitt (2001) identifica nos blocos de montar comercializados, desde sua origem, três ideias claras e distintas: a) o uso da unidade do bloco como superfície para exibição de símbolos - tais como letras, palavras e narrativas; b) a transmissão de uma herança cultural - através da modelagem de estruturas importantes e estilos arquitetônicos; c) foco puro na atividade construtiva - composição com formas simples e abstratas.

Provenzo e Brett (1983) retomam o pensamento do filósofo francês Roland Barthes [1915-1980] que em seu livro *Mitologias* (BARTHES, 1993) aponta os blocos de montar com liberadores da função de condicionamento social de muitos brinquedos - tais como bonecas, carrinhos, e todos os “mini-objetos” - valorizando a abertura à imaginação das crianças. É provável que essa ligação tenha sido feita àqueles desprovidos de superfícies imagéticas ou formas específicas (como os dons de Froebel), porém, entre os blocos de montar comerciais muitos não eram isentos da diferenciação de gênero (HEWITT; PETROSKI, 1997) (Figura 2.22), valorização da família e preparação profissional - conclusão inferida pelas imagens que ilustravam as caixas dos produtos, assim como seus slogans (BORDES, 2016). Durante a pesquisa do conjunto Erector identificamos nos antigos anúncios essa questão bem explicitada: “MECCANO - Toy Engineering For Boys”; “Boys Today, Men Tomorrow!”; “and my youngest is an architect - Boys love to build things”.

O desenvolvimento não “comercial” dos blocos de montar associado com novas ideias e propostas para educação infantil traçou uma linha paralela um pouco diferente. Começando com os blocos de Froebel - divisões matemáticas cubos de madeiras crua, que em seu projeto propunha tanto composições abstratas com valor estético como imitações de formas da realidade - passando pelos blocos maiores de Patty Smith Hill e Caroline Pratt e ainda os materiais Montessorianos, temos a construção e disseminação de outros valores: a) a capacidade imaginativa e autoral da criança, e b) o valor da composição formal, volumétrica e espacial.

Aqui a ideia moderna de racionalização se conecta com a ideia humanista de valorização do homem e de sua sensibilidade. Essas características podem ser associadas com o movimento moderno da arquitetura - o apuramento estético e sensível do arquiteto/autor criativo aliado a racionalização produtiva e construtiva.

2. 2

SPIELGABEN E O PENSAMENTO MODULAR EM FRIEDRICH FROEBEL

2.2.1 FRIEDRICH FROEBEL E O KINDERGARTEN - CONTEXTUALIZAÇÃO

De acordo com Provenzo & Brett (1983), pode-se creditar à Friedrich Froebel o primeiro uso sistemático de “blocos de montar” em um programa pedagógico infantil. A importância do trabalho de Froebel nesse contexto é tão significativa e duradoura que procurarei explicitar com mais detalhes o contexto de suas contribuições e delinear características e especificidades do sistema por ele desenvolvido.

Filho de um pastor luterano, Friedrich Froebel (Figura 2.1) nasceu em 1782 em uma pequena vila chamada Oberweissbach, no estado da Thuringia - localizada na região central do país que hoje conhecemos como Alemanha. Com uma disposição sensível e um caráter sonhador, Froebel vivenciou uma infância solitária e passou muito de seu tempo caminhando pelos bosques locais - atividade que o estimulou a estabelecer uma profunda conexão entre sua crença em Deus e a diversidade e harmonia da Natureza. Estudiosos de Froebel (BROSTERMAN, 1997) (WESTON, 1998) destacam a importância dessa relação nos princípios educacionais que vieram fundamentar a sua pedagogia futura.

É igualmente importante destacar que a juventude de Froebel se deu em uma conjuntura política e social complexa. O final do século XVIII e começo do XIX foi um período conturbado na Europa e, com os desdobramentos da Revolução Francesa e os avanços territoriais beligerantes de Napoleão um sentimento de nacionalismo floresceu na região da Alemanha ainda não unificada. Paralelamente, uma forte cena cultural e filosófica se consolidou na região após a publicação da obra de Kant [1724-1804] “Crítica da Razão Pura” *Kritik der reinen Vernunft* em 1781. Figuras importantes dessa movimento - que posteriormente foi denominado de “idealismo alemão” - foram Fichte [1762-1814], Schelling [1775-1854] e Hegel [1770-1831] (WESTON, 1998). Nesse contexto, Froebel incorporou tanto a visão filosófica do idealismo como o sentimento nacionalista germâni-



Figura 2.1 Friedrich Froebel

Imagem: C.W. Bardeen, Publisher, c1897/Library of Congress, Washington, D.C.

Disponível em: <https://www.britannica.com/biography/Friedrich-Froebel>

co - chegando a servir como soldado voluntário no exército prussiano contra Napoleão entre 1813 e 1814.

Entre 1799 e 1816 Froebel realizou seus estudos de forma inconstante em três universidades - em Jena, Gottingen e, por fim, Berlim. Com um interesse particular em disciplinas que abordavam aspectos de ordem e classificação, se envolveu especialmente com o campo emergente da cristalografia, embora tenha desejado perseguir a carreira de arquitetura por um breve período antes de decidir se tornar um educador. Seu primeiro emprego como professor foi em 1805 em uma escola em Frankfurt, fundada por Gottlieb Gruner - um dos discípulos de Pestalozzi que foi responsável pela mudança de direcionamento profissional de Froebel, nele despertando a vocação pedagógica.

Depois de anos de experiências com educação infantil tanto na Alemanha como na Suíça (professor, tutor particular e até diretor de um orfanato), Froebel se tornou convencido da importância da educação das crianças menores, em idade pré-escolar. Foi em 1839 que, já com 57 anos, Froebel abriu sua primeira instituição educacional para essa faixa etária na cidade de Bad Blankenburg. Inicialmente chamada *Spiel- und Beschäftigungsbereiche* - em português algo como “Instituto do Jogo e Atividade” - foi renomeada em 1840 como *Kindergarten*, termo que Froebel cunhou para sintetizar o ensino e as ideias da instituição (Figura 2.2).



Figura 2.2 Kindergarten em Bad Blankenburg -

Imagem: Primeiro *kindergarten* fundado em Bad Blankenburg, registro de 1840.

Disponível em: [alamy.com/stock-photo-kindergarten-of-friedrich-froebel-in-bad-blanken-burg-1840-37019774.html](https://www.alamy.com/stock-photo-kindergarten-of-friedrich-froebel-in-bad-blanken-burg-1840-37019774.html)

Kindergarten, uma união das palavras *kinder* (crianças) e *garten* (jardim), além de representar a conexão entre homem e natureza, carrega o significado duplo de “jardim para crianças” e um “jardim de crianças” - simultaneamente dando destaque ao papel especial da natureza na formação infantil e criando um metáfora de um espaço onde as crianças poderiam ser “cultivadas” para florescerem em seus potenciais individuais. Essa visão contrastava radicalmente com a ideia, prevalente até então, da criança como um ser inerte e passivo, tal qual um pedaço de argila que deveria ser rigorosamente moldado por adultos para se adequar ao padrão vigente da sociedade.

Em seu livro *Inventing Kindergarten*, Norman Brosterman (1997) sintetiza o caráter desse sistema educacional em quatro aspectos fundamentais e inter-relacionados. Primeiro, o princípio filosófico romântico mais importante de Froebel: a crença na “unidade” de Deus, demonstrada na harmonia e diversidade da Natureza como lei primordial e regra estruturante de tudo que dela faz parte. Segundo, como chave do processo educacional, a valorização da “atividade própria” da criança, destacando o processo ativo e autônomo do aprendizado. Terceiro, o “brincar” como o princípio central de toda as atividades promovidas pelos professores para as crianças no *kindergarten*. E, por fim, como um interessante desdobramento dos aspectos anteriores, o uso de objetos manipuláveis como meio para aprendizagem.

A ideia do ensino através das “coisas concretas” tem referência nos escritos de Rousseau - especialmente seu livro *Emílio* de 1762 - e na prática pedagógica de Pestalozzi. Ambos pregavam a

substituição dos livros por experiências sensíveis com o mundo material na educação infantil. Certamente, do contato que teve com Pestalozzi - tanto no seu primeiro encontro e breve estágio em 1805 como nos dois anos (1808-1810) que permaneceu na escola de Yverdon na Suíça - Froebel pode assimilar esse princípio-chave que Pestalozzi denominava de *Anschauung*¹ - aprendizado baseado na experiência direta, dando prioridade para a intuição, a observação e percepção dos sentidos (WESTON, 1998).

2.2.2 SPIELGABEN - A DÁDIVA DO JOGO

Spielgaben (plural de *spielgabe*) - *gabe*, em alemão, significa “dádiva” ou “dom”; já *spiel* significa “jogo” - foi o nome que Froebel decidiu dar para uma série sequencial de objetos e atividades desenvolvidos para as crianças que faziam parte de seu *kindergarten*. A importância do jogo e das atividades práticas na pedagogia de Froebel fica aparente quando relembremos o primeiro nome usado para designar sua instituição em Bad Blankenburg: *Spiel- und Beschäftigungsbereiche* ou, em tradução livre, “Instituto do Jogo e Atividade”. Foi justamente para possibilitar a sua pedagogia que seus *spielgaben* foram criados. Os dons ou *gifts* - como ficaram conhecidos em português e inglês respectivamente - foram descritos pela primeira vez por Froebel em textos que datam de 1837 e que foram publicados na folha dominical *Sonntagsblatt*² entre os anos de 1838 e 1840 (HEILAND, 2010).

Funcionando como suportes concretos para auxiliar o processo de aprendizagem, os dons de Froebel (Figura 2.3) não eram figurativos como a maioria dos brinquedos da época e procuravam - através de meios e materiais simples como volumes, formas e linhas - trabalhar a capacidade das crianças de abstração e construção de associações. A sequência definida se propunha acompanhar o desenvolvimento infantil - antecipando aqui a teoria cognitiva desenvolvida por Jean Piaget. Refletindo sua experiência com a cristalografia, relações estruturais geométricas receberam destaque na constituição e atividades dos “dons”.

Brosterman (1997, p.12, tradução da autora) apresenta sua interpretação da importância dos dons para Froebel na seguinte passagem:

Os dons destinavam-se a ser nada menos que um modelo da perfeição universal e a chave para reconhecer o seu próprio lugar no continuum da natureza. Froebel acreditava que aprender a linguagem sagrada da geometria na juventude forneceria um terreno comum para todas as pessoas e faria avançar cada indivíduo, e a sociedade em geral, em um reino da unidade fundamental.³

1 De acordo com Brosterman (1997), Pestalozzi definia *Anschauung* como “coisas antes das palavras, concreto antes do abstrato”.

2 De acordo com Heiland (2010), *Sonntagsblatt* foi a segunda publicação semanal produzida por Froebel. A primeira, intitulada “As famílias educadoras” data de 1826.

3 No original: “The gifts were intended to be nothing less than a model of universal perfection and the key to recognizing one’s place in the natural continuum. Froebel believed that learning the sacred language of geometry in youth would provide a common ground for all people, and advance each individual, and society in general, into a realm



Figura 2.3 Spielgaben de Froebel.

Imagem: Alguns dos spielgaben de Froebel comercializados atualmente - série do primeiro ao nono dom. Disponível em: amazon.com/FROEBEL-Gifts-1-9-Spielgaben-Eunmul/dp/B00HS2M7HC

Dentro de sua pedagogia os dons eram utilizados como meios de expressão e desenvolvimento em três diferentes domínios, que Froebel nomeou como: “formas da vida” ou “da natureza”; “formas de conhecimento”; ou “da ciência” e; “formas de beleza” ou “de arte” (BROSTERMAN, 1997). Os domínios - que no Brasil ficaram conhecidos como “formas reais”, “formas ideais” e “formas simétricas”⁴ - trabalhavam, respectivamente, com as imagens da vida cotidiana das crianças (por exemplo uma árvore ou uma mesa); com noções matemáticas de proporção e equivalência e, por fim; com a elaboração de composições de simetria e harmonia a partir de pequenas unidades.

Froebel desenvolveu ao todo vinte “dons”, embora usualmente apenas os primeiros seis sejam referidos por esse nome e os seguintes como “ocupações”. Acréscimos, subdivisões e categorizações variam entre autores e discípulos, porém Froebel nunca traçou distinções rígidas entre seus diferentes *spielgaben*.

Os primeiros dois dons são mais autônomos, funcionando cada um como pequenos sistemas completos. Embora eles não trabalhem com a capacidade de combinação construtiva, eles antecipam e revelam com clareza aspectos e princípios que serão tratados e desenvolvidos nos conjuntos modulares subsequentes.

of fundamental unity.”

4 Observação feita consultando a Revista do Jardim da Infância, produzida em São Paulo e que teve dois volumes publicados, o primeiro no ano de 1886 e o segundo em 1887.

2.2.2.1 O primeiro dom

O primeiro dom (Figura 2.4) consiste em um conjunto de seis bolinhas macias revestidas em crochê de diferentes cores - as primárias, amarelo, azul e vermelho, e as secundárias, verde, laranja e violeta. Essas bolinhas possuem pequenas cordas acopladas que ampliam a possibilidade de manuseio.

Mesmo tendo sido utilizado por educadores na pedagogia do *kindergarten*, esse conjunto foi concebido por Froebel para mães, com o intuito de que estas iniciassem o processo de aprendizado dos bebês logo em seus primeiros meses de vida (BROSTERMAN, 1997). No livro *Kindergarten Building Gifts*, publicado no ano de 1903, as autoras e educadoras froebelianas Elisabeth Harrison e Belle Woodson destacam que, a percepção de posse e perda possibilitada pela ação de oferecer e retirar o primeiro dom da mão do bebê eram (Figura 2.5), para Froebel, “um começo da consciência do self e não-self” e que “essa distinção é a base de toda educação posterior”⁵.

Estimulando percepções de cor, material e forma, as pequenas esferas remetem às ideias de unidade, semelhança e distinção. Ademais, o primeiro dom possibilita demonstrar ao bebê ações com movimento, além de conceitos como direção e localização. Para as crianças do *kindergarten* exercícios de atividades motoras, da fala e socialização também eram sugeridos com este primeiro dom (WIEBÉ, 1869).

O escritor e educador americano Denton Jaques Snider [1841-1925] - em seu livro de 1900, *The Psychology of Froebel's Play-Gifts* - aponta que, se por um lado a bola é primeiro o “símbolo de unidade”, por outro a repetição dela também traz a multiplicidade para esta unidade. As seis bolinhas são ao mesmo tempo iguais - nas características de forma, tamanho e sensação ao tato - e diferentes - na diversidade de suas cores. A unidade e a diferença aparece ao mesmo tempo em dois aspectos, um quantitativo e um qualitativo, antecipando potencialmente duas linhas trabalhadas por Froebel em toda sua série de dons.

2.2.2.2 O segundo dom

O segundo dom (Figura 2.6) talvez seja o mais simbólico - e de tão icônico, um monumento com suas formas foi erguido no túmulo de Froebel como uma homenagem realizada por seus discípulos. Concebido em 1836, Froebel considerava o segundo dom o mais profundo de todos, dizendo que compreendê-lo era o mesmo que compreender a essência do *kindergarten* (BROSTERMAN, 1997).

Apresentando a totalidade e complementaridade na oposição e síntese esse dom tem como conteúdo principal três volumes básicos feitos em madeira: uma esfera, um cubo e um cilindro (este

5 “Froebel maintains that this is a beginning of consciousness of self and non-self. This distinction is the basis of all after education.” (HARRISON, WOODSON, 1903, p. 3)



Figura 2.4 O primeiro dom
 Imagem: O primeiro dom de Froebel. Itens produzidos por Milton Bradley Company, Springfield, Massachusetts, cerca de 1898. Fotografia de Kioshi Togashi para o livro *Inventing Kindergarten* (BROSTERMAN, 1997, p.43)

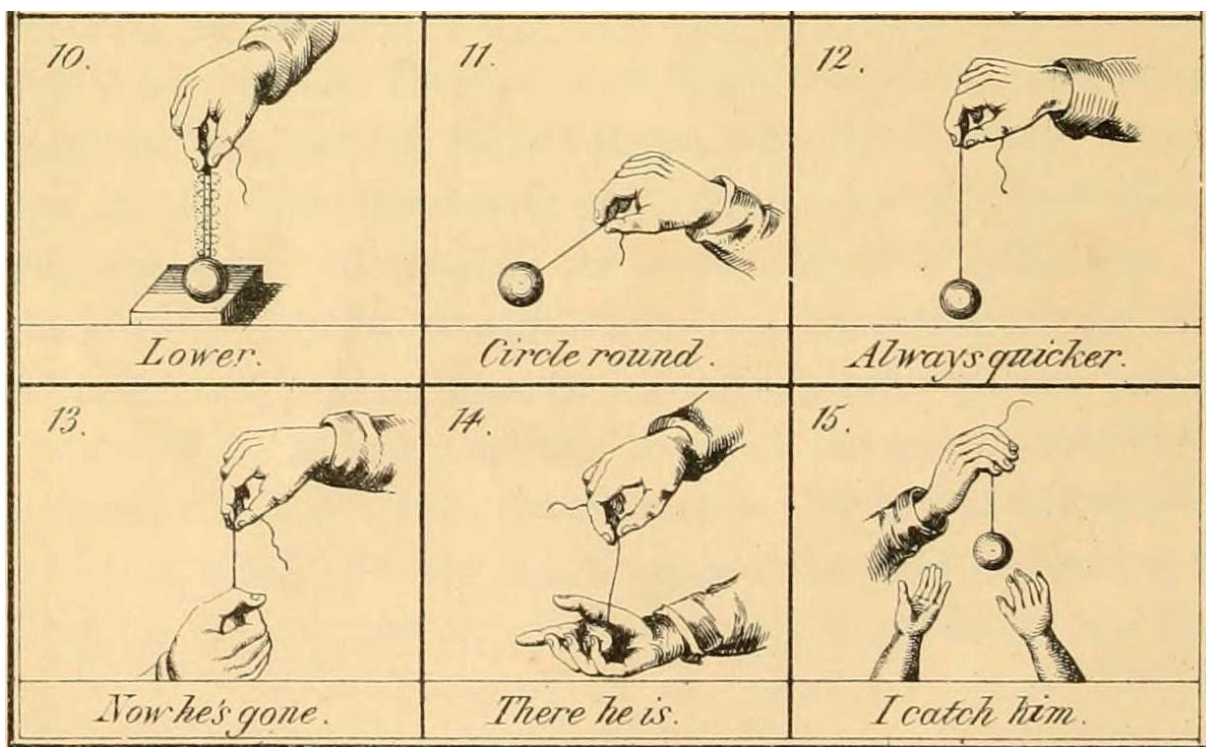


Figura 2.5 Sugestões de atividades com o primeiro dom
 Imagem: (RONGE, 1858, Plate 1)



Figura 2.6 O segundo dom
 Imagem: O segundo dom de Froebel.
 Conjunto produzido por J. L. Hammett Co,
 Braintree, Massachusetts, cerca de 1890.
 Fonte: Museum of Modern Art, New York
 (KINCHIN; O’CONNOR; HARROD,
 2012, p. 30)

adicionado apenas em 1844). Associados a um estojo e algumas hastes de madeira que tornam possível criar um suporte complementar, os três volumes também contêm pequenos ganchos e furos que possibilitam que estes sejam pendurados ou ainda rotacionados em seus próprios eixos.

Snider (1900) chama o segundo dom de *Originative Gift* (“Dom Originador”) já que o termo remete a uma característica generativa que ele identifica no mesmo. Para ele, toda a série de dons “quantitativos”⁶ está presente no segundo dom e se manifesta em três estágios de criação. Começando com a esfera de madeira - que se diferencia das bolinha do primeiro dom por seu caráter menos sinestésico e mais abstrato e rigoroso - que contém nela mesma um centro, um raio e uma periferia e que permite seu próprio movimento criativo. Aqui a criança entra no domínio da geometria, tão valorizada por Froebel (HARRISON e WOODSON, 1903).

Através dos elementos que compõem a esfera pode-se gerar tanto o cubo como o cilindro - as outras duas formas que constituem o segundo dom (Figura 2.7). No Guia das Jardineiras publicado na primeira Revista do Jardim da Infância em 1886 - uma tradução e adaptação do livro *Paradise of Childhood* de Edward Wiebé feita pelo então diretor da Escola Normal de São Paulo, Gabriel Prestes - encontra-se esta passagem a respeito da manipulação do segundo dom (p.85):

Suspendendo-se a esfera, o cubo e o cylindro, por um duplo cordel, pode-se fazel-os girar em torno de si mesmos, a fim de mostrar, que a esfera aparece sempre com a mesma fôrma, qualquer que seja a maneira por que se olhe para ella; que o cubo, quando gyrando (suspenso pelo centro de um de seus lados), se apresenta com a fôrma

6 Aqui, Snider se refere ao que usualmente é tratado como os dons de Froebel, descontando as ocupações que ele caracteriza como dons “qualitativos”.

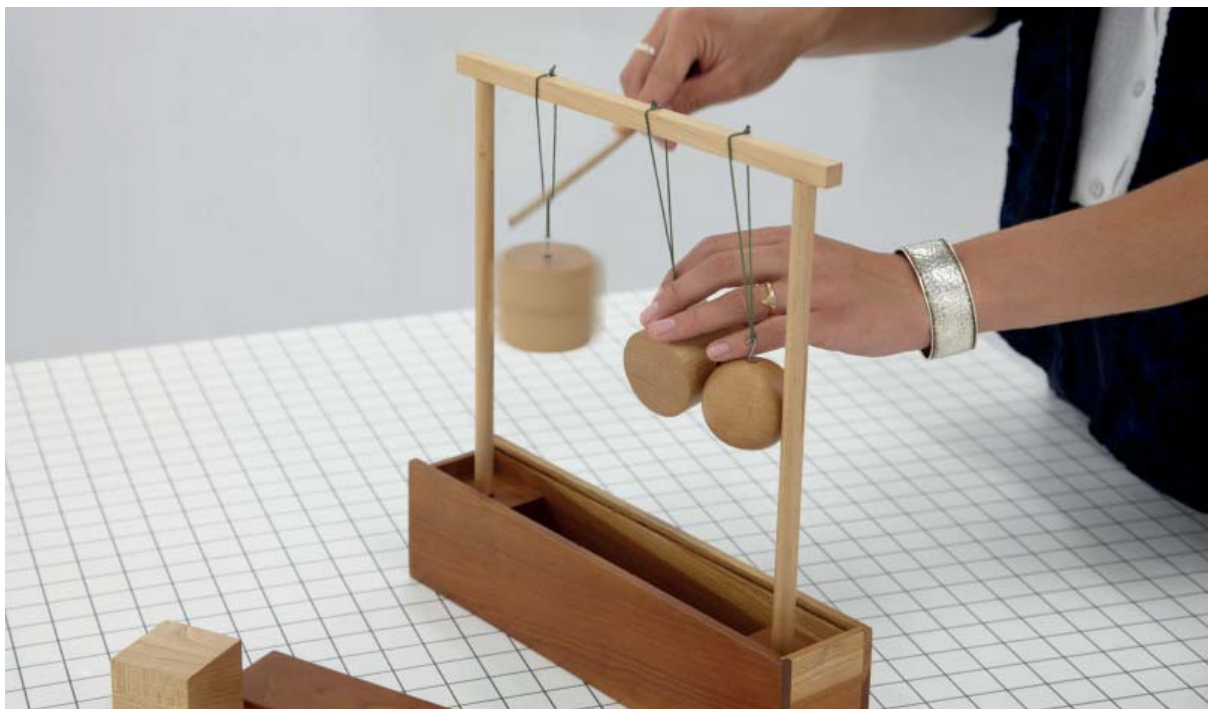


Figura 2.7 O cubo do segundo dom em rotação

Imagem: Instalação Fröbel Fröbeled do artista francês Aurélien Froment (2014). Fotografia de Stuart Whipps
Disponível em: <https://www.spikeisland.org.uk/programme/exhibitions/aurelien-froment/>

do cylindro, e que o cylindro quando girando (suspenso pelo centro de seus lados redondos) se apresenta sob o aspecto da esphera.

Assim, esses três objectos constituem uma trindade em que a esphera contém o cylindro e este o cubo, formando o cylindro a mediação entre os dous, ou a transição de um para outro—embora não se faça sentir á creança esta connexão que é uma lei natural, segundo a qual também o fructo se contém na flor e esta se occulta no botão.

São estas três formas que geram todos os outros dons quantitativos - ou seja, toda a série de dons que apresentam unidades (sólidos, superfícies, linhas e pontos) manipuláveis para as crianças explorarem continuamente o desconhecido a partir do conhecido.

2.2.2.3 Do três ao seis - uma série de blocos de montar

A série de dons do terceiro ao sexto (Figura 2.8) foram as que mais repercutiram na educação e no cotidiano infantil e, de certa maneira, permanecem presentes até hoje. Essa série, conhecida como *Building Gifts* em inglês, ou “Blocos de Construção”, consistia em conjuntos de peças de madeira precisamente sistematizados por Froebel. Formados por cubos repartidos em outros cubos ou blocos menores, seguindo um aumento paulatino de complexidade, esses dons vão ao encontro da tendência natural infantil de investigar e transformar. (WIGGIN; SMITH, 1895)

O objetivo pedagógico primordial de Froebel era garantir que a criança se compreendesse como “um indivíduo separado e, ao mesmo tempo, membro de uma unidade de vida superior”⁷ (HARRISON E WOODSON, 1903, p. 74, tradução da autora). Enquanto os elementos do primeiro e do segundo dons se mostram como unidades indivisíveis, os conjuntos do terceiro ao sexto apresentam unidades divididas que demonstram e enfatizam a relação das partes umas com as outras e com o todo do qual elas são parte (WIGGIN; SMITH, 1895). O entendimento de Froebel do homem, da natureza e de Deus como um sistema holístico (ou uma unidade fundamental) é claramente expressa nos quatro dons dessa série.

O terceiro dom de Froebel era constituído por um cubo de madeira com arestas de duas polegadas repartido por três planos de corte (nos sentidos da largura, altura e profundidade) conformando 8 pequenos cubos iguais, agora com uma polegada cada. Já o quarto dom parte do mesmo cubo de duas polegadas, no entanto os planos de corte o atravessam de forma diferente, formando 8 pequenos blocos alongados como tijolos ou dominós (com duas polegadas de altura, uma de largura e meia polegada de profundidade).

Aqui temos uma importante distinção entre esse conjuntos: enquanto as unidades do terceiro dom são iguais entre si e similares ao todo inicial, as unidades do quarto dom são idênticas, porém diferentes da forma cúbica originária. Se o primeiro enfatiza o caráter volumétrico das unidades o seguinte introduz com suas partes a expressão da direcionalidade - indicando a diferenciação e a relação entre espessura, largura e comprimento.

Diferindo dos terceiro e quarto dons no tamanho do cubo inicial, o quinto e o sexto se relacionam no sentido que avançam na complexidade de formas e divisões. Tendo como ponto de partida um cubo maior com arestas de três polegadas, ambos os dons introduzem novas relações matemáticas. (WIGGIN; SMITH, 1895).

No quinto dom o cubo é dividido duas vezes em cada um de seus planos axiais (comprimento, largura e altura), resultando em 27 cubinhos de uma polegada. Por sua vez, três desses cubos resultantes são divididos diagonalmente pela metade, enquanto outros três são divididos diagonalmente duas vezes, formando quatro partes iguais. Assim que temos, por fim, 21 cubinhos inteiros além de 6 prismas triangulares maiores e 12 prismas triangulares menores.

No sexto dom, a ordem de divisão do cubo é irregular e resulta inicialmente em 27 blocos alongados iguais aos obtidos do quarto dom. Destes, 18 peças permanecem sem alteração, seis são divididos ao meio no sentido transversal e, por fim, três no sentido longitudinal. As peças resultantes são, respectivamente, 18 “tijolos” (de 2x1x0,5 polegadas - iguais aos do quarto dom), 12 “lajotas” (de 1x1x0,5) e 6 “colunas” (de 2x0,5x0,5).

7 No original: “(...) the aim of his educational method is secured when the child finds himself at the same time a separate individual and a member of a higher life unity (...)”



Figura 2.8 Série do terceiro ao sexto dom - as “caixas de construção” ou building gifts
 Imagem: Em sentido horário - quinto, sexto, quarto e terceiro dons. Todos cerca de 1880-1900.
 Fotografia de Kioshi Togashi para o livro *Inventing Kindergarten* (BROSTERMAN, 1997, p.52 e 53)

Mais complexos, o quinto e o sexto dons podem ser vistos como extensões e desdobramentos do terceiro e quarto, respectivamente. Com as descrições acima é possível perceber a relação mais estreita entre o terceiro e o quinto dom, assim como entre o quarto e o sexto. Pode-se classificar o primeiro par como conjunto de cubos e o segundo como conjunto de tijolos, já que em cada um estão presentes as mesmas relações fracionárias e, conseqüentemente, blocos com mesma base unitária - de proporções $1 \times 1 \times 1$ e $1 \times 2 \times 4$, nesta ordem.

É com o terceiro dom que se inicia a brincadeira construtiva. Referido por Froebel como o “deleite da criança” este dom responde de forma generosa a sua curiosidade e espontaneidade, oferecendo a ela um brinquedo que satisfaz a recorrente vontade de desmontar um objeto em partes, como também confere a possibilidade de recompor e retorná-lo ao seu estado inicial (Figura 2.9). Aquilo que poderia ser visto como um intento destrutivo é, para os pedagogos froebelianos, o desejo instintivo de investigar a construção de cada novo objeto e de transformar o que lhe é dado pronto. (WIGGIN; SMITH, 1895) (HARRISON; WOODSON, 1903). Como bem apontam as educadoras Wiggins e Smith (1895, p. 63) “destruição, afinal, é apenas a faculdade construtiva voltada sobre si mesma”. Ademais, como ferramenta para explorar conceitos de unidade, divisibilidade, escala,

interior e exterior, o terceiro dom introduz a ideia da relatividade exemplificando a relação entre o todo e as partes e, reversamente, das partes e o todo (BROSTERMAN, 1997).

É também a partir do terceiro dom que as crianças do *kindergarten* começam a praticar com os três domínios de formas pensados por Froebel para sua pedagogia. Após um necessário período de exploração livre, a criança começa a investigar e propor “formas da vida” - imagens mais próximas da sua realidade perceptiva - e, somente na sequência, segue com composições relacionadas às formas “da beleza” e “do conhecimento”(WIGGIN; SMITH, 1895)

Nestas atividades construtivas desenvolvidas com a série de blocos de montar, Froebel recomenda que todas as peças do conjunto sejam utilizadas em cada nova criação. Com isso destaca-se a inter-relação sistêmica entre o todo e suas partes e reforça o conceito de metamorfose de uma unidade que, mesmo em diferentes configurações, ainda se mantém equivalente (BROSTERMAN, 1997). De forma complementar, a pedagogia froebeliana desencoraja a incorporação de blocos extras nas atividades (por exemplo, emprestados de outros colegas), buscando garantir autoconfiança e independência de ação da criança (WIGGIN; SMITH, 1895). Destruir uma composição para recomençar do zero é também fortemente desaconselhado - as transformações sutis que são alcançadas por alterações sequenciais com as unidades valoriza ao processo da mudança e, novamente, reafirma a manutenção (dinâmica) da unidade.

Pelos fatores mencionados a estrutura e a apresentação de cada dom dessa série era cerimonial: antes do início da atividade a caixa do dom em questão deveria ser apoiada na mesa com a abertura voltada para baixo e, deslizando cuidadosamente a tampa, o cubo em sua totalidade seria revelado (Figura 2.10). Era imperativo que as pequenas peças de um conjunto nunca fossem despejadas sem cuidado ou esquecidas na mesa depois do uso. Assim como a apresentação, o recolhimento era realizado através do processo inverso, igualmente importante.

A evolução das atividades com as formas de vida, de beleza e conhecimento estão totalmente ligadas com a sequência dos dons e as características de cada conjunto. Enquanto os oito cubos do terceiro dom possibilitam composições ainda limitadas - apenas um tipo de volume e poucas peças - a introdução dos tijolos do quarto dom já permite a construção de “formas de vida” (Figura 2.11) mais realistas, lições matemáticas mais avançadas (formas do conhecimento) e abstrações simétricas cruciformes mais complexas (formas de beleza) (Figura 2.12). O quinto e o sexto dom - trazendo uma maior quantidade de partes e novos tipo de peças - aprofundam todos esses campos de investigação. Os prismas triangulares do quinto dom facilitam operações com frações e composições cristalinas fractais e, particularmente em combinação com as novas “lajotas” e “colunas” do sexto dom, a construção de formas arquitetônicas mais realistas.

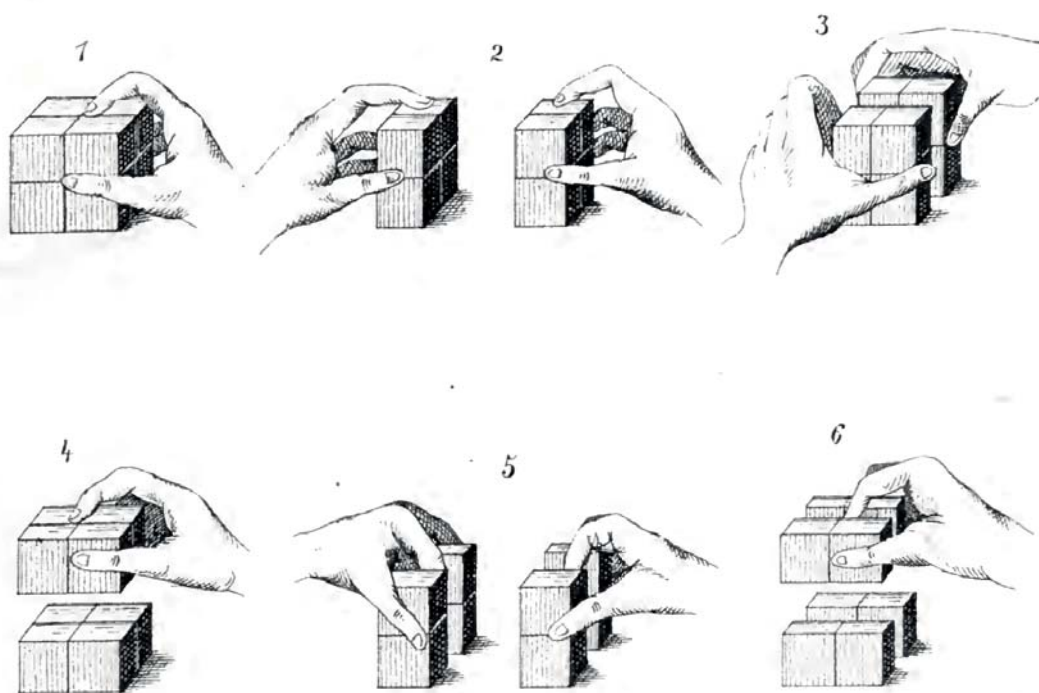


Figura 2.9 Primeiras atividades com o terceiro dom.
Imagem: (WIEBÉ, 1869)

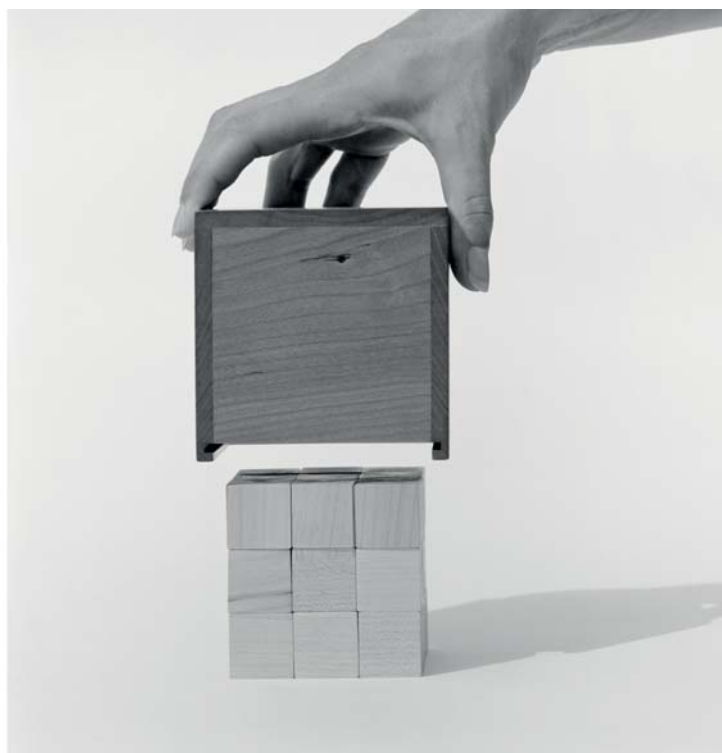


Figura 2.10 Relação da caixa e o dom - importância da apresentação.
Imagem: Aurélien Fromen

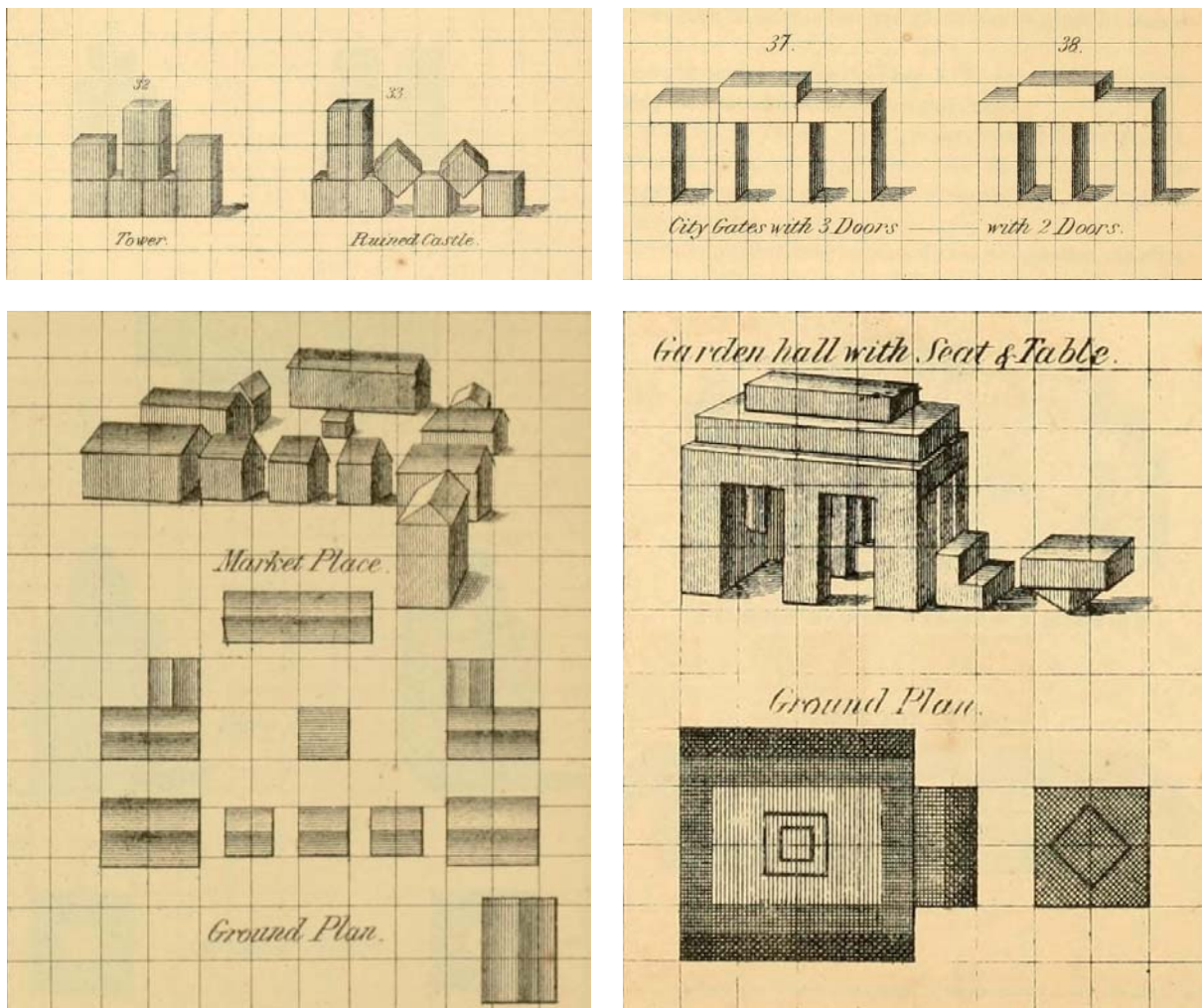


Figura 2.11 Formas de vida com o terceiro, quarto, quinto e sexto dons
 Imagens: (RONGE, 1858)

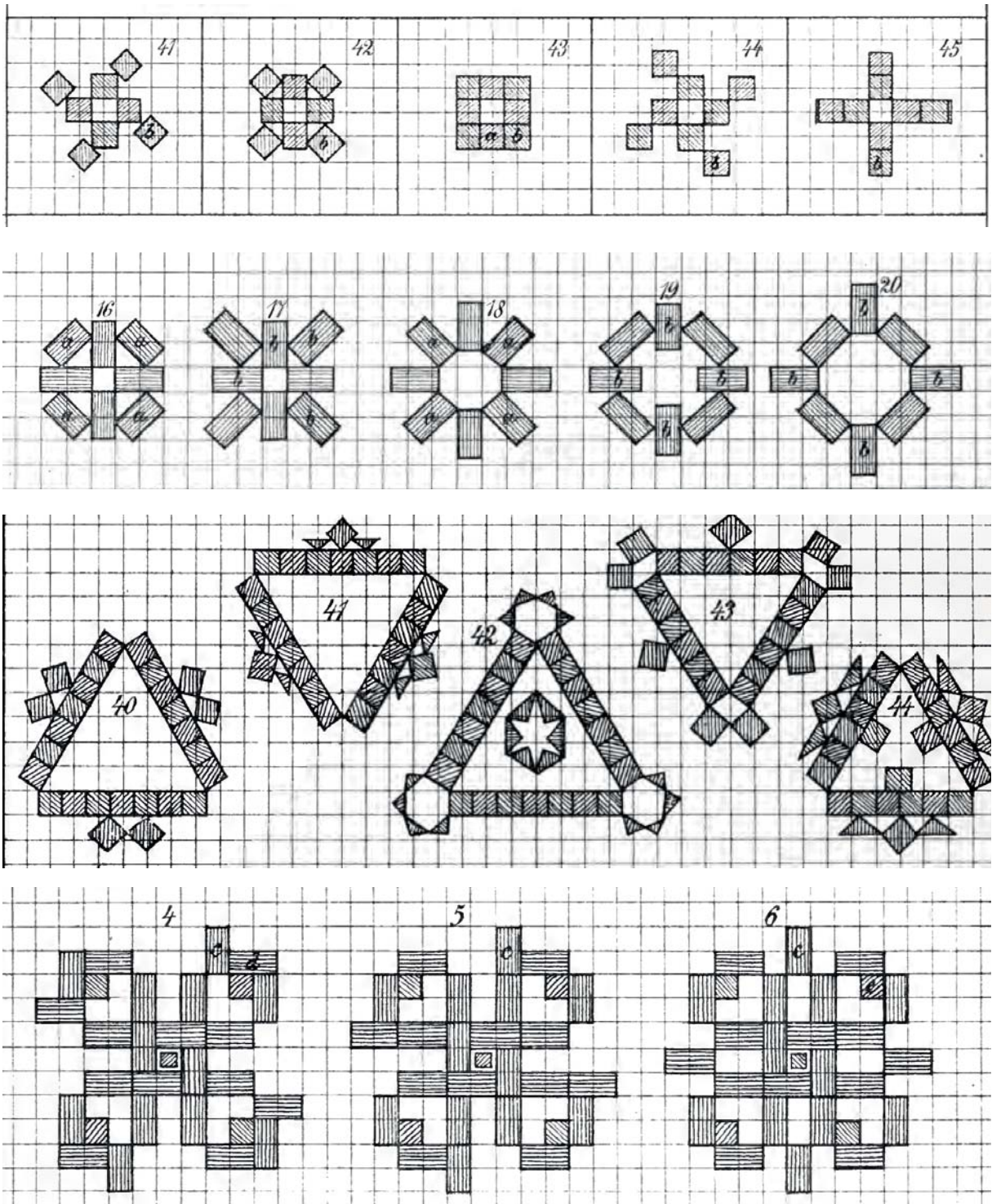


Figura 2.12 Formas de beleza (ou simetria) com o terceiro, quarto, quinto e sexto dons
 Imagens: (WIEBÉ, 1869)

2.2.2.4 Do volume, ao plano, à linha e ao ponto - completando a sequência, notas sobre os demais dons de Froebel

Para Froebel cada dom da sua sequência deveria conter o anterior e antecipar o posterior, facilitando assim uma evolução suave e contínua da construção de conhecimento da criança.

Desta forma, deixando a primeira etapa dos dons volumétricos, o sétimo dom (Figura 2.13) elimina uma dimensão e introduz o plano como um todo independente. Froebel considerava esse dom de extrema importância pois, para ele, este era o momento de transição do concreto ao abstrato. Derivando conceitualmente da superfície dos blocos anteriores consiste em um conjunto de pequenas placas geométricas e coloridas, o sétimo dom foi produzido em diferentes materiais e acabamentos - da madeira ao papel cartão e, posteriormente, uma variação em papel adesivo. Com objetivo de possibilitar a composição de mosaicos variados com os três domínios da pedagogia, trazendo também a ideia de representação pictórica, aqui vemos uma ligação forte com o Tangram, já bastante popular na Europa da época. Porém, diferindo das regras deste último ou da série de blocos de montar, não há mais exigência para utilização de todas as peças, agora numerosas, em uma composição - assim se assemelhando mais a marcenaria tradicional em madeira ou pedra.

A linha é introduzida com o oitavo dom, e também trabalhada de diferentes formas com outros. Enquanto as varetas do oitavo fazem a criança manipular a linha reta, anéis e arcos do nono acrescentam a linha curva. Já o décimo traz, com o uso de sementes, a materialidade do ponto e encerra o que alguns discípulos de Froebel entendiam como a sucessão de dons para dar início a sequência de ocupações.

O que leva a esse debate é que, aparentemente, até agora a criança manipula apenas unidades prontas, compondo através de combinações reversíveis e não por transformação da matéria e uso de materiais. Por outro lado autores como Snider discordam e afirmam que isso é uma característica secundária e não o que de fato guia o desenvolvimento dos dons. Na verdade para Froebel os dons são os materiais para realização das ocupações, isso em todos os níveis.

De qualquer forma o décimo primeiro dom (ou ocupação) é o desenho - mas não de forma livre como podemos imaginar. Com ele volta a manipulação da linha reta, usando um grid como os presentes nas superfícies das mesas. Esse grid mantém para a criança a ideia de trabalho com unidades.

A linha (Figura 2.14) será também trabalhada no bordado e na tapeçaria com fitas. Já o plano volta com os cortes de papel e dobraduras. E por fim, no décimo nono dom de construção com ervilhas e varetas, o ponto e a linha são associados para criar o esqueleto de planos e volume imaginários (Figura 2.15).



Figura 2.13 O sétimo dom.
 Imagem: Norman Brosterman
 Disponível em: https://www.instagram.com/p/BisHu_ABkgt/

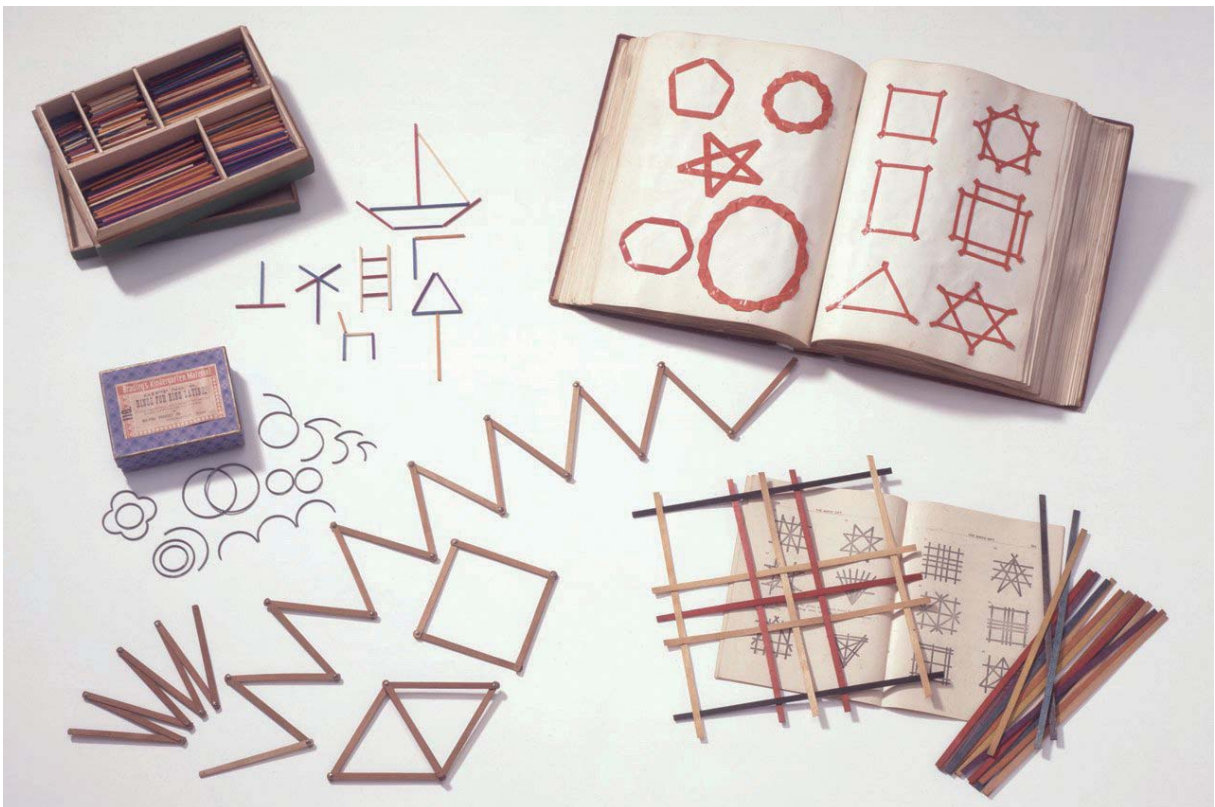


Figura 2.14 Alguns dons lineares de Froebel
 Imagem: 8.º (varetas), 9.º dom, 15.º, 16.º, 17.º, 18.º
 Fotografia de Kioshi Togashi para o livro *Inventing Kindergarten* (BROSTERMAN, 1997, p.66 e 67)

O vigésimo dom, modelagem com argila, parece à primeira vista um dos poucos sem nenhuma associação com a matemática e geometria de unidades discretas. Porém, além da modelagem mais orgânica algumas atividades propõem a modelagem de formas geométricas e a reprodução das operações incorporadas em dons anteriores - modelando um cubo, por exemplo, é possível realizar com cortes a fio as operações de divisão axial geradoras dos módulos dos dons de construção.

2.2.3 O LEGADO DE FROEBEL

O programa pedagógico de Froebel teve um enorme impacto na educação infantil moderna. Curiosamente, muito de seu desenvolvimento não pode ocorrer na sua terra natal já que em 1851, após um breve período de apoio governamental, todos os *kindergartens* em funcionamento no país foram fechados e o programa pedagógico foi abolido devido a uma decisão autoritária do novo governo prussiano, que o via como uma manifestação de ideais liberais revolucionários. Com um número de discípulos cada vez maior - em grande parte mulheres que encontravam um novo papel na sociedade - o programa do *kindergarten* foi implementado em inúmeros países mundo afora e, ao permear diferentes espaços e cultura, ganhou uma vida própria que superou em muito a de seu criador. Friedrich Froebel faleceu em 1852 - ano seguinte ao banimento oficial na Prússia e apenas 15 anos após a inauguração do primeiro *kindergarten* em Bad Blankenburg (WESTON, 1998) (HEILAND, 2010).

Um dos países que recebeu, multiplicou e transformou a visão de Froebel foi os Estados Unidos (Figura 2.16) onde, sob influência de Bertha von Marenholz-Bulow [1810-1893], os dons e seu uso regrado ganharam proeminência em relação às atividades mais livres da proposta. O desenvolvimento do *kindergarten* no Brasil teve influência do modelo americano, assim que, interpretações dessa linha e seus desdobramentos acabaram repercutindo no nosso país. (KISHIMOTO, 2001) Por exemplo, observando o trabalho da professora Alice Meirelles Reis com turmas do Jardim da Infância da Caetano de Campos - no final da década de 1920 em São Paulo - podemos identificar a continuação do uso dos dons de Froebel para atividades individuais (Figura 2.17), agora dividindo espaço também com blocos maiores para brincadeiras em grupo (Figura 2.18). Estes blocos maiores foram inspirados nos sistemas desenvolvidos por Patty Smith Hill e Caroline Pratt, educadoras americanas que, assim como Alice Meireles no Brasil, foram influenciadas pelas ideias promovidas pelo filósofo John Dewey [1859-1952] que destacavam a valorização interesse da criança e a promoção de ações colaborativas por meio de uma educação democrática. (KISHIMOTO, 2014)

2.2.4 CONSTRUCIONISMO E OS MANIPULATIVOS DIGITAIS

Durante todo o século XX diversas teorias pedagógicas e cognitivas surgiram e algumas vieram a corroborar aspectos dessa linha progressista da educação infantil. Entre elas podemos destacar a teoria do desenvolvimento cognitivo de Jean Piaget [1896-1980] e o resultado educacional da sua



Figura 2.15 O décimo nono dom - construções com ervilha

Imagem: No topo - “Peas Work”, Conjunto produzido por N. Myers & Company, New York, cerca de 1860. Em baixo - “The Cork Model Maker, uma variante inglesa produzida por Joseph, Myers & Company, London, cerca de 1855. Fotografia de Kioshi Togashi para o livro *Inventing Kindergarten* (BROSTERMAN, 1997, p.85)



Figura 2.16 Crianças brincando com o segundo dom em mesas com tampo quadriculado. Boston, MA (c. 1893)
Imagem: Perkins School for the Blind Archives (<https://www.flickr.com/photos/perkinsarchive/7045985217/>)



Figura 2.17 Crianças sentadas em uma mesa se ocupam individualmente com blocos froebelianos menores
Imagem: Álbum de fotografia do Jardim de Infância de Alice Meirelles Reis - 1929 (7 cm x 11 cm)
Acervo do MEB (KISHIMOTO, 2014, p 54)

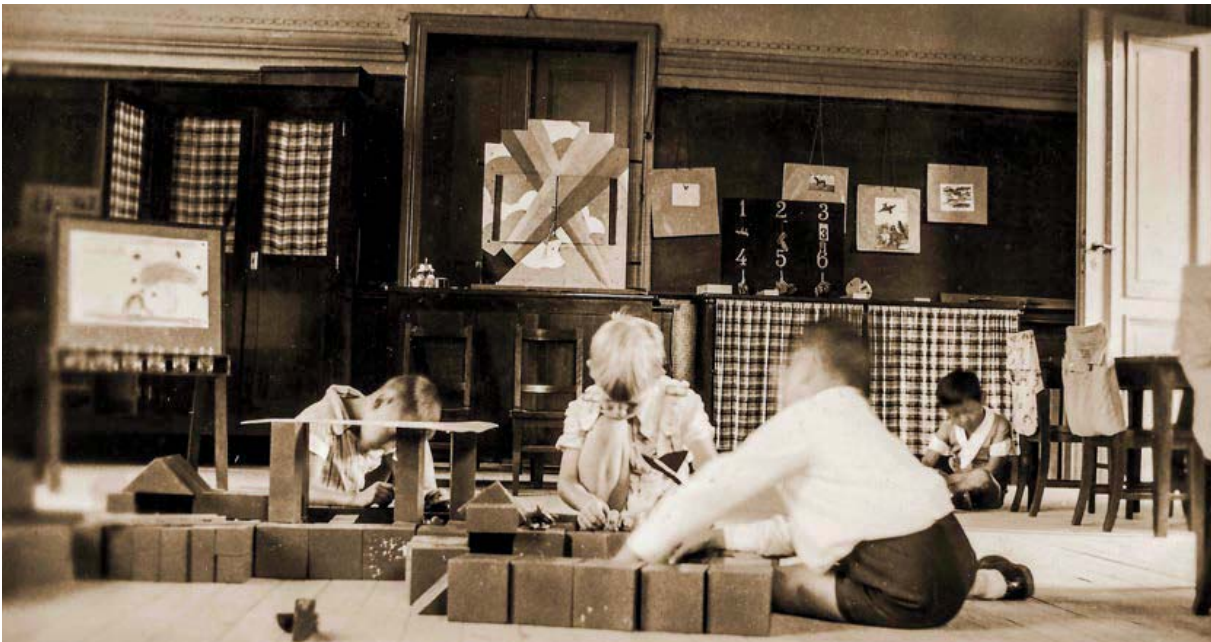


Figura 2.18 Crianças sentadas no chão se ocupam coletivamente com blocos maiores baseados em Patty Hill
Imagem: Álbum de fotografia do Jardim de Infância de Alice Meirelles Reis - 1929 (7 cm x 11 cm)
Acervo do MEB (KISHIMOTO, 2014, p 52)

concepção construtivista; como também o teoria do construcionismo, desenvolvida por um dos seus discípulos, Seymour Papert [1928-2016].

Em 1992 o pesquisador Mitchel Resnick - por sua vez, aluno e colaborador de Papert - inaugurou dentro do *MIT Media Lab* um grupo de pesquisa hoje conhecido como *Lifelong Kindergarten*. O nome do grupo aponta para um reconhecimento do legado de Froebel - em seu recente livro homônimo, Resnick identifica o kindergarten como, nada menos que, “a maior invenção do último milênio” (2017, p. 6, tradução da autora) - e impacto da sua inovação no âmbito da sua linha de pesquisa. Em um artigo de 2013 (p. 50, tradução da autora) o pesquisador coloca que:

O trabalho de Froebel pode ser visto como um dos primeiros exemplos da abordagem construcionista de Seymour Papert para a educação. Papert argumentou que a atividade de construir coisas fornece um contexto rico para o aprendizado. Não importa realmente o que você está fazendo; você pode estar construindo um castelo de areia, escrevendo um poema, preparando uma receita nova ou programando um robô interativo. O importante é que você esteja fazendo algo que seja significativo para si mesmo ou para as pessoas ao seu redor.⁸

Adotando a estratégia identificada no *kindergarten* froebeliano de “aprender através da manipulação” [*learning-through-manipulation*], o grupo de pesquisa dirigido por Resnick focou em expandir a concepção destes suportes materiais, incorporando capacidades computacionais a artefatos para o aprendizado lúdico, criando um campo que denominaram de “manipulativos digitais” [*digital manipulatives*]. Dessa linha de pesquisa educacional - partindo do trabalho pioneiro de Papert com a linguagem Logo iniciado na década de 1960 - surgiram trabalhos muito conhecidos como Lego Mindstorms, a linguagem de programação Scratch, entre outros.

2.2.5 IMPACTO NO CAMPO DA ARQUITETURA

Segundo Brosterman (1997) e Miller (2000), Froebel foi de grande influência para base teórica da Bauhaus e, de conhecimento público que o arquiteto Frank Lloyd Wright teve sua formação em um kindergarten froebeliano - valorizando posteriormente suas criações infantis com os dons como referência da sua arquitetura (RUBIN, 1989). É notório, inclusive, que a partir do final dos anos 1980 tenham surgido muitas exposições em centros de arquitetura e design focadas na história dos “brinquedos arquitetônicos” como as mostras *Buildings in Boxes: Architectural Toys* (1990), e *Kids Build* (2015), ambas realizadas pelo *The Canadian Centre for Architecture* (CCA). Em 2012 o *Museum of Modern Art* (MoMA) de Nova Iorque realizou a exposição *Century of the Child - Growing by design 1900-2000*, que embora não tenha assumido os brinquedos arquitetônicos como objetos principais,

8 No original: “Froebel’s work can be viewed as an early example of Seymour Papert’s constructionist approach to education. Papert argued that the activity of making things provides a rich context for learning. It doesn’t really matter what you are making; you might be building a sand castle, writing a poem, cooking a new recipe, or programming an interactive robot. What’s important is that you are making something that is meaningful to yourself or others around you”.

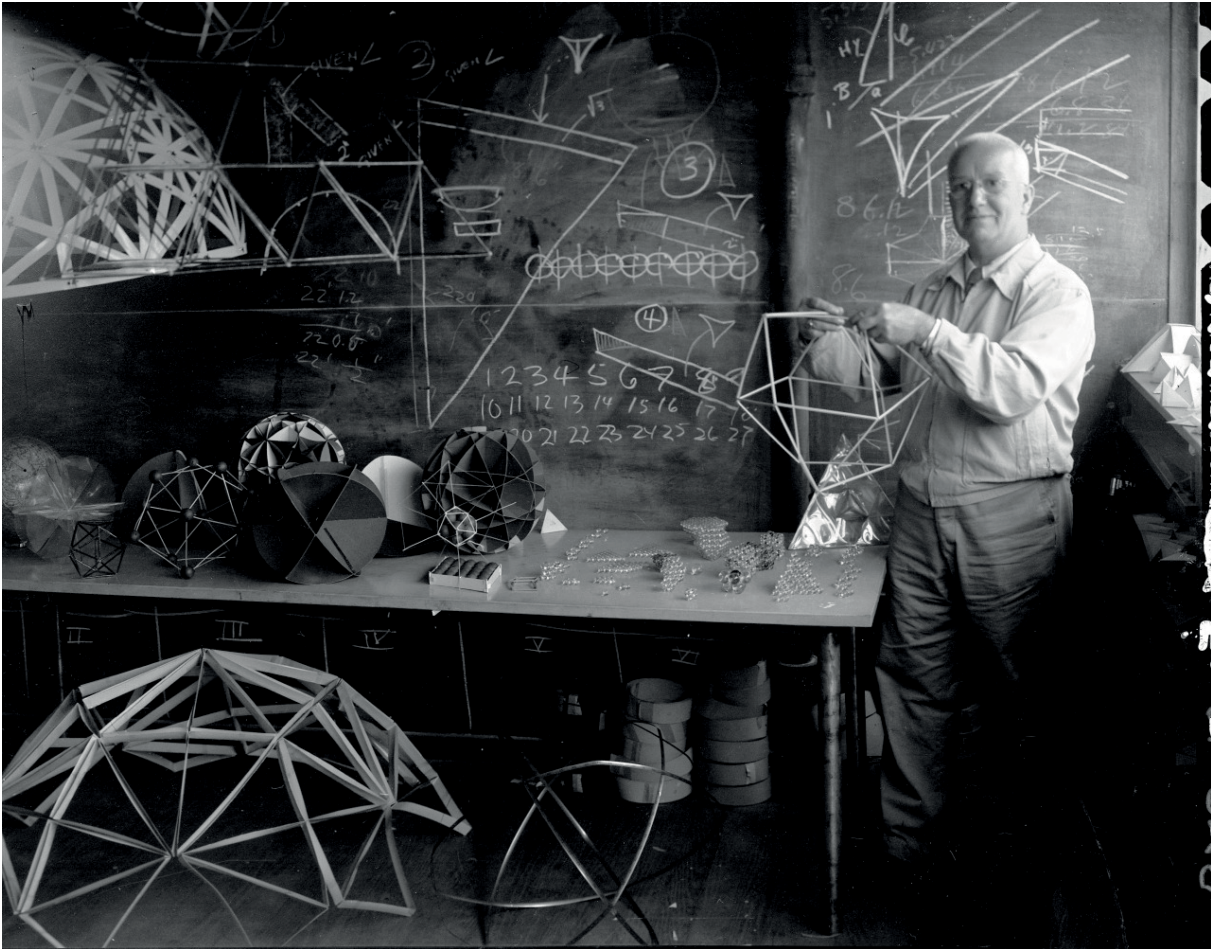


Figura 2.19 Buckminster Fuller, Black Mountain College, 1948/1990

Imagem: Fotografia de Nancy Newhall

(<https://hammer.ucla.edu/programs-events/2016/03/explorations-in-the-geometry-of-thinking/>)

os coloca como parte de uma longa e completa genealogia originada com trabalho de Froebel e seus discípulos.

Por outro lado, o pensamento sistêmico que emerge nos anos 1940 com a Teoria Geral dos Sistemas e a Cibernética (RAMAGE; SHIPP, 2009), começa a rever a ideia do todo divisível em partes que são passíveis de ser isoladas, passando a pensar em relações e complexidade - o todo é maior do que a soma de suas partes. Em torno desse período temos vários desenvolvimentos nas artes, na arquitetura e no design que se ligam à contracultura e a Cibernética (PICKERING, 2011) (DUBBERLY; PANGARO, 2015). Esse contexto começa a divergir da racionalização da ciência moderna, mesmo que essa ruptura nem sempre seja radical ou muito clara.

Além de Frank Lloyd Wright, o arquiteto ligado a teoria dos sistemas Buckminster Fuller (Figura 2.19) e o arquiteto ciberneticista Ranulph Glanville tiveram uma formação infantil com os métodos

de Froebel. Pode-se supor uma repercussão diferente nesses casos, onde o aspecto da modularidade e combinatória aparecem como uma possibilidade de flexibilidade e abertura desses sistemas.

No artigo de 2002, *A (Cybernetic) Musing: Cybernetics and Human Knowing*, Ranulph Glanville (2009a) discute a abordagem pedagógica de Froebel e afirma que as suas ideias e posicionamentos o enquadram como um (proto) ciberneticista de segunda-ordem. Com uma análise muito apoiada na sua própria experiência quando criança, Glanville identifica no trabalho de Froebel quatro temas essencialmente cibernéticos: a generosidade, a autonomia, a responsabilidade, e o erro.

A relação de coexistência entre autonomia e responsabilidade está ligada com a revolução mais ampla que ocorreu com o pensamento educacional na época. Essa nova visão, mais generosa com a criança, passou a considerá-la como um ser completo que nasce com a vontade e habilidade de apreender e é capaz de criar seu próprio entendimento do mundo em que se encontra. Assim como a disciplina da Cibernética, a educação proposta por Froebel aceita e valoriza o erro, incorporando-o como meio para a construção do conhecimento.

Os dons representam materialmente a generosidade mencionada por Glanville. Através desse suporte material o tutor oferece limites, um plano-dimensão viável para a criação e a construção de conhecimento, em outras palavras, um lugar onde a criança pode crescer de forma autônoma e “florescer”.

2.2.6 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Vemos aqui que a relevância dos dons de Froebel, e o valor dos blocos de montar, vai além da representação simbólica (seja de construções arquitetônicas ou outras), do desenvolvimento de um senso estético geométrico apurado ou da compreensão espacial e aritmética. Na minha percepção, o que se destaca no conceito e na prática dos dons é a correspondência e o vínculo efetivo da construção material com a construção da realidade na criança - uma construção da diferenciação entre o eu e o mundo, da percepção intelectual das “partes” e “unidades” na natureza e nos artefatos. Resumindo, os dons são sim uma representação da distinção progressiva que caracteriza o processo cognitivo do conhecimento, e também um meio material performático para esse mesmo processo.

Com esse pensamento apoiado em uma teoria construtivista mais ampla é possível vincular a ideia da aprendizagem com a noção de design, que podem ser vistos da mesma maneira. E assim, como sistemas de módulos ou unidades podem auxiliar, em certos contextos de projeto, na abertura para os outros - possibilitando a existência e a incerteza do fim aberto.

2. 3

KITS DE ELETRÔNICA

Com o passar do tempo, conjuntos de módulos volumétricos e kits que incluíam movimento por meio de motores, engrenagens e roldanas, começaram a dividir espaço com novos conjuntos de sistemas eletrônicos e também sistemas com comportamentos digitalmente programáveis (RESNICK, 1993). Atualmente podemos encontrar uma série de kits de eletrônica, programáveis ou não, disponíveis no mercado, desenvolvidos como propostas comerciais e/ou derivados de pesquisas acadêmicas - que mesmo com suas particularidades, compartilham aspectos comuns como a modularidade e uma ênfase no aprendizado exploratório. Entre eles e de maior relevância para essa pesquisa, podemos mencionar: *Lectron* [1965]; *Bloc-Tronic* [1979] e; *littleBits* [2009].

2.3.1 LECTRON, BLOC-TRONIC E LITTLEBITS

Lectron (Figura 2.1) é reconhecido como o primeiro kit de eletrônica com finalidades educativas. Foi desenvolvido por Georg Franz Greger (1969), na Alemanha no início da década de 1960 e chegou ao mercado a partir de 1966 através da empresa *Egger-Bahn* (Peters, 2012). Porém, somente em 1973 com a participação da empresa alemã *Braun* o kit passou a ter distribuição e popularidade internacional. *Lectron* é um kit modular, composto por unidades cúbicas em acrílico contendo componentes eletrônicos diversos e conectores magnéticos. Sua montagem sobre uma placa metálica permitia o fechamento do circuito eletrônico e o acionamento das peças. O kit ainda é produzido e vendido atualmente na Alemanha e conta com mais de 20 diferentes conjuntos de módulos voltados a interesses específicos, tais como rádio, energia solar e eletrônica automotiva.

Bloc-Tronic (Figura 2.2) é também, assim como *Lectron*, um kit modular de eletrônica. Desenvolvido pelos taiwaneses Weng Teng-Ching e Yang Chi-Ming (1983) no final dos anos 1970, esse kit foi comercializado durante a década de 1980. Formado também por unidades cúbicas, construídas em material verde translúcido, um dos fatores que diferencia *Bloc-Tronic* do *Lectron* é sua independência de uma placa metálica como base de contato para o fechamento de circuito. Além disso suas

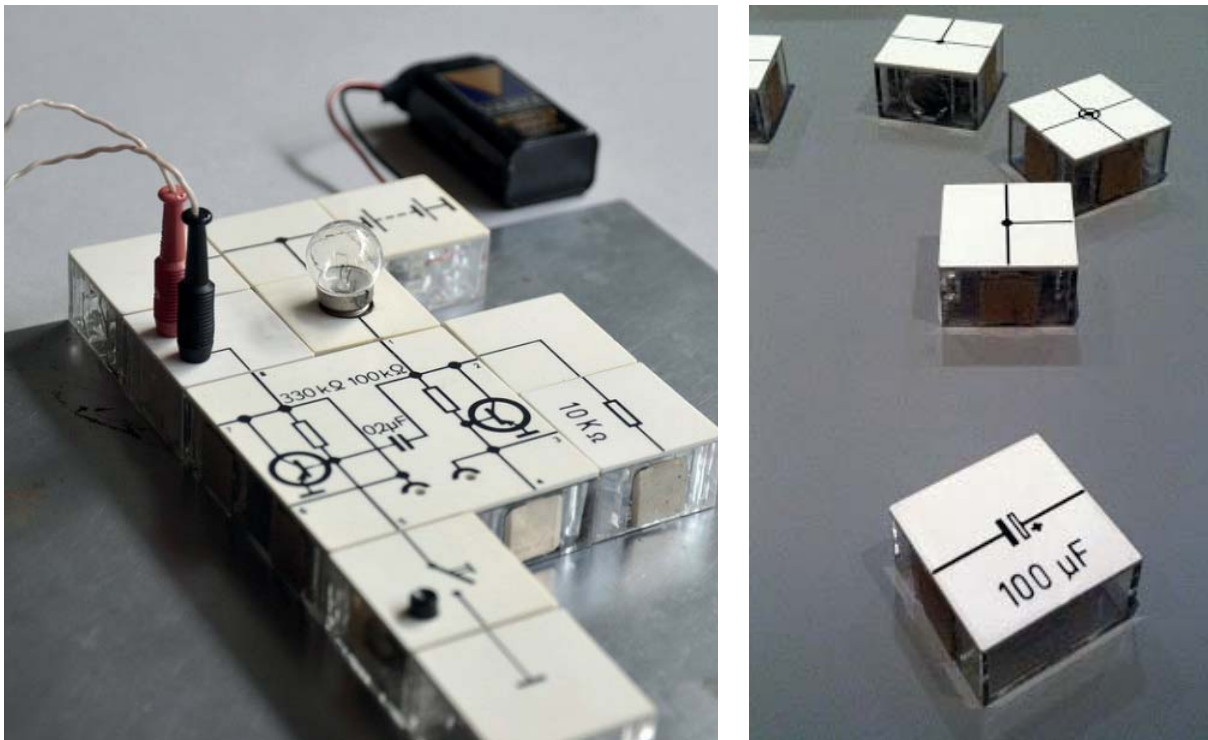


Figura 2.1 Lectron

Imagens: À direita - Circuito usando módulos (<http://dasprogramm.co.uk/shop/braun/view/267>)

À esquerda - Peças do conjunto (https://en.wikipedia.org/wiki/Raytheon_Lectron)



Figura 2.2 Bloc-Tronic

Imagens: À direita - Capa do manual (http://images.lifeaftercoffee.com/v/bloc_tronic_manual/cover.jpg.htm)

À esquerda - Peças do conjunto (<http://neckbeard.us/BlocTronicBlockDetail>)

conexões são realizadas por encaixes planares em oposição aos conectores magnéticos do *Lectron*. Como sistema, o kit de peças combináveis não era dividido em pacotes especializados, como seu antecessor, apenas em pacotes com maior ou menor quantidade de blocos. Complementos também poderiam ser adquiridos separadamente, incluindo amperímetros, fones de ouvido e uma série de blocos vazios para inserção de componentes variados além dos originalmente programados.

Já o kit *littleBits* (Figura 2.3), desenvolvido pela então pesquisadora do *MIT Media Lab*, Ayah Bdeir, foi apresentado ao público em 2009 e seu sucesso motivou a criação da empresa homônima em 2011 (BDEIR, 2013). O kit pode ser considerado uma releitura contemporânea de projetos anteriores, como *Lectron* e *Bloc-Tronic*. Consiste também em um conjunto de módulos montados sobre placas de circuito impresso conectadas magneticamente umas às outras (BDEIR, 2009). O crescimento e a popularização do kit se dão por sua associação com a atual roupagem do Movimento Maker e DIY, além da defesa do discurso *Open Source*. Atualmente, são uma referência significativa da utilização de kits eletrônicos como ferramenta de ensino para crianças e adultos, amadores ou profissionais de design.

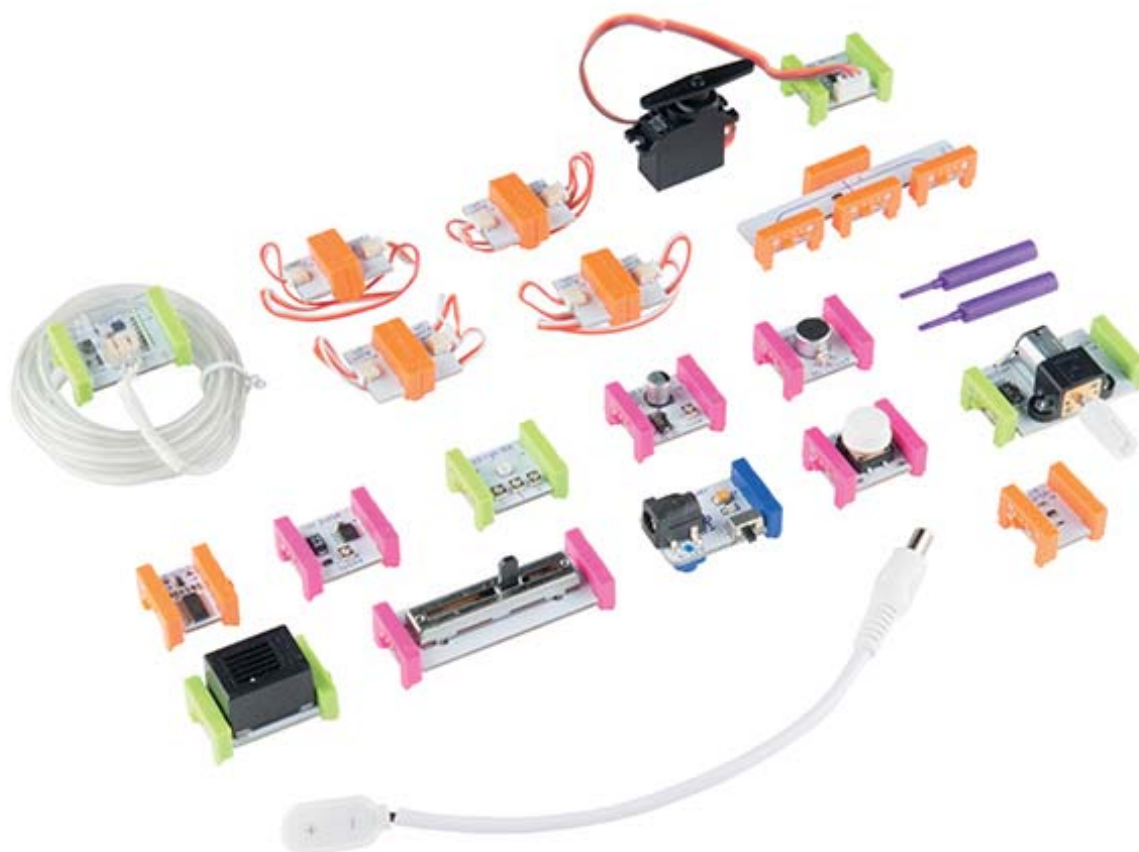


Figura 2.3 littleBits

Imagem: littleBits Deluxe Kit

([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:LittleBits_Deluxe_Kit_\(18_Bits_Modules\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:LittleBits_Deluxe_Kit_(18_Bits_Modules).jpg))

O kit segue muitos dos preceitos estabelecidos pelo *Lectron*, como um grande apelo visual e uma extensiva gama de kits já especializados para diversas áreas de interesse como música, rádio, robótica, automação residencial, etc. Seu uso não requer nenhum conhecimento prévio, visto que sua funcionalidade técnica é ocultada por meio de uso de componentes eletrônicos do tipo SMD (*surface-mount device*), de reduzidas dimensões, porém algumas anotações se mantêm presentes em suas placas. Assim como os kits que o precederam, é acompanhado por um manual impresso contendo explicações e sugestões de experimentos para a introdução de conceitos muito básicos de eletrônica.

Todos os projetos de circuitos das placas desenvolvidas pela empresa estão sob licença *open hardware*, contudo o sistema modular de conectores magnéticos (Figura 2.4)- dos quais derivam grande parte de seu apelo e popularidade - são propriedades intelectuais. Essa restrição estabelecida justamente no elemento-chave que permite a abertura de possibilidades de exploração (relembrando as premissas do design de módulos de Jones) são bastante frustrantes, pois os circuitos são de baixa complexidade (facilmente replicáveis por alguém com conhecimento básico em eletrônica) e o discurso do *open hardware* acaba servindo mais como propaganda do que uma contribuição efetiva para aqueles que desejam replicar ou modificar o projeto, por exemplo, em contextos menos favorecidos.

Precisamos, ainda destacar que a polaridade das conexões magnéticas, já trabalhadas pelo kit *Lectron*, acabam não permitindo ao manipulador a possibilidade do erro - bloqueando assim um dos pontos mais importantes do processo circular de construção do conhecimento e uma das características valorizadas por Froebel.

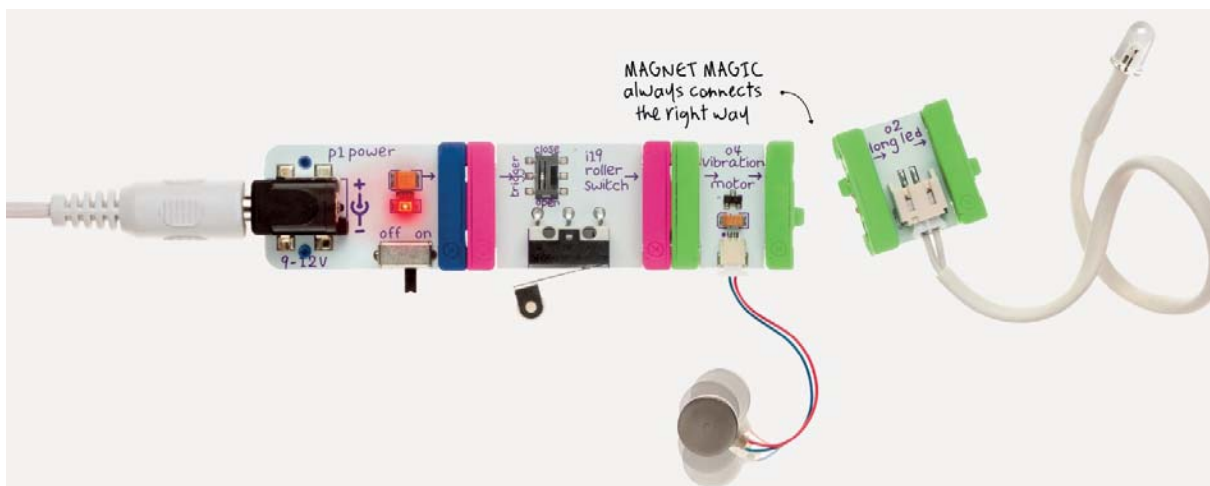


Figura 2.4 littleBits - Funcionamento dos módulos eletrônicos dos kit, com conexão magnética.
Imagem: Divulgação © littleBits Electronics Inc

2. 4

LINHAS E TRAMAS - MÓDULOS DE FORMA E PERFORMANCE

Quando John Chris Jones (1992) diz que módulos são a melhor forma de design, um dos seus primeiros exemplos são as palavras de uma linguagem. Christopher Alexander apresenta uma visão muito similar em seu texto *System Generating Systems* (1968) ao falar da escrita como um sistema gerador - algo como um kit de partes: das letras do alfabeto formam-se as palavras, das palavras as frases, destas parágrafos que, por sua vez, compõem os textos (Figura 2.1). Nos parece que um artefato tão antigo e bem sucedido como a linguagem escrita talvez seja um bom ponto de partida para pensarmos em como interiorizamos e usufruimos dessas combinações, inicialmente simples, de unidades.

Em sua teoria da imagem técnica Vilém Flusser (1985) interpreta a invenção da escrita linear um segundo afastamento do homem em relação ao mundo que, ao suceder as primeiras imagens, substituiu a consciência mágica pela histórica. Ela nasce do processo de ‘rasgar’ e ‘desfiar’ desenhos, tornando planos mágicos das imagens em linhas retas formadas por uma sequência ordenada de cálculos que, colocados um frente ao outro, combinam-se para criar conceitos e significado. Em outro plano, Friedrich Froebel, que acreditava em um ensino no qual as coisas materiais antecedem as palavras, não deixava de valorizar a ordem e a lógica da composição de pequenas partes na criação de qualquer todo. Além de seu trabalho com os “dons” volumétricos, é interessante atentar também a elementos menos lembrados que compunham a totalidade de seu sistema de ocupações para crianças.

Como Flusser identifica na sua filosofia, Froebel intuitivamente também seguiu uma lógica de abstração para guiar a construção do conhecimento na criança, transicionando o foco dos volumes ao planos, dos planos as linhas e das linhas aos pontos. Isso não bastando, o sistema volta na direção contrária, mas agora percorrendo outro caminho, e assim oferecendo novas experiências para o aprendizado.

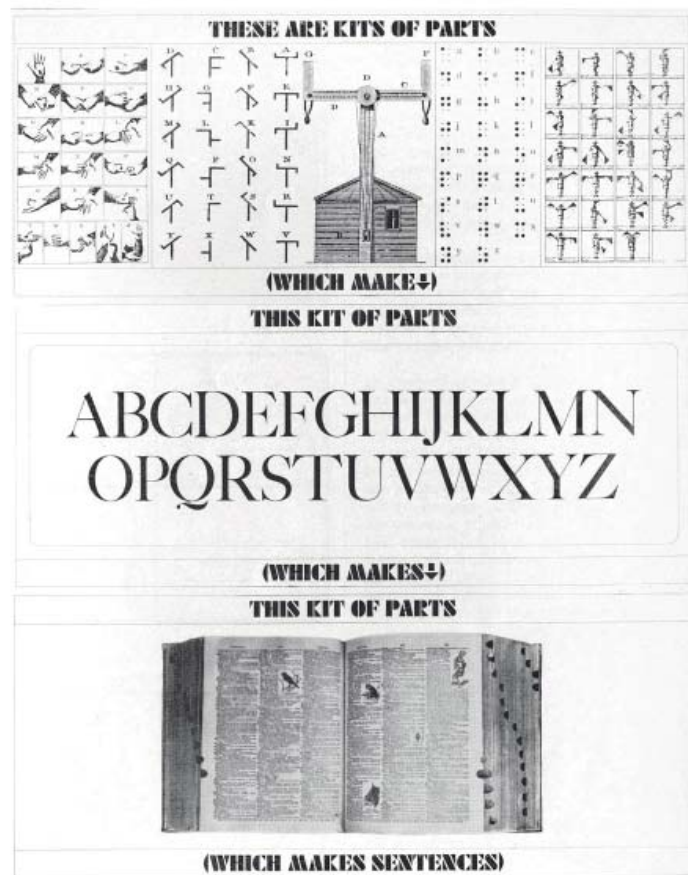


Figura 2.1 Sistema de Palavras - Ilustração do artigo Systems Generating Systems
Imagem: (ALEXANDER, 1968, p. 605)

A partir de seu oitavo dom (Figura 2.2), Froebel passa destacar a linha como unidade. Essa é revelada nas dobraduras e cortes com papel, e o trabalho com pequenas tiras do mesmo material fazia com que as crianças entrassem no mundo das tramas e tessituras (também muito relevantes para o trabalho no contexto econômico e social da época). As construções tridimensionais com varetas utilizando ervilhas úmidas como nós e os trabalhos gráficos com furos do pontilhismo e o retorno lógico com o bordado de arestas no papel (Figura 2.3) destacam a relação da linha com o ponto sem dimensão.

Antes frequentemente desconsideradas no campo do design, as técnicas artesanais de tecelagem tradicionalmente femininas - como a tapeçaria, o bordado, o tricô e o crochê - ganharam destaque nos últimos anos como consequência de uma valorização geral da produção não industrializada ou “feita à mão”. Vistas quase como uma oposição direta do projeto e da fabricação industrial e digital, tais técnicas parecem não ter nenhuma relação com o mundo cada vez mais digitalizado. Porém, com um olhar cuidadoso, é possível perceber uma lógica digital por trás desses processos e artefatos.

Staffs for Laying of Figures. Eighth Gift *Plate XXXIII*



Figura 2.2 Prancha com sugestões de exercícios para o oitavo dom
Imagem: (WIEBÉ, 1869)



Figura 2.3 Bordados com Padrões Geométricos e Figurativos - décimo segundo dom (c. 1890)
Imagem: Material de referência baseado nos princípios do décimo segundo dom de Froebel, produzido por Ella Steigelman Fonte: Museum of Modern Art, New York (<https://www.moma.org/collection/works/145075>)

Um fato interessante está na relação entre a história da tecelagem e a origem da computação digital. De acordo com a filósofa Sadie Plant (1995, p. 46, tradução da autora) “O desenvolvimento do computador e da máquina cibernética que ele opera pode até ser descrito em termos da introdução de velocidade crescente, miniaturização e complexidade no processo de tecelagem”¹. Não apenas Plant como também Stafford Beer (BLOHM; BEER, 1987) apresentam o tear do francês Joseph Marie Jacquard como um importante antecedente do computador digital - em 1801 Jacquard apresentou um dispositivo que pode ser considerado o primeiro mecanismo maquínico de controle e automação: usando a lógica binária dos cartões perfurados ele possibilitou que um programa fixo contendo um padrão de entrelaçamento dos fios operasse em tempo real o funcionamento de um tear. Tal inovação, que veio a desencadear a revolução industrial através da tecelagem, foi uma referência importante para Charles Babbage e sua colaboradora Ada Lovelace no projeto da Máquina Analítica - descrita em 1837, porém nunca construída, ela é tida como o primeiro computador de uso geral, com capacidade de receber, processar e armazenar dados.

Com auxílio dessa história torna-se mais fácil ver que processos de tecelagem funcionam como algoritmos. Afinal, como aponta a cientista da computação Melanie Mitchell (2011), algoritmo é o termo hoje usado para significar o que Turing se referia como *definite procedure* (procedimento preciso) e que muitos de nós conhecemos como receita: uma série de passos pelos quais um *input* é transformado em um *output*. Além disso, considerando os processos de tecelagem tendem a repetição de padrões, podemos ainda vê-los como uma programação complexa que deriva de uma série de ações modulares.

Essa interpretação é igualmente válida tanto para procedimentos realizados em uma máquina como os realizados à mão. Tendo isso em mente, gostaria de dar destaque a duas técnicas artesanais de tecelagem em particular: o tricô e o crochê. Com uma recente aproximação pessoal com ambas técnicas, penso que a estrutura desses sistemas permite uma discussão interessante na direção do enfoque da tese.

Primeiro precisamos de algumas descrições iniciais. O crochê é um processo de tecelagem realizado com um novelo de linha e apenas uma agulha específica, que possui sua ponteira em formato de gancho. Através de nós sequenciais realizados com essa agulha uma trama vai se formando a partir da linha (Figura 2.5). Já o tricô é tecido com um novelo e um par de agulhas - essas com pontas afinadas e cabos longos que dão suporte para a trama que está sendo tecida (Figura 2.6).

Um ponto de crochê é um módulo relativamente estável de forma e de performance. Diferentemente do tricô, no crochê cada ponto é uma unidade independente que é adicionada em uma progressão linear. No tricô, desde o início do trabalho cada ponto em formação está vinculado a uma

1 No original: “the development of the computer and the cybernetic machine as which it operates might even be described in terms of the introduction of increasing speed, miniaturization and complexity to the process of weaving.”



Figura 2.4 Máquina de Jacquard - sistema de cartões perfurados para teares. (c. 1920)

Imagem: George Reinhart / Corbis Historical (<https://www.gettyimages.com/detail/news-photo/worker-making-carpet-with-jacquard-loom-news-photo/530857964>)



Figura 2.5 Uma corrente de crochê
 Imagem: Mollie Johanson
 (<https://www.thesprucecrafts.com/chain-stitch-crochet-photo-tutorial-979078>)



Figura 2.6 Malha de tricô
 Imagem:

Figura 2.7 Diagrama da construção da malha de tricô
 Imagem: (<https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Knit-schematic.png>)

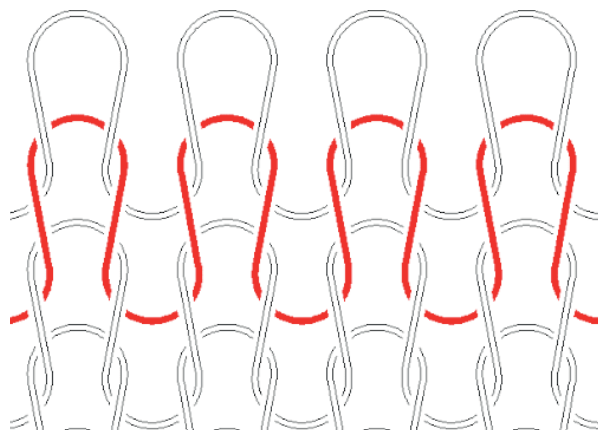




Figura 2.8 Malha em crochê tunisiano
Imagem: <http://tlycblog.com/top-9-free-tunisian-crochet-patterns-online/>

linha imaginária que se cria na agulha (Figura 2.7), chamada carreira - uma importante referência da técnica. Enquanto uma carreira permanecer na agulha a trama é essencialmente instável e capaz de se desfazer em cascata. Assim, podemos dizer que nenhum ponto está realmente completo até que a trama seja finalizada como um todo. Uma variação do crochê, conhecida como crochê tunisiano, apresenta um processo híbrido. Com um única agulha - com ponta em gancho característica do crochê mas que possui o comprimento maior como as do tricô - os pontos são trabalhados em linha e são finalizados a cada carreira (Figura 2.8). Os pontos dessa técnica também dividem características com os do tricô e do crochê tradicional.

Assim as etapas de tecelagem do tricô trabalham considerando partes conformadas como superfícies bidimensionais planas (ou tubulares)². Um número de pontos a ser trabalhado é determinado de antemão para realizar a primeira etapa de montagem dos pontos na agulha; com os pontos colocados se inicia o processo de tecelagem propriamente dito, e por fim; a etapa onde se realiza o arremate dessa superfície, removendo os pontos da agulha. Para construir uma peça de roupa, por exemplo, todas as partes são tecidas separadamente e então unidas por uma costura, ou, alguns dos pontos já finalizados de uma das peças são recolocados na agulha para que uma nova trama seja tecida em outra direção. Assim que a unidade estável só surge no momento em que as agulhas são separadas do trabalho.

O que coloco aqui como unidade estável pode ser visto dentro da concepção de sistemas modulares, onde diferenças nos graus das relações de independência e interdependência entre elementos estabelecem uma hierarquia de blocos aninhados, que podem ser combinados e recombinados. No caso do crochê tunisiano é a linha que se apresenta como uma unidade estável, pois é o momento

² No primeiro caso a malha vai sendo construída no apoio das agulhas, em um processo de vai e vem que define os lados direito e avesso da peça. Já no segundo caso a malha é tecida com um par especial de agulhas chamadas agulhas circulares - onde um longo fio conecta as pontas finais das duas agulhas, que permite um trabalho em espiral.



Figura 2.9 Superfície hiperbólica em crochê
Imagem: (TAIMINA, 2009)

em que a agulha se separa dos pontos. E no crochê convencional essa unidade é o ponto - o que facilita o trabalho com formas diversas e tridimensionais como, por exemplo, a construção de superfícies hiperbólicas (Figura 2.9). No seu livro *Crocheting Adventures with Hyperbolic Planes* a matemática letã Daina Taimina (2009, p. 20, tradução da autora) relata:

Primeiro, tentei trabalhar com o tricô, já que sou uma ávida tricoteira. Mas o número de pontos nas agulhas logo se tornou incontrolável, e fiquei com medo de que, assim que eu acidentalmente perdesse um ponto, todo o trabalho se desfizesse. Então, optei pelo crochê porque ele dá mais liberdade no espaço e eu teria que lidar apenas com um ponto de cada vez. (...) Para fazer o plano hiperbólico de crochê, você precisa apenas de algumas habilidades básicas da técnica. Tudo o que você precisa saber é como fazer um ponto corrente (para começar) e como fazer um ponto baixo.³

Há uma série de pontos de crochê já definidos, assim como padrões que podem ser feitos com uma combinação destes primeiros ou de ações que os conformam. Entre os pontos simples mais usuais temos: ponto corrente (correntinha), p. baixíssimo, p. baixo, p. alto, p. alto duplo, p. alto triplo, p. pipoca, etc. Os pontos compostos, também conhecidos como pontos fantasia, nada mais são do que sequências de pontos básicos que dão origem a uma nova combinação estável. Essas combinações criam unidades de maior nível hierárquico, que funcionarão também como blocos de montar. Graças a sua característica construtiva que cria unidades elementares hierárquicas o crochê oferece uma grande possibilidade para a geração de padrões e combinações de elementos variados. Um modo de tecer e combinar uma determinado padrão de pontos ficou conhecido como uma técnica específica, em inglês *corner-to-corner* (c2c) ou crochê de canto a canto - já que possibilita um trabalho “pixelado” que se constrói, como o próprio nome indica, diagonalmente em blocos, de um canto

3 No original: “First, I tried to knit since I am an avid knitter. But the number of stitches on the needles soon became unmanageable, and I was afraid that as soon as I accidentally lost a stitch, the whole work would unravel. So, I decided to crochet because it gives more freedom in space and I had to deal only with one stitch at a time.(...) In order to make the crocheted hyperbolic plane, you need just a few very basic crocheting skills. All you need to know is how to make a chain (to start) and how to single crochet.”

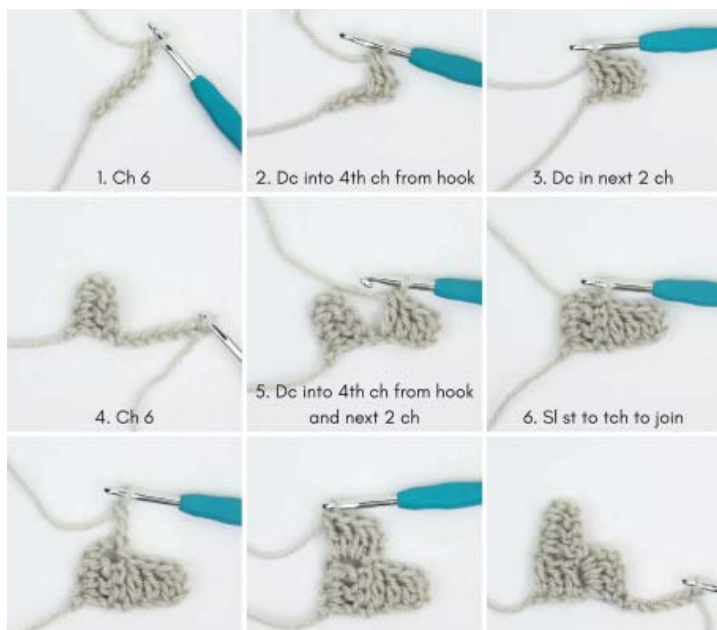


Figura 2.10 Técnica de crochê c2c
 Imagem: <https://makeanddocrew.com/how-to-corner-to-corner-crochet-c2c-for-beginners/>

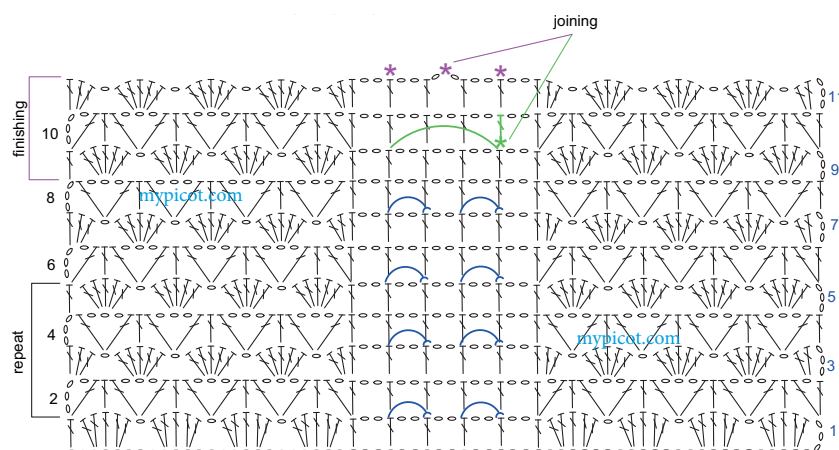


Figura 2.11 Diagram de crochê
 Imagem: <https://mypicot.com/2082.html>

lateral ao outro (Figura 2.10). Além da combinação de pontos através da ação contínua da técnica temos também a combinação de módulos prontos como os quadrados de crochê, que costurados juntos compõem tradicionais colchas e cobertores.

Todos esses pontos e padrões podem ser representados diagramaticamente (Figura 2.11)- utilizando uma disposição lógica de símbolos próprios - e também como uma receita que lista uma sequência de passos - ações discretas distintas que devem ser realizadas ordenadamente. Ou seja, uma receita de crochê é de fato um algoritmo preciso concebido para ser realizado por mãos humanas (ainda não foi criada uma máquina capaz de reproduzir os movimentos necessários para a construção do crochê). No artigo online *Crocheting Software*, Steve Johnston (2011, tradução da autora) escreve:

Quando uma crocheteira começa a trabalhar em um novo projeto usando uma receita de crochê, ela essencialmente realiza as mesmas ações que um computador realizaria ao

executar um programa. É um processo semelhante a executar o programa sequencial armazenado nos cartões perfurados de um tear Jacquard.⁴

Johnston, que trabalha com tecnologia da informação, elabora mais essa afirmação explicando que todo o computador possui uma CPU com um conjunto fundamental de operações básicas que conformam o seu conjunto de instruções [*instruction set*]⁵, que ele equipara aos movimentos de mão básicos que precisam ser realizado com a agulha para executar um ponto de crochê. Por não sofrer com os problemas de incompatibilidade entre códigos (um programa compilado no Windows que não pode ser rodado no Unix), o autor compara o crocheteiro ou crocheteira a uma máquina virtual Java [*Java Virtual Machine - JVM*]. Com isso quer dizer que uma receita de crochê é executada um ponto por vez, em runtime, ao invés de necessitar de uma compilação prévia⁶. Em relação ao algoritmo propriamente dito - isto é, a receita escrita com os passos para tecer uma peça de crochê - Johnston analisa exemplos e chega a conclusão de que as receitas utilizam tanto técnicas que se assemelham a programação estruturada - dividindo a receita em blocos de funções (partes) e adicionando comentários - como a programação orientada a objetos - nesse caso, tanto os pontos e as linhas podem ser entendidos como objetos, sendo unidades fundamentais ao crochê. Todos esses aspectos podem ser também compreendidos dentro do paradigma de sistemas modulares, já apresentado na tese.

O pesquisador e designer de moda Otto von Busch, no artigo *Zen and the Abstract Machine of Knitting* (2013), aborda e analisa aspectos do tricô igualmente válidos para o crochê. Entendendo o tricô como uma “repetição de protocolos específicos de interconexão, semelhantes aos de software, que vêm dar forma à malha finalizada”⁷ (p. 8, tradução da autora), von Busch descreve o que associei com a ideia de módulos de forma e performance. Entre os conhecidos pontos dessas técnicas - que antes de representarem uma forma final determinam os procedimentos de transformação do fio em diferentes padrões de contínua conexão - uma variedade de protocolos básicos podem ser distinguidos. A repetição faz com que o tricô siga “um processo iterativo de laçadas, de

4 No original: “When a crocheter begins working on a new project using a crochet pattern, she essentially performs the same actions that a computer would perform when executing a program. It is a process similar to executing the sequential program stored on the punched cards of a Jacquard loom.”

5 *Central Processing Unit* ou, em português, Unidade Central de Processamento.

6 Outra comparação interessante que o autor faz é o paralelo entre o processo do crochê e do tricô com, respectivamente, programas de computador monotarefa [*single-threaded*] e multitarefa [*multi-threaded*]. Como um programa monotarefa no crochê apenas um ponto de cada vez é trabalhado, por outro lado, no tricô cada ponto ativo na agulha podem ser vistos como uma tarefa dentro de uma threadpoll - ou seja, o conjunto de tarefas ativas em uma fila de execução, que pode também ser pensado como um garçom com fila de atendimento com muitos clientes. Só que, apesar de estarem ativos, cada ponto de tricô também só pode ser executado um por vez, assim como as tarefas no computador.

7 No original: “repetition of specific interconnecting protocols, similar to those in software, that come to shape the finished knit.”

acordo com certas regras ou procedimentos onde o fio está entrelaçado em torno de si mesmo, quase ‘comunicando-se’ consigo mesmo”⁸ (p. 9, tradução da autora).

O termo protocolo que von Busch utiliza se vincula a duas variações de significado, ambas relacionadas a formas de interconexão. Por um lado temos a noção de protocolo como um código de conduta diplomática, por outro a palavra se refere a tecnologia de organização que opera em redes distribuídas (Galloway, 2006) - como a Internet, mas não apenas ela. No artigo o autor faz referência a concepção apresentada por Alexander Galloway (2006)- programador e professor da área de mídia, cultura e comunicação - de protocolo como um sistema que funciona sem depender de mecanismos hierárquicos e centralizados, para afirmar que o tricô é “um processo infinito de repetições que não possui hierarquia interna”⁹ (p. 10, tradução da autora) e concluir que “os protocolos de tricô estão, portanto, situados entre o fio enlaçado, nos próprios laços.”¹⁰ (p. 10, tradução da autora). Em contraponto, sem invalidar a conclusão de von Busch, penso que a noção de protocolo, especialmente no caso do crochê, não deva ser desassociada de um modelo modular de organização - que, como já vimos, lida com o princípio de níveis hierárquicos que promovem a descentralização.

A ideia de “módulos de forma e performance” que dá título a este capítulo quer destacar que, mesmo um módulo se manifestando de forma física - como pontos, das linha e tramas - ele pode ser também um módulo informacional que indica e coordena uma ação - um módulo de ação que ao ser multiplicado e combinado com outros, promove agenciamento. Um módulo sem ação que conforma ou constrói um sistema é apenas uma elemento inerte, ou até mesmo inexistente.

8 No original: “Knitting thus follows an iterative process of looping and conforms to certain rules or procedures where the yarn is looped around itself, almost ‘communicating’ with itself.”

9 No original: “an endless process of repetitions without inner hierarchy”

10 No original: “The protocols of knitting are thus situated in-between the looped thread, in the loops themselves.”

CONSIDERAÇÕES

Nesta pesquisa, buscou-se construir uma interpretação de modularidade como uma estrutura capaz de acomodar as incertezas inerentes à vida, no dia a dia de todos os indivíduos, em suas atividades e, por consequência, implícitas em qualquer atividade projetual. Além das mudanças relativas ao tempo e ao contexto, considerou-se especialmente a abertura para a inclusão do outro - tomada aqui como uma premissa ética para a prática do design, bem explicitada pelos autores Vilém Flusser e Ranulph Glanville. Partindo da hipótese de que o projeto e o uso de módulos favorece e potencializa o surgimento de configurações e possibilidades não antecipadas, foi traçada uma investigação que permitiu identificar em contextos particulares como e quando isso se torna verdade.

Se de início, as distinções ainda eram um pouco vagas e os recortes imprecisos, foi com o próprio processo da pesquisa que as definições e enfoques se delimitaram. Os três planos de trabalho que compreendem as experiências de design - contidas no apêndice deste trabalho - a atenção dada para certos artefatos de impacto histórico e cultural, e a compreensão paulatina de conceitos e teorias - entre as quais cabe destacar a teoria sistêmica representada pela Cibernética e seus correlatos - serviram como uma maneira de organizar a variedade de interesses e intenções e, graças aos desenvolvimentos quase paralelos, foi possível estabelecer mesmo que forma simplificada ciclos constantes de feedback.

Partindo de considerações epistemológicas de orientação construtivista - embasadas em Ernst von Glasersfeld, George Spencer-Brown e Ranulph Glanville - e de posições anti-determinísticas a respeito da prática do design - a exemplo da subespecificação de Gordon Pask e dos princípios defendidos por John Chris Jones - o pensamento sistêmico foi tomado como base para aprofundar uma teoria sobre modularidade. Nesse sentido, determinadas definições e formulações relacionadas ao grande campo dos sistemas complexos deram fundamentação para esse posicionamento anterior à medida em que foram alterando também a perspectiva e análise dos dons de Friedrich Froebel e de uma série de exemplos e variações dos blocos de construção. O enfoque nos blocos foi, na

verdade, fruto de experiência anterior com a elaboração de um kit modular de eletrônica - que, por sua vez, acabou sendo retomado, após uma revisão, como um novo experimento prático, ambos apresentados nos apêndices da tese.

O mais interessante dessa investigação foi descobrir e explorar diferentes manifestações que, embora distintas em formalização, contexto e propósito, possuíam princípios em comum. Na verdade, o desenvolvimento do trabalho forneceu, mais do que uma grande conclusão, várias pequenas descobertas e possíveis aberturas para futuras investigações tanto em âmbito acadêmico como didático.

Temos, assim, a definição de modularidade como uma característica sistêmica não absoluta, e sim gradual, relativa à distinção de níveis e elementos. Um sistema pode ser considerado modular quando é possível distinguir subsistemas ou unidades chamadas módulos, que possuem uma forte conexão interna (dentro) e apenas uma fraca, porém relevante, conexão externa (entre). Módulos podem ser entendidos, portanto, como unidades construídas pela distinção dentro-fora. Se essas diferenças podem ser identificadas várias vezes, criando elementos que contêm ou estão contidos em outros, temos um sistema modular de hierarquia aninhada. Em sistemas modulares complexos é possível reconhecer este tipo de hierarquia. Assim a modularidade é uma propriedade da estrutura ou organização de um sistema. Nessa perspectiva, a natureza do módulo não está na sua função mas sim na sua estrutura. Por exemplo, ao analisar diferentes blocos de montar, como os próprios dons de Froebel além de outros mais recentes que contam com componentes eletrônicos, foi possível perceber que quando a essência do módulo se define mais por sua função do que sua estrutura menor a possibilidade de desdobramentos para além do sistema original.

Como ferramenta cognitiva a modularidade pode ser utilizada tanto para a compreensão do mundo - modelando uma série de sistemas observados - como também para proposição - projetando um sistema completo porém subespecificado ou ainda um sistema gerador, como um kit de partes. Aqui cabe reforçar a ideia de que um sistema modular pode ser definido de cima para baixo - processo de modularização - mas também pode surgir organicamente a partir dos módulos de baixo para cima - processo de emergência e criação de blocos de montar.

De todas as questões que emergiram do trabalho, algumas foram sondadas mas acabaram não aparecendo nesta formatação final do trabalho. Considerando elas ainda como possibilidade de aprofundamento futuro ou inícios para outras pesquisas, é importante fazer esse registro.

Um desses aspectos e que merece o devido destaque, é a discussão sobre três percepções frequentemente associadas com a ideia de módulo - módulo como unidade, módulo como parte, e módulo como blocos de montar - tratando de seus contextos históricos, congruências e contradições. Essa relação, embora não tenha sido destacada, foi de certa forma tratada implicitamente no decorrer do trabalho sendo que a definição geral alcançada contempla esse espectro.

Dentro da investigação sobre Sistemas Complexos Adaptativos, um tópico a ser mais aprofundado é a evolução do trabalho inicial de John Holland, com o acréscimo do conceito de “agente” - conectando as noções anteriores de estruturas e operadores, que foram apresentadas - e o foco na emergência de padrões estáveis que ele denomina como blocos de montar.

Por fim, outro aspecto aqui implícito e que poderá ganhar maior desenvolvimento em futuras pesquisas é o papel da materialidade e da manipulação de módulos no processo cognitivo - perceptível por trás da concepção de blocos de montar, predominante no trabalho de Froebel e atualmente frisado pela filosofia de educação construcionista. A noção de *Critical Making*, cunhada pelo professor de ciências humanas Matt Ratto em 2008, também ressalta a importância do fazer material para a construção do conhecimento e a utilização de manipulativos modulares - sejam eles físicos ou digitais - só tem a acrescentar nesse caminho, criando a combinação de unidades um campo de ação mais restrito do que a página em branco, mas que por isso mesmo potencializa a criação.

REFERÊNCIAS

ACKERMANN, Edith. Piaget's Constructivism, Papert's Constructionism: What's the difference? **Future of learning group publication**, [s. l.], v. 5, n. 3, p. 438, 2001.

ALEXANDER, Christopher. **Notes on the Synthesis of Form**. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1964.

ALEXANDER, Christopher. Systems Generating Systems. **Architectural Design**, v. 38, p. 605–610, 1968.

ALEXANDER, Christopher. System Generating Systems. In: MENGES, Achim; AHLQUIST, Sean (Org.). **Computational Design Thinking**. 1st. ed. Chichester: Wiley, 2011. p. 58–77.

BALDWIN, Carliss Y.; CLARK, Kim B. **Design Rules, Vol. 1: The Power of Modularity**. 4th Printing edition. Cambridge, Mass: The MIT Press, 2000.

BALDWIN, Carliss Y.; CLARK, Kim B. Managing in an Age of Modularity. In: GARUD, Raghu; KUMARASWAMY, Arun; LANGLOIS, Richard N. (Org.). **Managing in the Modular Age: Architectures, Networks, and Organizations**. 1 ed. Malden, MA: Blackwell, 2002. p. 149–160.

BALDWIN, Carliss Y. Modularity and Organizations. In: **International encyclopedia of the social & behavioral sciences**. 2nd. ed. USA: Elsevier, 2015. v. 15p. 718–723.

BALTAZAR, Ana Paula. **Cyberarchitecture: the virtualization of architecture beyond representation towards interactivity**. 2009. Unpublished Ph.D. thesis (PhD in Architecture and Virtual Environments) - The Bartlett School of Architecture, University College of London, London, 2009.

BALTAZAR, Ana Paula et al. Interface de eletrônica e objeto interativo como introdução ao knowledge based design. In: KNOWLEDGE-BASED DESIGN - PROCEEDINGS OF THE 17TH CONFERENCE OF THE IBEROAMERICAN SOCIETY OF DIGITAL GRAPHICS 2013, Valparaíso, Chile. **Anais...** . In: SIGRADI 2013. Valparaíso, Chile

BARROS, Manoel De. **Memórias Inventadas**. [s.l.] : Alfaguara, 2018.

BARTHES, Roland. Brinquedos. In: **Mitologias**. Paris: Bertrand Brasil, 1993. p. 40–45.

Bauhaus Bauspiel. Disponível em: <<https://shop.bauhaus-movement.com/bauhaus-bauspiel>>. Acesso em: 22 jul. 2019.

BAUHAUS KOOPERATION. **Alma Siedhoff-Buscher**. Disponível em: <<https://www.bauhaus100.com/the-bauhaus/people/students/alma-siedhoff-buscher/>>. Acesso em: 22 jul. 2019a.

BAUHAUS KOOPERATION. **Small Ship-Building Game**. Disponível em: <<https://www.bauhaus100.com/the-bauhaus/works/plastic-arts/small-ship-building-game/>>. Acesso em: 22 jul. 2019b.

BDEIR, Aya. **Modular electronic building systems with magnetic interconnections and methods of using the same**, US20130050958 A1, 2013.

BDEIR, Ayah. Electronics as material: littleBits. In: PROCEEDINGS OF THE 3RD INTERNATIONAL CONFERENCE ON TANGIBLE AND EMBEDDED INTERACTION 2009, **Anais...** : ACM, 2009.

BENKLER, Yochai; NISSENBAUM, Helen. Commons-based Peer Production and Virtue*. **Journal of Political Philosophy**, [s. l.], v. 14, n. 4, p. 394–419, 2006.

BIRCHENHALL, Chris R. Design Patterns in Hierarchical Models. In: NIELSEN, Søren S. (Org.). **Programming Languages and Systems in Computational Economics and Finance**. Advances in Computational Economics. Boston, MA: Springer US, 2002. p. 149–172. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1049-9_6>. Acesso em: 20 fev. 2019.

BLOHM, Hans; BEER, Stafford. **Pebbles to Computers: The Thread**. 1st ed. Toronto: Oxford University Press, 1987.

BOGOST, Ian. **Unit operations: an approach to videogame criticism**. Cambridge, Mass: The MIT Press, 2006.

BORDES, Juan (ED.). **Juguetes de construcción: escuela de la arquitectura moderna**. Madrid: Círculo de Bellas Artes, 2016.

BRAND, Stewart. **How Buildings Learn**. Reprint ed. New York, NY: Penguin Books, 1995.

CLARK, Lygia. **Livro-Obra**. [s.l.] : Associação Cultural “O Mundo de Lygia Clark”, 1983. Disponível em: <<http://www.lygiac Clark.org.br/arquivoPT.asp>>

DUBBERLY, Hugh; PANGARO, Paul. How cybernetics connects computing, counterculture, and design. In: **Hippie Modernism: The Struggle for Utopia**. Minneapolis: Walker Art Center, 2015.

EAMES, Charles. **US2719384A - Building toy**. . [S.l: s.n.]. Disponível em: <<https://patents.google.com/patent/US2719384A/en>>. Acesso em: 28 jul. 2019. , 4 out. 1955

EAMES, Charles; EAMES, Ray. **An Eames Anthology**. 1st ed. New Haven ; London: Yale University Press, 2015.

EARLE, Alice Morse. **Child Life in Colonial Days**. New York: The Macmillan Company; London, Macmillan & Co, 1899. Disponível em: <<http://archive.org/details/childlifecol00earlrich>>. Acesso em: 16 maio. 2018.

EDGEWORTH, Maria; EDGEWORTH, Richard Lovell. **Practical Education, Vol.I**. London: Johnson, 1798. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=DVRLAAAAcAAJ>>. Acesso em: 15 jun. 2017.

EDGEWORTH, Maria; EDGEWORTH, Richard Lovell. **Practical Education, Vol. II**. London: Johnson, 1798. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=L1RLAAAAcAAJ>>. Acesso em: 15 jun. 2017.

EGIDI, M.; MARENGO, L. Near-Decomposability, Organization, and Evolution: Some Notes on Herbert Simon’s Contribution. In: **Models of a man: Essays in memory of Herbert A. Simon**. Cambridge, MA, US: MIT Press, 2004. p. 335–350.

FARAGO, Jason. Lygia Clark: Nice to look at, lovely to hold. **BBC.com**, [s. l.], 2014. Disponível em: <<http://www.bbc.com/culture/story/20140529-hands-on-art-you-can-touch>>. Acesso em: 7 set. 2018.

FEAST, Luke; MELLEES, Gavin. Epistemological positions in design research: a brief review of the literature. [s. l.], 2010. Disponível em: <<http://researchbank.swinburne.edu.au/vital/access/manager/Repository/swin:18939>>. Acesso em: 9 ago. 2014.

FLUSSER, Vilém. **Jogos (manuscrito)**. Artigo não publicado e cedido pelo Arquivo Flusser em Berlim, [s.d.].

FLUSSER, Vilém. **Filosofia da Caixa Preta**. São Paulo: Hucitec, 1985.

FLUSSER, Vilém. Design: obstáculo para remoção de obstáculos? In: CARDOSO, Rafael (Ed.). **O mundo codificado: por uma filosofia do design e da comunicação**. Tradução Raquel Abi-Sâmara. São Paulo: Cosac Naify, 2007. p. 193–198.

FLUSSER, Vilém. **O universo das imagens técnicas: elogio da superficialidade**. São Paulo: AnnaBlume, 2008.

FORREST, S.; MITCHELL, M. Adaptive computation: the multidisciplinary legacy of John H. Holland. **Communications of the ACM**, [s. l.], v. 59, n. 8, p. 58–63, 2016.

FOWLKES, Mary Anne. Gifts from Childhood's Godmother — Patty Smith Hill. **Childhood Education**, [s. l.], v. 61, n. 1, p. 44–49, 1984.

FULLER, Matthew; HAQUE, Usman. **Situated Technologies Pamphlets 2 - Urban versioning system 1.0**. New York, NY: The Architectural League of New York, 2008.

GALLOWAY, Alexander R. **Protocol: How Control Exists after Decentralization**. Cambridge, Mass.: The MIT Press, 2004.

GARCIA, Ana Fernandez et al. **MoMoWo · 100 Projects in 100 Years. European Women in Architecture and Design · 1918-2018**. [S.l.]: Založba ZRC, 2016.

GLANVILLE, Ranulph. **A Cybernetic Development of Epistemology And Observation Applied to Objects in Space and Time (As Seen in Architecture)**. 1975. Tese de Doutorado - Brunel University, Middlesex, 1975.

GLANVILLE, Ranulph. The Self and the Other: the Purpose of Distinction. In: PROCEEDINGS OF THE “CYBERNETICS AND SYSTEMS ‘90” EUROPEAN MEETING ON CYBERNETICS AND SYSTEMS RESEARCH 1990, Singapore. **Anais...** Singapore: CUMINCAD, 1990. Disponível em: <<http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/494c>>. Acesso em: 13 abr. 2018.

GLANVILLE, Ranulph. Try again. Fail again. Fail better: the cybernetics in design and the design in cybernetics. **Kybernetes**, [s. l.], v. 36, n. 9/10, p. 1173–1206, 2007.

GLANVILLE, Ranulph. A (Cybernetic) Musing: Cybernetics and Human Knowing. In: **The Black Boox vol 3: 39 steps**. Wien: ed. echoraum, 2009a. p. 221–229.

GLANVILLE, Ranulph. Second Order Cybernetics. In: PARRA-LUNA, Francisco (Ed.). **Systems Science and Cybernetics - Volume III**. [s.l.] : EOLSS Publications, 2009b. p. 59–86.

GLANVILLE, Ranulph. **The Black Boox Vol. I - Cybernetic Circles**. Wien: Edition Echoraum, 2012.

GLANVILLE, Ranulph. The sometimes uncomfortable marriages of design and research. In: RODGERS, Paul A.; YEE, Joyce (Org.). **The Routledge companion to design research**. New York: Routledge, Taylor & Francis Group, 2015. p. 9–22.

Google Patents. [s.d.]. Disponível em: <<https://patents.google.com/>>.

GREGER, Georg. **Electronic building set**, US3447249 A, 1969.

HARDY, George F. **Richter's Anchor Stone Building Sets Richters Anker-Steinbaukasten Richter's UNION Blocks**. Palmyra, Virginia, USA: [s.n.], 2007.

HARRISON, Elizabeth; WOODSON, Belle. **The Kindergarten Building Gifts**. Chicago, Ill: Sigma Publishing Company, 1903.

HEILAND, Helmut. **Friedrich Fröbel**. Tradução Ivanise Monfredini. Recife: Fundação Joaquim Nabuco: Ed. Massangana, 2010.

HERTZ, Garnet (ED.). **Critical Making**. Hollywood. California USA: Telharmonium Press, 2012. Disponível em: <<http://conceptlab.com/criticalmaking/>>

HEWITT, Karen. Blocks as a tool for learning: A historical and contemporary perspective. **Young Children**, [s. l.], v. 56, n. 1, p. 6–14, 2001.

HEWITT, Karen; PETROSKI, Henry. **Toying with Architecture: The Building Toy in the Arena of Play, 1800 to the Present**. Katonah, N.Y.: Katonah Museum of Art, 1997.

HILL, Samuel L. **US21798A - Spelling-Block**. . [S.l: s.n.]. Disponível em: <<https://patents.google.com/patent/US21798/en>>. Acesso em: 25 maio 2018. , 12 out. 1858

HILL, S. L. **US51720A - Toy blocks**. . [S.l: s.n.]. Disponível em: <<https://patents.google.com/patent/US51720/en>>. Acesso em: 25 maio 2018. , 26 dez. 1865

HOLLAND, John H. **Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control, and Artificial Intelligence**. Reprint edition. Cambridge, Mass: A Bradford Book, 1992.

HOLLAND, John. Emergence. **Philosophica**, v. 59, p. 11–40, 1997.

HOLLINWORTH, Nic et al. Making Electronics More Accessible to People with Learning Disabilities. In: PROCEEDINGS OF THE EXTENDED ABSTRACTS OF THE 32ND ANNUAL ACM CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS 2014, New York, NY, USA. **Anais...** New York, NY, USA: ACM, 2014. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/2559206.2581175>>. Acesso em: 24 ago. 2018.

JONES, John Chris. **Designing designing**. New edition. London: Architecture Design and Technology Press, 1991.

JONES, John Chris. **Design methods**, 2nd Edition. New York, NY: Wiley, 1992.

JOHNSON, Harriet M. **The Art Of Block Building**. New York: The John Day Company, 1933. Disponível em: <<http://archive.org/details/in.ernet.dli.2015.89309>>. Acesso em: 30 ago. 2018.

JOHNSTON, Steve. **Crocheting Software. SoftwarePhysics**. [S.l: s.n.]. Disponível em: <http://softwarephysics.blogspot.com/2011/06/new-introduction-to-softwarephysics_18.html>. Acesso em: 12 ago. 2019. , 18 jun. 2011

KAPP, Silke et al. Arquitetos nas favelas: três críticas e uma proposta de atuação. In: ANAIS DO CTHAB 2012 – IV CONGRESSO BRASILEIRO E III CONGRESSO IBERO-AMERICANO HABITAÇÃO SOCIAL: CIÊNCIA E TECNOLOGIA – INOVAÇÃO E RESPONSABILIDADE 2012, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo – PósARQ/UFSC e Associação Catarinense de Engenheiros – ACE/SC, 2012.

KAUFFMAN, Louis H. Virtual Logic — Laws of Form and the Mobius Band. **Cybernetics & Human Knowing**, [s. l.], v. 22, n. 2–3, p. 157–166, 2015.

KISHIMOTO, Tizuko Morchida. **A pré-escola em São Paulo (das origens a 1940)**. 1986. text - Universidade de São Paulo, [s. l.], 1986. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48133/tde-11052015-104702/>>. Acesso em: 16 nov. 2017.

KISHIMOTO, Tizuko Morchida. Educação Infantil Integrando Pré-Escolas e Creches na Busca da Socialização da Criança. In: HILSDORF, Maria Lúcia Spedo; VIDAL, Diana Gonçalves (Org).. **Brasil 500 anos: tópicos em história da educação**. [S.l.]: EdUSP, 2001.

KISHIMOTO, Tizuko Morchida. **Práticas pedagógicas da professora Alice Meirelles Reis 1923 – 1935**. São Paulo: PoloBooks, 2014.

KUSUMOTO, Meire. Pelos caminhos de Lygia Clark. **VEJA.com**, [s. l.], 2012. Disponível em: <<https://veja.abril.com.br/entretenimento/pelos-caminhos-de-lygia-clark/>>. Acesso em: 7 set. 2018.

LAING, Ronald David. **O eu dividido: estudo existencial da sanidade e da loucura.** [s.l.] : VOZES, 1982.

LEONARD, Allenna. **Coming concepts: The cybernetic glossary for new management.** . [S.l: s.n.], 1990

LILIENTHAL, Otto; LILIENTHAL, Gustav. **US233780A - Composition Toy Building Blocks.** . [S.l: s.n.]. Disponível em: <<https://patents.google.com/patent/US233780/en>>. Acesso em: 15 jun. 2019. , 26 out. 1880

LUKASCH, Bernd. **The Other Lilienthal: The Multi-Faceted Life of Gustav Lilienthal (1849 — 1933) - the Younger Brother of Otto.** . [S.l: s.n.]. Disponível em: <<http://www.lilienthal-museum.de/olma/egustav.htm>>. Acesso em: 15 jun. 2019. , 2000

LOCKE, John. **Some Thoughts Concerning Education.** London: A. and J. Churchill, 1693. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=OCUCAAAAQAAJ>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

MATOS, Erica Azevedo da Costa e. **Ethos Hacker e Hackerspaces: Práticas e Processos de Aprendizagem, Criação e Intervenção.** 2014. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

MEADOWS, Donella H. **Thinking in Systems.** White River Junction, Vt: Chelsea Green Publishing, 2008.

MEHRING, Christine. **Alma Buscher “Ship” Building Toy.** In: SUDHALTER, Adrian (Org.). . **Bauhaus 1919-1933: Workshops for Modernity.** 1st Edition edition ed. New York: The Museum of Modern Art, New York, 2009. p. 156–159.

MILLER, J. Abbott. Elementary School. In: LUPTON, Ellen (Ed.). **The ABC’s of Bauhaus, The Bauhaus and Design Theory.** New York: Princeton Architectural Press, 2000. p. 4–21.

MITCHELL, Melanie. **An Introduction to Genetic Algorithms.** Reprint edition. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1998.

MITCHELL, Melanie. **Complexity: A Guided Tour.** 1 ed. Oxford: Oxford University Press, 2011.

MÜLLER, Karl H. De Profundis: Ranulph Glanville’s Transcendental Framework for Second-order Cybernetics. **Cybernetics & Human Knowing**, [s. l.], v. 22, n. 2–3, p. 27–47, 2015.

OGATA, Amy F. **Designing the Creative Child.** [S.l.]: U of Minnesota Press, 2013.

ORNSTEIN, Allan C.; LEVINE, Daniel U. **Foundations of education**. 10 ed. Boston, MA: Houghton Mifflin, 2007.

PAPERT, Seymour; HAREL, Idit. Situating constructionism. In: HAREL, Idit; PAPERT, Seymour (Eds.). **Constructionism: research reports and essays, 1985-1990**. Norwood, N.J: Ablex Publishing Corporation, 1991.

PASK, Gordon. The Architectural Relevance of Cybernetics. **Architectural Design**, [s. l.], n. AD 9/69, p. 494–496, 1969.

PETERS, Michael. **LECTRON.info - The Ultimate LECTRON Information Resource and Online Museum**. 2012. Disponível em: <<http://lectron.info/index.html>>. Acesso em: 3 abr. 2016.

PICKERING, Andrew. **The Cybernetic Brain: Sketches of Another Future**. Chicago; London: University Of Chicago Press, 2011.

PLAT, Sir Hugh. **The jewel house of art and nature: containing divers rare and profitable inventions, together with sundry new experiments in the art of husbandry : with divers chymical conclusions concerning the art of distillation, and the rare practises and uses thereof. Faithfully and familiarly set down, according to the authours own experience**. London: Printed by Bernard Alsop, 1653. Disponível em: <<http://archive.org/details/jevvelhouseofart00plat>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

PIAGET, Jean. **La naissance de l'intelligence chez l'enfant**. 9. ed. Lausanne; Paris: Delachaux et Niestlé, 1997.

PROVENZO, Eugene F.; BRETTI, Arlene. **The Complete Block Book**. Syracuse, N.Y: Syracuse University Press, 1983.

RAMAGE, Magnus; SHIPP, Karen. **Systems thinkers**. London: Springer, 2009.

RATTO, Matt. Critical Making: Conceptual and material studies in technology and social life. **The Information Society**, [s. l.], v. 27, n. 4, p. 252–260, 2011.

Revista do Jardim da Infancia 1 Vol Publicação Oficial. São Paulo: [s.n.], 1886. v. 1.

RESNICK, Mitchel. Behavior Construction Kits. **Communications of the ACM - Special issue on computer augmented environments: back to the real world**, [s. l.], v. 36, n. 7, p. 64–71, 1993.

RESNICK, Mitchel. Technologies for lifelong kindergarten. **Educational Technology Research and Development**, [s. l.], v. 46, n. 4, p. 43–55, 1998.

RESNICK, Mitchel. All I Really Need to Know (About Creative Thinking) I Learned (by Studying How Children Learn) in Kindergarten. In: PROCEEDINGS OF THE 6TH ACM SIGCHI CONFERENCE ON CREATIVITY & COGNITION 2007, New York, NY, USA. **Anais...** New York, NY, USA: ACM, 2007. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/1254960.1254961>>. Acesso em: 6 jul. 2016.

RESNICK, Mitchel. Lifelong Kindergarten. In: **Cultures of Creativity**. [s.l.] : LEGO Foundation, 2013.

RESNICK, Mitchel et al. Digital Manipulatives: New Toys to Think with. In: PROCEEDINGS OF THE SIGCHI CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS 1998, New York, NY, USA. **Anais...** New York, NY, USA: ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., 1998. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1145/274644.274684>>. Acesso em: 11 jul. 2016.

RESNICK, Mitchel. **Lifelong Kindergarten**. [S.l.]: The MIT Press, 2017.

RIGGSBY, A. Vitruvius and the Limits of Proportion. **Arethusa**, [s. l.], v. 49, n. 2, p. 281–297, 2016.

RUBIN, Jeanne S. The Froebel-Wright Kindergarten Connection: A New Perspective. **Journal of the Society of Architectural Historians**, [s. l.], v. 48, n. 1, p. 24–37, 1989.

SCOTT, Bernard. Ranulph Glanville's Objekte. In: GLANVILLE, Ranulph (Ed.). **The Black Boox Vol. I - Cybernetic Circles**. Wien: Edition Echoraum, 2012. p. 63–76.

SEVALDSON, Birger. Discussions & Movements in Design Research : A systems approach to practice research in design. **FORMakademisk**, v. 3, p. 8–35, 2010.

SIMON, Herbert A. **The Sciences of the Artificial**. 3rd edition. Cambridge, Mass: The MIT Press, 1996.

SIMON, H. A. The Structure of Complexity in an Evolving World: The Role of Near Decomposability. In: CALLEBAUT, W.; RASSKIN-GUTMAN, D. (Eds.). **Modularity: Understanding the Development and Evolution of Natural Complex Systems**. The Vienna Series in Theoretical Biology. Cambridge, Mass.; London: The MIT Press, 2009.

SNIDER, Denton Jaques. **The psychology of Froebel's play-gifts**. St. Louis: Sigma, 1900. Disponível em: <<http://archive.org/details/psychologyoffroe00snid>>. Acesso em: 14 nov. 2017.

SMITH, Ernie. Building Blocks, Literally. **Tedium.**, [s. l.], 2017. Disponível em: <<http://tedium.co/2017/05/16/alphabet-blocks-history/>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

SPENCER-BROWN, George. **Laws of Form**. New York N.Y.: Julian Press, 1972.

TAIMINA, Daina. **Crocheting Adventures with Hyperbolic Planes**. 1 ed. Wellesley, MA: A K Peters/CRC Press, 2009.

VON BUSCH, Otto. **Post-script to Fashion-able : or: A methodological appendix to activist design research**. [S.l.]: [s.n.], 2009.

VON BUSCH, Otto. Zen and the Abstract Machine of Knitting. **TEXTILE**, v. 11, n. 1, p. 6–19, 1 mar. 2013.

VON GLASERSFELD, Ernst. **Piaget and the Radical Constructivist Epistemology**, 1974. Disponível em: <<http://www.vonglasersfeld.com/034>>

VON GLASERSFELD, Ernst. **An Interpretation of Piaget's Constructivism**, 1982. Disponível em: <<http://www.vonglasersfeld.com/077>>

VON GLASERSFELD, Ernst. **Aspects of Constructivism: Vico, Berkeley, Piaget**, 1992. Disponível em: <<http://www.vonglasersfeld.com/139.2>>

VON GLASERSFELD, Ernst. **Why Constructivism Must be Radical**, 1998. Disponível em: <<http://www.vonglasersfeld.com/165.1>>

VON GLASERSFELD, Ernst. The Cybernetic Insights of Jean Piaget. **Cybernetics and Systems**, [s. l.], v. 30, n. 2, p. 105–112, 1999.

VON GLASERSFELD, Ernst. Radical constructivism and teaching. **Prospects**, [s. l.], v. 31, 2001.

VON FOERSTER, Heinz. **Disorder/Order: Discovery or Invention?**, 1984. Disponível em: <<http://ada.evergreen.edu/~arunc/texts/cybernetics/heinz/disorder.pdf>>

VON FOERSTER, Heinz. **Ethics and Second-Order Cybernetics**, 1991. Disponível em: <<http://ada.evergreen.edu/~arunc/texts/cybernetics/heinz/ethics.pdf>>

VON NEUMANN, John. **Theory Of Self Reproducing Automata**. 1st edition ed. [s.l.] : University of Illinois Press, 1966.

WIEBÉ, Edward. **The paradise of childhood: a manual for self-instruction in Friedrich Froebel's educational principles, and a practical guide to kinder-gartners.** Springfield, Mass.: M. Bradley & Company, 1869. Disponível em: <<http://archive.org/details/paradiseofchildh00wiebrich>>. Acesso em: 18 set. 2016.

WELLHOUSEN, Karyn; KIEFF, Judith. **A Constructivist Approach to Block Play in Early Childhood.** 1 ed. Albany, NY: Cengage Learning, 2000.

WESTON, Peter. **Friedrich Froebel: His Life, Times & Significance.** London; Roehampton Institute: University of Surrey Roehampton, 1998.

WIGGIN, Fate Douglas; SMITH, Nora Archibald. **The Republic of Childhood - I - Froebel's Gifts.** [s.l.] : Houghton Mifflin Company, 1895. Disponível em: <<http://archive.org/details/froebelsgifts013986mbp>>. Acesso em: 18 set. 2016.

WOLFRAM, Stephen. **Cellular automata and complexity: collected papers.** Reading, Mass: Addison-Wesley Pub. Co, 1994.

WRIGHT, John Lloyd. **US1351086A - Toy-cabin construction.** . [S.l: s.n.]. Disponível em: <<https://patents.google.com/patent/US1351086A/en>>. Acesso em: 24 jul. 2019. , 31 ago. 1920

WU, Jianguo. Hierarchy Theory: An Overview. **Linking Ecology and Ethics for a Changing World: Values, Philosophy, and Action.** New York: Springer, 2013. p. 281–301.

APÊNDICE I

EXPERIÊNCIAS PRÁTICAS ANTERIORES

EXPERIÊNCIAS PRÁTICAS ANTERIORES

Na sequência irei primeiramente apresentar relatos do desenvolvimento de três experiências para então levantar diferentes aspectos relevantes que me chamaram atenção e me ajudaram a elaborar a hipótese dessa pesquisa, influenciando também a construção das novas atividades práticas desenvolvidas durante o período do doutorado. Essas experiências aqui relatadas ocorreram entre os anos de 2013 e 2014 - ou seja, justo antes do projeto de doutorado ser concebido e formalmente conduzido a partir de 2015. Ainda que elas não possam ser vistas como experimentos desenhados com o intuito de investigar questões específicas a respeito de configurações de design modulares, elas demonstram a emergência de percepções que foram fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa.

I.1. CENOGRAFIA À DISTÂNCIA (2013)

A primeira experiência prática de design que irei relatar e analisar como um importante antecedente foi um trabalho cenográfico realizado junto ao grupo de teatro Dearaque Cia.

À distância é uma obra teatral que engloba dois espetáculos complementares – Lado A e Lado B – que ocorrem simultaneamente em dois espaços, utilizando-se de ferramentas de comunicação online para unir dois teatros e dois públicos. Em À distância, cinco jovens falam sobre a vida de seus avós, que estiveram unidos no passado por uma rádio clandestina esquecida no tempo. Separados em dois palcos, mas conectados por um sistema de videoconferência, os netos representam seus avós na juventude.

LADO A - Um documentário cênico sobre os integrantes da Rádio 2008, rádio de transmissão clandestina que funcionou em Florianópolis na década de cinquenta e anunciava transmitir uma estação diretamente do futuro. Conectados por videoconferência, netos dos participantes da rádio representam seus respectivos avós e fazem um remake da última noite de gravação.

LADO B - Uma casa em ruínas, uma família separada por uma briga de herança. Através de fotos, documentos, diários e relíquias, Marco e Ana confrontam versões e

reconstroem a última noite em que seus avós se falaram no casarão da família Fortes Oliveira, local de onde a Rádio 2008 era transmitida.

(Sinopse À Distância)

Em 2012 o projeto À Distância foi contemplado com o financiamento do Prêmio FUNARTE Myriam Muniz de teatro e, embora as intenções e os direcionamentos gerais já estivessem sido definidos pelo grupo Dearaque Cia, muitos aspectos da peça a ser apresentada ainda estavam em aberto. Com a garantia dos recursos financeiros para sua realização, o grupo teatral decidiu compor uma equipe interdisciplinar maior para desenvolver em conjunto essa etapa final do projeto. À convite do grupo, participamos - dois colegas arquitetos (Diego Fagundes e Paula Franchi) e eu (Erica Mattos) - do desenvolvimento da peça nos responsabilizando pelo aspecto cenográfico. Outras pessoas e grupos foram também chamados para contribuir com o desenvolvimento do figurino, programação gráfica, produção audiovisual além de aspectos técnicos de transmissão e comunicação digital específicos do projeto.

A intenção inicial que fundamentou o projeto contemplado era ambiciosa. A semente do projeto havia surgido com a dispersão do grupo Dearaque nos meses que antecederam o seu desenvolvimento - quase todos os membros estavam separados por quilômetros, muitos morando em países diferentes. Para manter suas atividades mesmo com essa dificuldade, o grupo procurou investigar potencialidades dessa característica peculiar e, através de conversas, reuniões e ensaios via Skype, chegaram a uma proposta dramaturgica em torno da ideia “à distância” - que acabou dando nome ao projeto. A ausência física, a comunicação “imaterial” se tornou assim o tema central da proposta.

Outro ponto de convergência relevante - que ao mesmo tempo transpôs e se relacionou a essa distância física entre os membros - foi a cidade de Florianópolis, sendo ela uma base comum e referência de origem e passado. Através desse ponto a correlação entre a distância física e distância temporal foi estabelecida como um novo elemento essencial. Dessa correlação o projeto À Distância se propôs trabalhar com a questão da memória, onde experiências pessoais dos membros do grupo iriam se refletir na narrativa, tanto através do roteiro como na construção das personagens. A intenção era a de que a peça estabelecesse uma conexão entre dois tempos e espaços distintos. A narrativa proposta partiu da biografia dos atores e de seus avós e de uma pesquisa sobre a Era de Ouro do Rádio no Brasil entre outras referências.

Se por um lado o roteiro completo, as cenas e até mesmo a definição exata do recorte temporal da peça ainda não estavam estabelecidos, a proposta de que ela fosse performada simultaneamente em dois lugares diferentes que dialogariam entre si - uma performance teatral que incorporaria o conceito “à distância” - era um pré-requisito técnico e espacial claro. Essa característica seria explorada como dois lados da mesma história - À Distância Lado A e Lado B - que seriam apresentados ao público simultaneamente em lugares distintos. Embora esses lados devessem ser autônomos - permitindo que alguém pudesse assistir apenas um deles e ainda sim ter um experiência completa - a

proposta era que em determinados momentos o grupo de atores dos dois lados “contracenassem” remotamente - ou seja, projetores, câmeras e um sistema de videoconferência deveriam ser incorporados na montagem.

Esse foi o ponto de partida desse grupo interdisciplinar “expandido” que foi estabelecido após o resultado do Prêmio. Algumas reuniões gerais foram feitas, e o nossa equipe responsável pela cenografia acompanhou também diversos ensaios de exploração e elaboração da peça. Como o roteiro e as cenas ainda estavam em um processo de construção bastante livre, além dos pontos acima referidos, tínhamos ao mesmo tempo poucas certezas e pouco tempo para trabalhar. Nosso cronograma nos dava menos de seis meses para desenvolver o projeto e executar a produção da peça. O orçamento também era limitado, e havia um desejo por parte do grupo de que o cenário produzido fosse razoavelmente fácil de ser transportado.

Em uma reunião geral que contou com breves ensaios de algumas cenas, chegamos a uma ideia para a estrutura cenográfica, de modo a incorporar as projeções - com a transmissão simultânea do outro lado da peça e de vídeos já gravados - assim como os equipamentos necessários que também ficariam em cena - notebook, câmera e projetor (Figura I.1). Refinamos a solução dessa estrutura, de forma que ela pudesse ser usada igualmente para as duas peças e não precisasse ser transportada entre diferentes teatros durante o tempo que o espetáculo permaneceria em cartaz (Figura I.2). Ela se conformou como um conjunto de painéis articuláveis - que poderiam ser dobrados tanto para o lado esquerdo como para o direito - aliados a uma demarcação da cena através de placas que formavam um assoalho de madeira

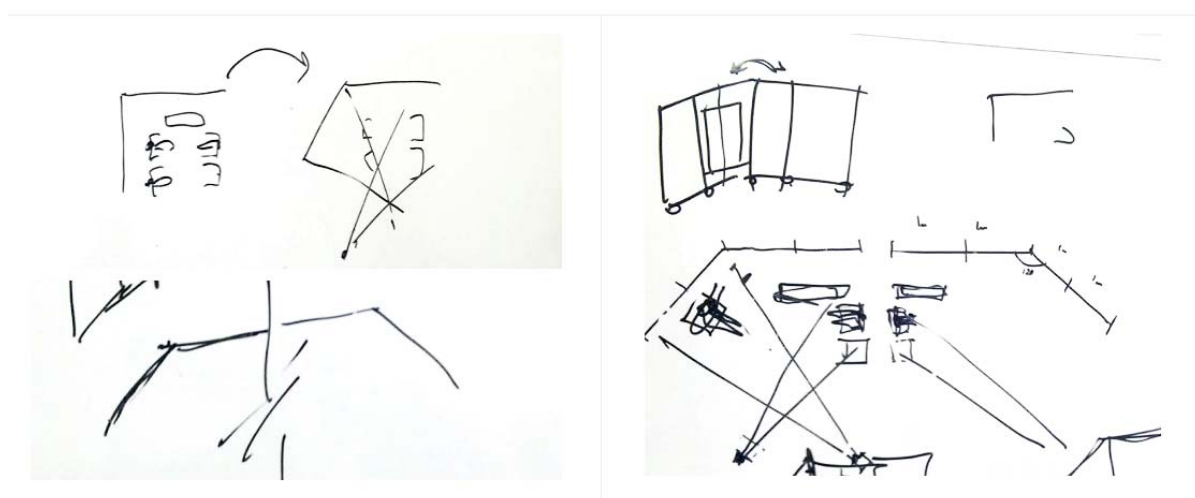


Figura I.1 Ideia para a estrutura do cenário esboçada em quadro branco (25 de março de 2013)
Imagem: acervo pessoal

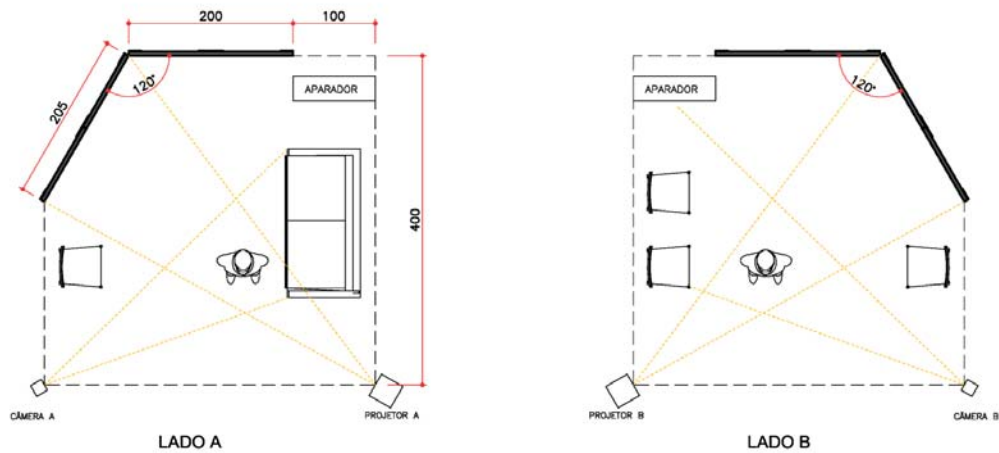


Figura I.2 Planta baixa do estudo inicial para o cenário, LADO A e LADO B (março de 2013)
Imagem: acervo pessoal

Nosso trabalho continuou sendo desenvolvido muito próximo aos membros do grupo de teatro, concomitante aos ensaios e à finalização do roteiro. Para o mobiliário das cenas, a princípio, pensamos em usar algumas caixas de madeira de diferentes tamanhos serigrafadas com desenhos figurativos de móveis de época, unificadas pelo uso de uma única cor forte. Contudo, sem o roteiro fechado e a determinação das cenas, essa primeira ideia se tornava inviável. Continuamos buscando alternativas até chegarmos à proposta de um sistema modular de blocos de madeira, onde a configuração das cenas poderia ser criada e recriada conforme a narrativa e as cenas fossem sendo definidas. Assim, aliadas à estrutura base cenográfica já mencionada, duas tipologias de blocos foram estipuladas - uma cúbica e uma retangular (cujo lado maior corresponde à soma de dois lados menores). Um elemento semelhante ao espaldar de uma cadeira foi concebido já durante a execução dos blocos, e para possibilitar a escolha do seu uso todos os blocos cúbicos receberam furações que permitiria seu encaixe e remoção (Figura I.3).

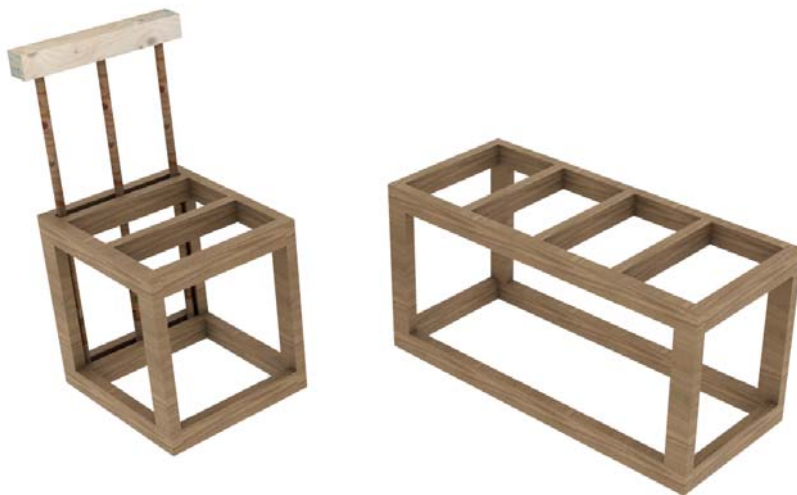


Figura I.3 Projeto da estrutura dos módulos base
Imagem: acervo pessoal

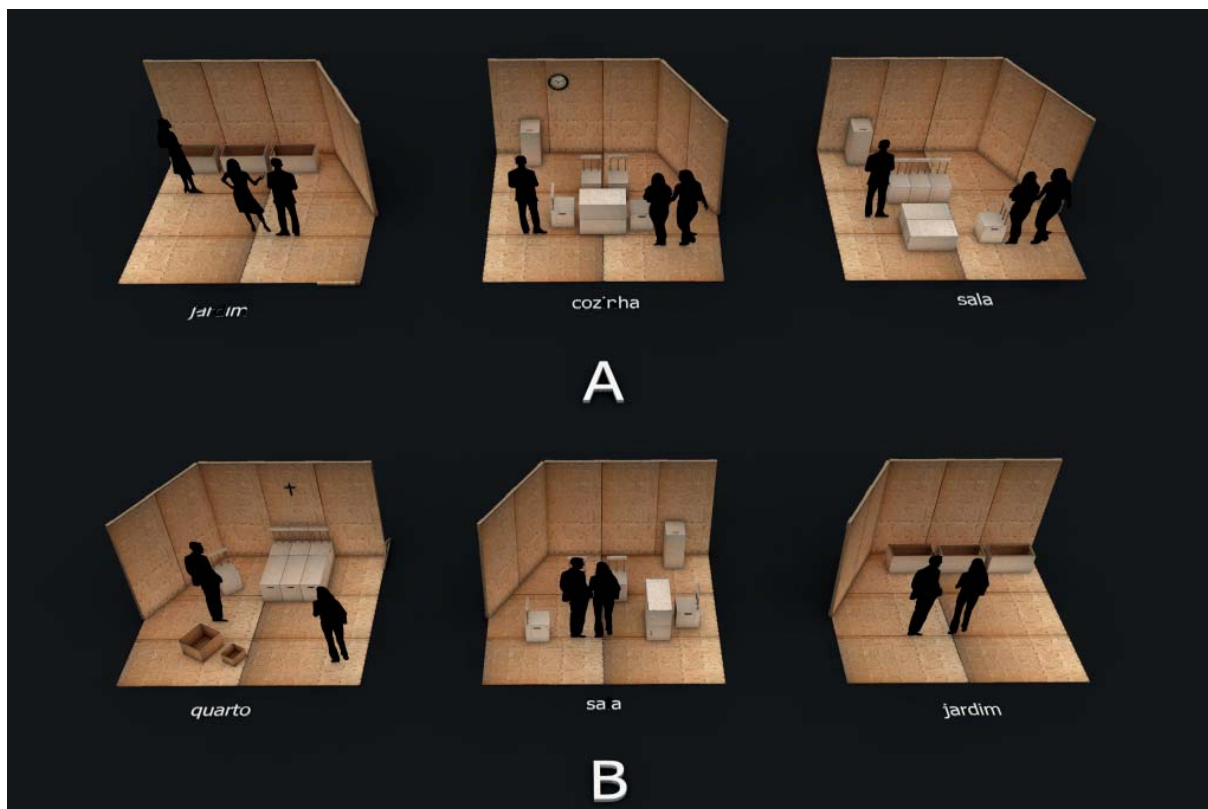


Figura I.4 Possibilidades de combinações dos módulos para as cenas do espetáculo
Imagem: acervo pessoal

A partir delas começamos a propor possíveis configurações para as cenas que já conhecíamos (Figura I.4). Duas salas (do Lado A e do Lado B), uma cozinha, um quarto, e até mesmo um jardim - usando o lado aberto dos blocos como floreiras - foram apresentados ao grupo. A recepção foi muito positiva e logo o diretor e os atores estavam fazendo modificações e novas configurações. Novas cenas que iam sendo definidas no roteiro já começavam a tomar forma considerando o sistema de módulos sem nossa participação - apenas tomávamos conhecimento delas quando íamos acompanhar os ensaios finais (Figura I.5).

Juntos chegamos a conclusão de que o mesmo número de blocos deveria ser usado para ambos espetáculos complementares. Isso facilitaria ainda mais que o mesmo teatro recebesse as duas peças - apenas os atores precisavam se locomover levando consigo poucos objetos de cena (exemplo: um quadro, um toca-disco, etc.), e em cada espaço todas as configurações do cenário poderiam ser igualmente montadas (Figura I.6, Figura I.7, Figura I.8).

Além disso cabe mencionar que uma considerável simplificação foi feita nas configurações de cena que havíamos previsto, além de novas conformações e usos. Uma linha de placas de demarcação do piso foi removida, deixando a área da estrutura menor e menos módulos foram usados para cada uma das cenas. As propostas para as salas, quarto e cozinha foram todas alteradas com esse objetivo. Os blocos também foram usados para apoio dos aparelhos fora da área delimitada para as placas, dando uma unidade para os “bastidores” visíveis que foram incorporados às peças.



Figura I.5 Nova cena e nova disposição dos módulos (ensaio de 15 de agosto de 2013)
Imagem: acervo pessoal



Figura I.6 Espetáculo À Distância - LADO A (apresentação de estréia em agosto de 2013)
Imagem: acervo pessoal



Figura I.7 Espetáculo À Distância - LADO B (apresentação de estréia em agosto de 2013)
Imagem: acervo pessoal



Figura I.8 Espetáculo À Distância - LADO A (apresentação em maio de 2014 no FIT BH)
Imagem: focoincena.com.br

I.2 CENOGRAFIA SEM HORAS (2014)

A segunda experiência que irei abordar foi mais uma cenografia realizada em parceria com o mesmo grupo de teatro, Dearaque Cia.

Elas não tinham mais nada para fazer. Não tinham mais os filhos por perto, ou vai ver nunca tiveram filho nenhum. Elas vieram ninguém sabe de onde, de um lugar distante, talvez não em lonjura, mas distante desse tempo, das coisas novas. Elas são do tempo das coisas esquecidas. Dá para ver pelas roupas que vestem, pelas coisas que dizem. Elas são ultrapassadas, e de tão passadas, ultra mega passadas, chegam a ser modernas.

(Sinopse Sem Horas)

Alguns meses após as primeiras apresentações do projeto *À Distância*, o grupo Dearaque Cia. entrou novamente em contato conosco para trabalharmos em um novo projeto aprovado que já estava em desenvolvimento. Dessa vez nossa equipe cenográfica foi menor - apenas Diego e eu participamos desse trabalho.

Com tempo e orçamento mais limitados do que no projeto anterior, o grupo de teatro elaborou uma peça teatral para ser performada nos mais diversos espaços abertos da cidade. Para dar destaque a essa característica específica, definiram o projeto como uma “intervenção urbana para crianças”. A dramaturgia - baseada em um conto do escritor suíço Peter Bichsel - apresentava a rotina de três senhoras vizinhas contando suas histórias e revelando seus questionamentos.

Nesse projeto - onde deveríamos elaborar três estruturas independentes que funcionariam como as residências das três personagens - a maior preocupação do grupo era com que o cenário fosse muito portátil e facilmente adaptável a espaços não convencionais e sem grande suporte teatral, devido a proposta de usar a cidade como palco.

Pensando no público infantil, decidimos trabalhar com o aspecto icônico da casa, porém sem ser excessivamente representativo. A necessidade de praticidade e leveza acabou conduzindo o projeto a trabalhar apenas com “esqueletos” das formas que remetem ao imaginário das casas antigas - seus telhados com águas, janelas e varandas. Dessa maneira as estruturas poderiam ser facilmente montadas e desmontadas no local das apresentações e transportadas até mesmo em um carro comum.

Definimos as estruturas usando dois conjuntos distintos de peças e conectores. Inicialmente pensamos em usar apenas um único sistema, mas essa não se mostrou a melhor opção para o projeto. Com alguns testes logo se descobriu que, embora a leveza fosse um fator importante para o transporte, uma base robusta era necessária para permitir estabilidade das estruturas cenográficas em espaços abertos sujeitos ao vento. Assim, precisávamos equilibrar essas duas necessidades e a solu-

ção escolhida foi dividir as “casas” das personagens em duas partes, uma base mais pesada e uma parte superior ultraleve - que também consideramos uma escolha mais interessante esteticamente.

Em ambos os conjuntos a madeira continuou sendo o material principal de trabalho, por sua facilidade de obtenção e manuseio além de um bom custo-benefício. Para a base foram construídos quadros de madeira ligados entre si através de conexões feita por parafusos e borboletas (Figura I.9). Já para a parte superior das estruturas desenvolvemos um sistema de cavilhas e conectores que foram produzidos por impressão 3D (Figura I.10, Figura I.11).

Com a combinação desse sistema três estruturas foram desenvolvidas (Figura I.12) : 1) uma que seria apoiada lateralmente, em um muro ou uma parede, contando com apenas um plano inclinado do esqueleto da cobertura - como se fosse apenas uma porção de uma casa maior; 2) outra - tal qual uma pequena casinha de duas águas - se sustentaria completamente e ficaria solta no espaço ; 3) por fim, a última seria composta apenas pelo estrutura de cavilhas de duas águas e um simples quadro horizontal de madeira - buscando situar a personagem que ocupava o alto do seu telhado - e que deveria, preferencialmente, ser locada em um nível mais alto que as demais.

Os atores e diretores ficaram responsáveis tanto pela montagem e desmontagem das estruturas a cada evento, como também pela escolha da disposição delas nos espaços - com exceção apenas da apresentação de estréia na Escadaria da Ubro em Florianópolis (Figura I.13) na qual trabalhamos todos juntos na definição.



Figura I.9 Execução do sistema de quadros e parafusos
Imagem: acervo pessoal

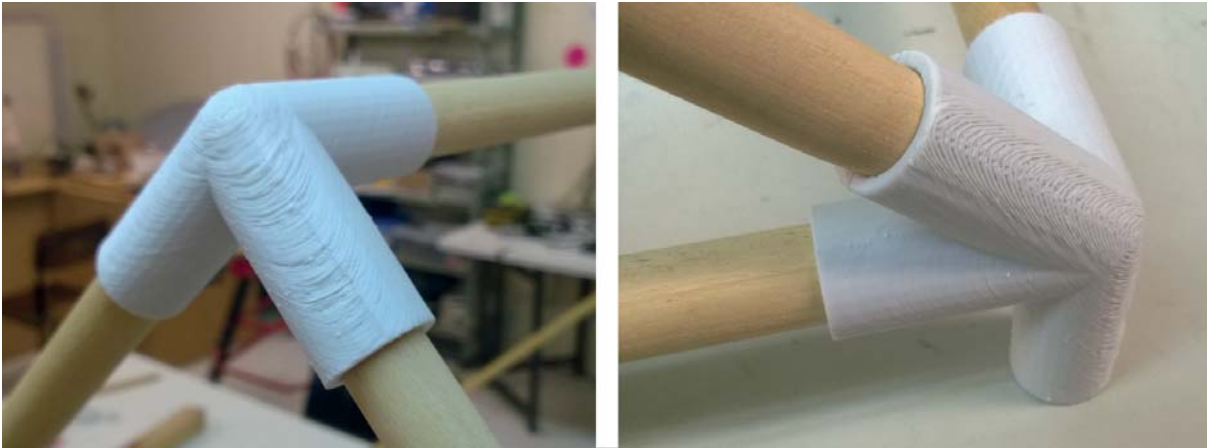


Figura I.10 Detalhe de alguns dos conectores das cavilhas
Imagem: acervo pessoal

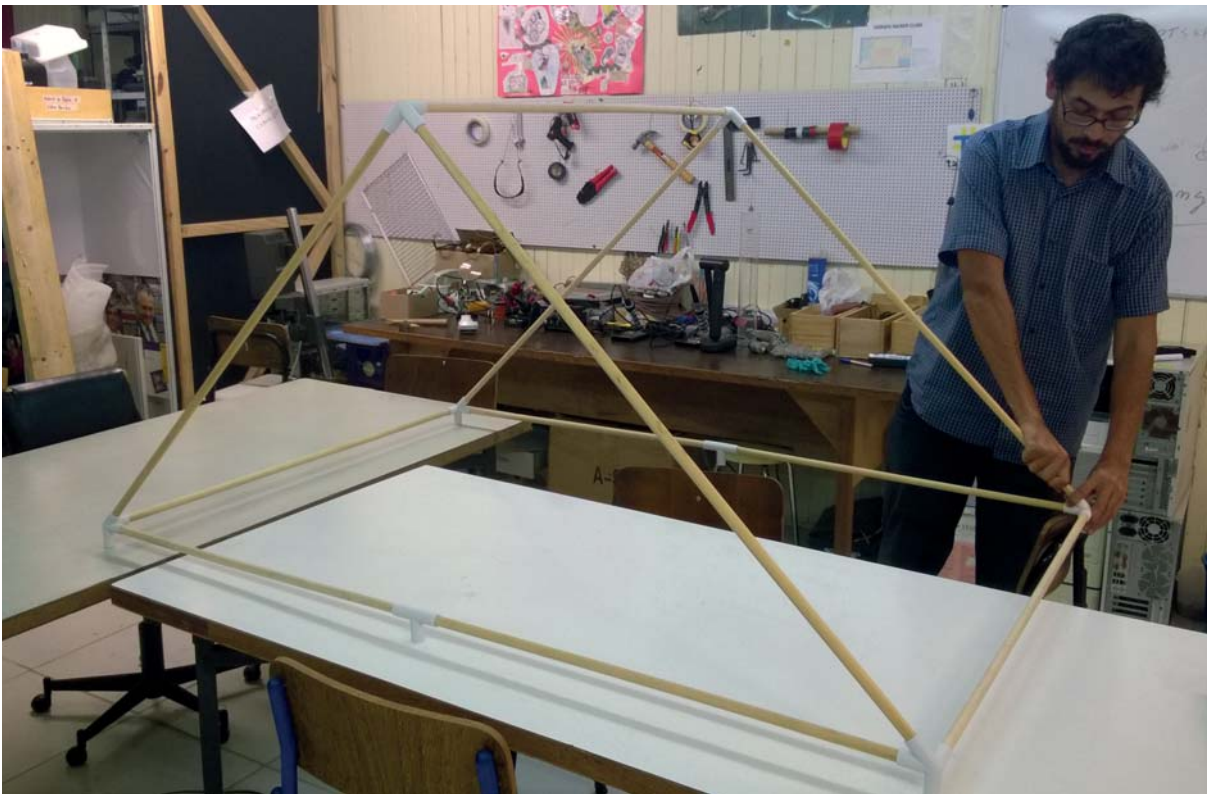


Figura I.11 Varetas e conectores: testes de montagem
Imagem: acervo pessoal

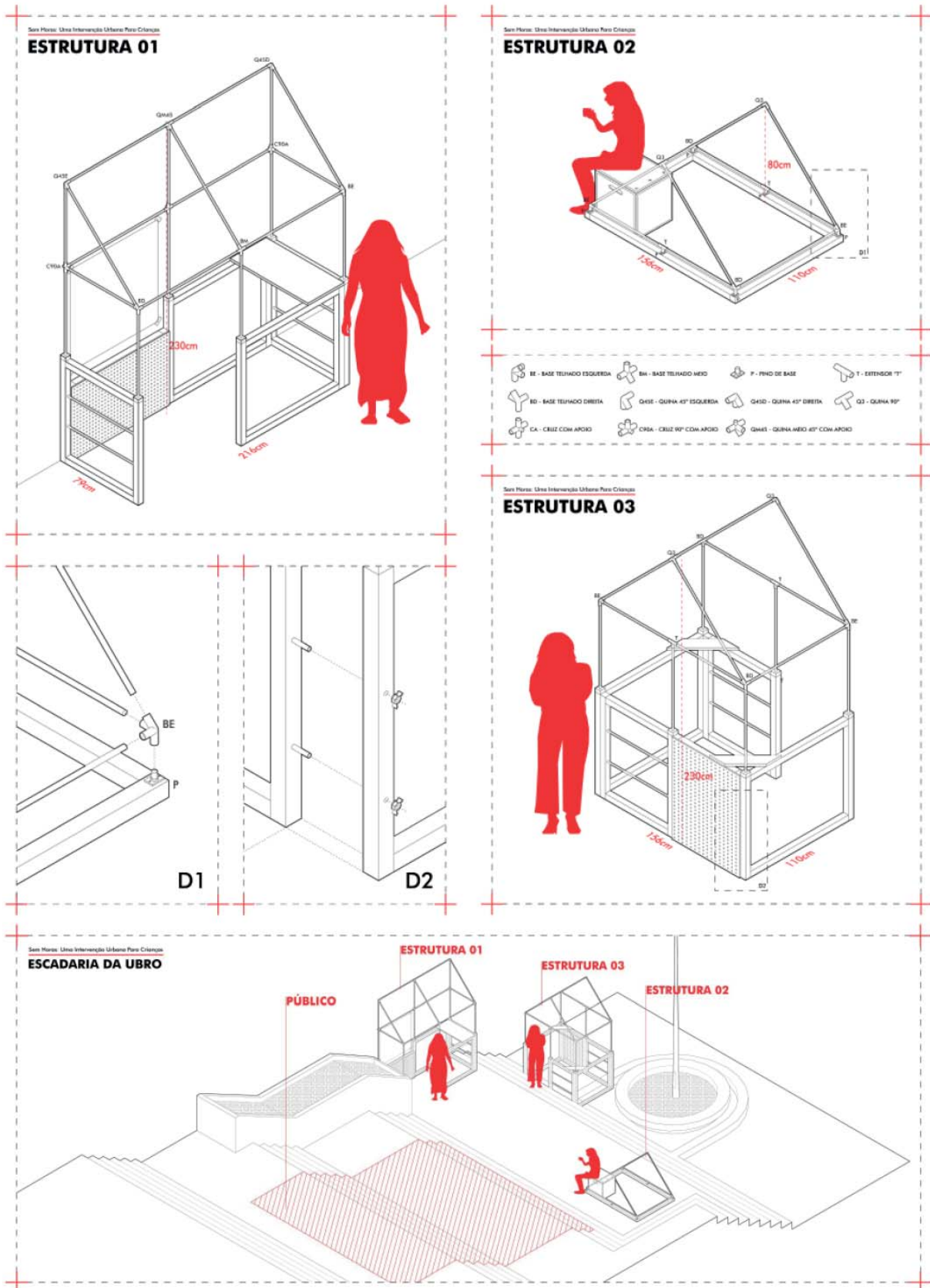


Figura I.12 Representação explicativa das três estruturas com detalhes das conexões de montagem.
Imagem: acervo pessoal



Figura I.13 Montagem [embaixo à direita] e registos da apresentação de estréia.
Imagem: acervo pessoal

I.3 MÓDULOS ELETRÔNICOS (2014)

A última experiência que irei relatar aqui, diferentemente das anteriores, foi um projeto concebido por iniciativa própria na área do design de interação.

Após a experiência de trabalhar com eletrônica e computação física no ateliê de projeto realizado dentro da minha pesquisa de mestrado, surgiu um interesse por artefatos e sistemas educativos nessa linha. No ateliê trabalhamos muito com o Arduino, e todos os circuitos dos projetos eram feitos por meio de componentes conectados por protoboards (Figura I.14). Entretanto, algo que percebi durante esse período foi que muitos estudantes apresentavam bloqueio em trabalhar nessa área porque se assustavam com a aparência de complexidade desse conjunto de peças e fios.

Assim que, poucos meses após a conclusão do mestrado, iniciamos esse projeto com a intenção de desenvolver um kit básico que pudesse servir tanto para o ensino-aprendizagem de eletrônica como para o auxílio ao desenvolvimento de objetos e instalações interativas para estudantes de arquitetura e design. Inicialmente o grupo de trabalho era formado por Daniel Spillere (recém formado em engenharia elétrica e membro do hackerspace que contribuiu com o ateliê), Diego Fagundes e eu. Tomando como primeira inspiração o kit de eletrônica littleBits (Figura I.15), queríamos desenvolver um produto similar - mas que, acima de tudo, fosse financeiramente acessível no contexto brasileiro.

O propósito do kit littleBits é oferecer uma plataforma composta por blocos de montar eletrônicos de fácil utilização para prototipagem e criação. Assim como diversos outros kits antecessores e similares disponíveis no mercado, ele possui uma proposta modular, com um conjunto de peças combináveis entre si. As peças resultantes desse desenvolvimento são divididas basicamente entre

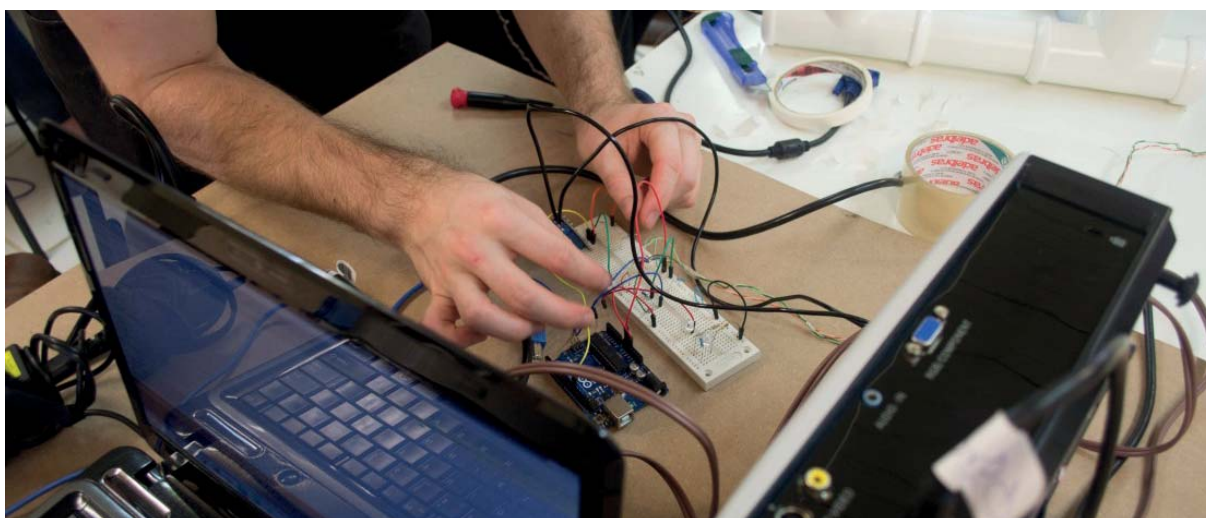


Figura I.14 Montagem de circuito eletrônico no ateliê Tecnologias Interativas e Processos de Criação.
Imagem: acervo pessoal

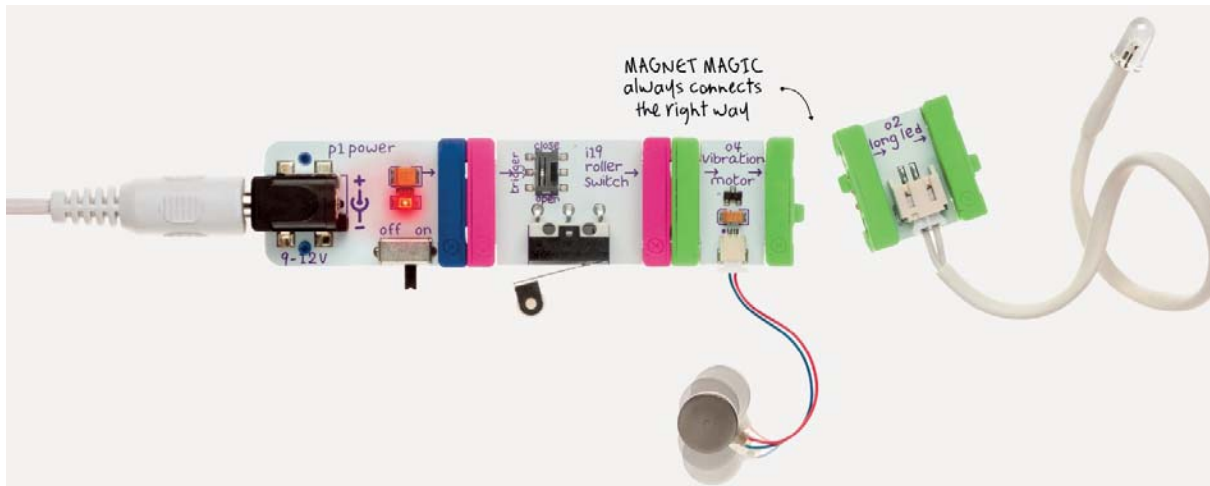


Figura I.15 littleBits - Funcionamento dos módulos eletrônicos dos kit, com conexão magnética.
Imagem: Divulgação © littleBits Electronics Inc

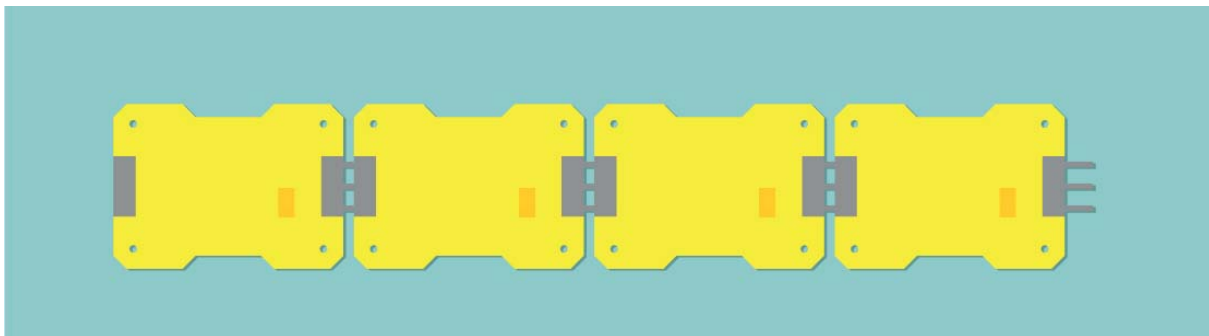


Figura I.16 Estudos para nossos módulos eletrônicos, com encaixes macho-fêmea.
Imagem: acervo pessoal

sensores, ou Inputs e atuadores, ou Outputs. Dessa forma, algumas peças são capazes de coletar informações do ambiente, como variações de luminosidade, temperatura, pressão, etc. e outras podem agir a partir das informações coletadas emitindo sinais luminosos, sonoros ou gerando movimentos mecânicos.

Ao redesenhar os circuitos para simplificar sua execução e substituir as conexões magnéticas (patenteadas pela empresa littleBits) por conexões de encaixe macho-fêmea (Figura I.16), os módulos do nosso primeiro protótipo possuíam ainda tamanho e proporções similares ao produto de inspiração, utilizando inclusive, componentes eletrônicos do mesmo tipo - SMD (Surface Mounting Device ou Componente Para Montagem em Superfície)

Após o projeto dos circuitos para placas impressas ser produzido por uma empresa na China, um dos envolvidos no projeto - experiente com o uso e soldagem desses componentes - acabou se mudando do país. Após algumas tentativas de montagem, percebemos que a falta de prática e conhecimento dos outros dois membros restantes inviabilizariam a finalização dos módulos eletrônicos e o projeto acabou sendo interrompido.

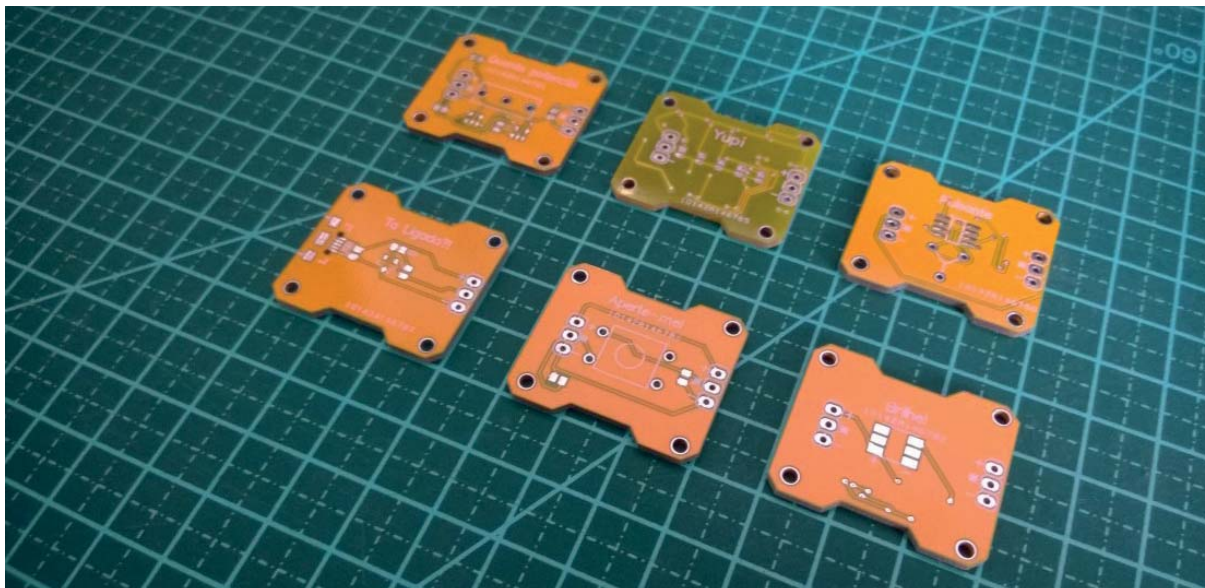


Figura I.17 Primeiras placas impressas sem os componentes soldados.
Imagem: acervo pessoal

Em uma análise posterior avaliamos que se, por um lado, circuitos que utilizam componentes SMD possuem menor custo em um contexto de manufatura industrial, por outro, acabam exigindo habilidades específicas e relativamente avançadas em um processo de soldagem artesanal, configurando-se mais como um empecilho para o projeto.

I.4 ASPECTOS RELEVANTES

Rever cada uma dessas experiências me fez situar em um mesmo espaço as percepções, hipóteses, questionamentos e suspeitas que fizeram parte desse processo. Esse aglomerado de pensamentos acabou se transformando naquilo que indicou caminhos possíveis para essa pesquisa - portanto, cabe aqui algumas considerações.

Ainda hoje, vejo a experiência com a cenografia À distância como um dos meus trabalhos profissionais mais recompensadores. A construção de um sistema flexível capaz de funcionar como uma plataforma de impulso para o próprio desenvolvimento da peça foi um resultado que considero extremamente positivo.

Entre as características mais relevantes deste está a concepção dos módulos desassociada de uma função específica. Flexíveis graças às diferentes combinações possíveis, eles podiam ser utilizados de formas muito variadas. Sua manipulação facilitava a composição de configurações já previstas pelo roteiro, mas também permitia que novas formas inesperadas surgissem durante os ensaios. Como a conexão entre esses blocos era realizada apenas pela aproximação e sobreposição e com o peso das peças leve, o esforço necessário para as mudanças era mínimo e as alterações muito rápidas. Além disso, quando um novo elemento foi criado para se conectar a apenas um dos dois tipos de módulo para facilitar uma função específica - as barras paralelas como um encosto de ca-

deiras - um outro campo de possibilidades que ia além das formas cúbicas surgiu: a representação de uma cabeceira para a cama na cena do quarto e uma cerca para a cena que se passava no jardim.

Já no trabalho com o espetáculo *Sem Horas*, onde o roteiro veio finalizado antes da cenografia, tivemos uma liberdade na interpretação dos elementos necessários. Lidando com elementos soltos no espaço - que seriam incorporados e posicionados em contextos específicos porém variáveis - nosso foco se transferiu para diferentes junções e conexões (indo além do simples contato) que facilitasse diversas montagens sem o detrimento da estabilidade das estruturas. A possibilidade de trabalhar com a impressão 3d permitiu uma grande variação nos tipos de conectores, trabalhando com a produção seletiva de diferentes eixos que saiam de um círculo central. O modelo digital continha todas essas alternativas, e apenas as necessárias foram produzidas. Os conectores poderiam sempre ser reimpressos, ou novos poderiam ser adicionados. Porém, um dos problemas que tivemos nesse caso foi relacionado a característica do material e da formação das peças através do depósito realizado em camadas. As linhas criadas acabaram produzindo pontos frágeis que, com o esforço gerado pelo uso delas nas estruturas, acabou formando rachaduras.

Com o desenvolvimento dos módulos eletrônicos, entramos em um outro universo do uso de módulos - o que me fez questionar mesmo a abrangência desse conceito. Ao invés de peças repetidas, sem conteúdo agregado nelas mesmas - como no caso das duas cenografias anteriores - os módulos eletrônicos são determinados por funções muito específicas e pela necessidade das combinações, dentro do escopo delimitado por algumas regras de uso.

A experiência de tentar replicar um sistema já criado em outro contexto se mostrou, por fim, bastante problemática. Além da dificuldade de trabalhar artesanalmente com componentes pensados para montagem industrial (SMD), durante o processo começamos a questionar alguns dos objetivos e escolhas do modelo de referência. O tamanho das peças era desnecessariamente pequeno¹, dificultando tanto a montagem (no nosso caso) como o uso no contexto de ensino-aprendizagem proposto. Com a ideia de esclarecer mais conceitos de eletrônica, indo além do uso sem conhecimento prévio, os circuitos impressos e as peças se tornavam uma caixa-preta impossível de decifrar.

Mesmo vendo uma grande variação módulos e sistemas modulares como detentores de um potencial para a abertura de uso e de desenvolvimento futuro, suspeito que esta seja uma qualidade sempre vinculada ao contexto e nunca uma solução genérica que possa ser simplesmente replicada como um carimbo.

1 Por exemplo, existe um artigo (HOLLINWORTH et al., 2014) que aborda a dificuldade de pessoas com disfunções motoras em manipular as peças do kit littleBits por seu pequeno tamanho e propõe uma adaptação para facilitar a utilização por esses indivíduos

APÊNDICE II

NOVOS ENSAIOS E EXPERIMENTOS



NOVOS ENSAIOS E EXPERIMENTOS

Neste capítulo apresentarei duas experiências realizadas no âmbito do doutorado, desenvolvidas quase inteiramente em um período intenso no segundo semestre de 2017 - logo após o início do afastamento das minhas atividades didáticas da UFMG, fato que possibilitou uma dedicação quase exclusiva para elas. Este foi um momento posterior a redefinição e consolidação do objeto de pesquisa, e estas experiências foram encaradas como oportunidades para uma investigação prática: funcionando como instrumentos de reflexão e mobilização de novos conceitos, ensaios que desenvolveram e consolidaram *insights* sobre modularidade para abertura na prática do design. Nesse sentido, aqui irei apresentar um texto focado em descrições e relatos onde considerações e análises aparecerão de forma entrelaçada.

II.1. MODULINOS ELETRÔNICOS + OPEN CLARK (2017)

Um pouco antes de ingressar no programa de doutorado tomei conhecimento de um trabalho de pesquisa desenvolvido no curso de Arquitetura Urbanismo da UFMG que possuía uma proposta em certos aspectos semelhante ao projeto com módulos eletrônicos apresentado no capítulo anterior. A pesquisa em questão, realizada por professores e bolsistas do laboratório LAGEAR, apresentava a construção e utilização de uma interface modular para o ensino-aprendizado de eletrônica básica (BALTAZAR et al., 2013) no contexto do Ateliê Integrado de Arquitetura (AIA)¹- uma disciplina na qual o conhecimento operacional de circuitos eletrônicos simples era requerido, com o intuito de ampliar as possibilidades de interação nos trabalhos desenvolvidos pelos estudantes. Após o início do doutorado na UFMG - já com o enfoque da tese definido e diretamente envolvida com o laboratório LAGEAR - surgiu uma abertura para retomar o projeto iniciado em 2014 e, de alguma maneira, associá-lo com a pesquisa mencionada.

1 A disciplina está oficialmente nomeada como “Fundamentação para Projeto de Arquitetura e Urbanismo I”, sob o código de identificação PRJ 07. Esta é uma disciplina obrigatória ofertada exclusivamente ao alunos do primeiro período do curso diurno de Arquitetura e Urbanismo da UFMG

A motivação para essa retomada foi a oportunidade de testar uma nova versão dos módulos eletrônicos em uma experiência com os alunos do Ateliê Integrado. A proposta dessa experiência foi inicialmente estruturada em parceria com o colega Diego Fagundes (parte da equipe de 2014) como uma forma de dar continuidade ao antigo projeto contribuindo com alguns objetivos da disciplina AIA e, ao mesmo tempo, desenvolver uma experiência prática válida para ambas pesquisas de doutorado. No âmbito desta pesquisa, a retomada do projeto se mostrou como uma possibilidade de avançar na construção de um entendimento sobre o tema da modularidade através de uma investigação prática.

Na sequência irei abordar o processo de reformulação do conjunto de módulos eletrônicos e do desenvolvimento de um novo sistema de módulos tridimensionais (Open Clark #1) que antecederam a realização dessa experiência com a disciplina.

II.1.1 Módulos Eletrônicos: revisão do projeto de 2014

Com os desdobramentos do projeto iniciado em 2014 ocorreu uma mudança considerável nos contornos iniciais do trabalho. O projeto que pretendia apenas construir uma versão mais acessível do kit eletrônico *littleBits* passou a ser entendido como parte de um processo muito mais abrangente, onde a própria concepção de um conjunto de peças prontas ao uso foi revista e ampliada. O foco do trabalho se deslocou da mera reprodução com menor custo de um sistema já existente para as possibilidades de abertura através da utilização de unidades modulares recombinaíveis em diferentes níveis, conformadoras de sistemas com complexidades variadas.

A partir do aprendizado proporcionado pelo desenvolvimento do protótipo inicial fomos capazes de realizar ajustes, observando aspectos que gostaríamos de fortalecer em um futuro experimento: a compreensão prática dos circuitos para o desenvolvimento de entendimentos que capacitaram os usuários a superar o próprio sistema inicial. Identificamos a possibilidade de abrir espaço para o florescimento de diferentes tipos de habilidades e processos criativos próprios a cada indivíduo e não fomentar a dependência de um sistema tecnológico específico.

Vale apontar que revisão dessa experiência foi simultânea ao estudo e análise de alguns artefatos, especialmente três diferentes conjuntos de blocos de montar já mencionados nesse trabalho: os analógicos de Froebel (criados no final do século XIX) e os kits eletrônicos *Lectron* e *littleBits* (das décadas de 1960 e 2000, respectivamente). Esse estudo foi fundamental para reposicionar o desenvolvimento aqui relatado. Nos conjuntos eletrônicos analisados, reconhecemos o refinamento das propostas e o valor da combinação e experimentação por módulos manipuláveis. Por outro lado, identificamos que tais kits constroem sistemas que, embora sejam muito abertos dentro do seu campo de ação, acabam se fechando em suas próprias lógicas - algo que não acontece com os módulos analógicos desenvolvidos por Froebel. Ou seja, variações e desdobramentos não previs-

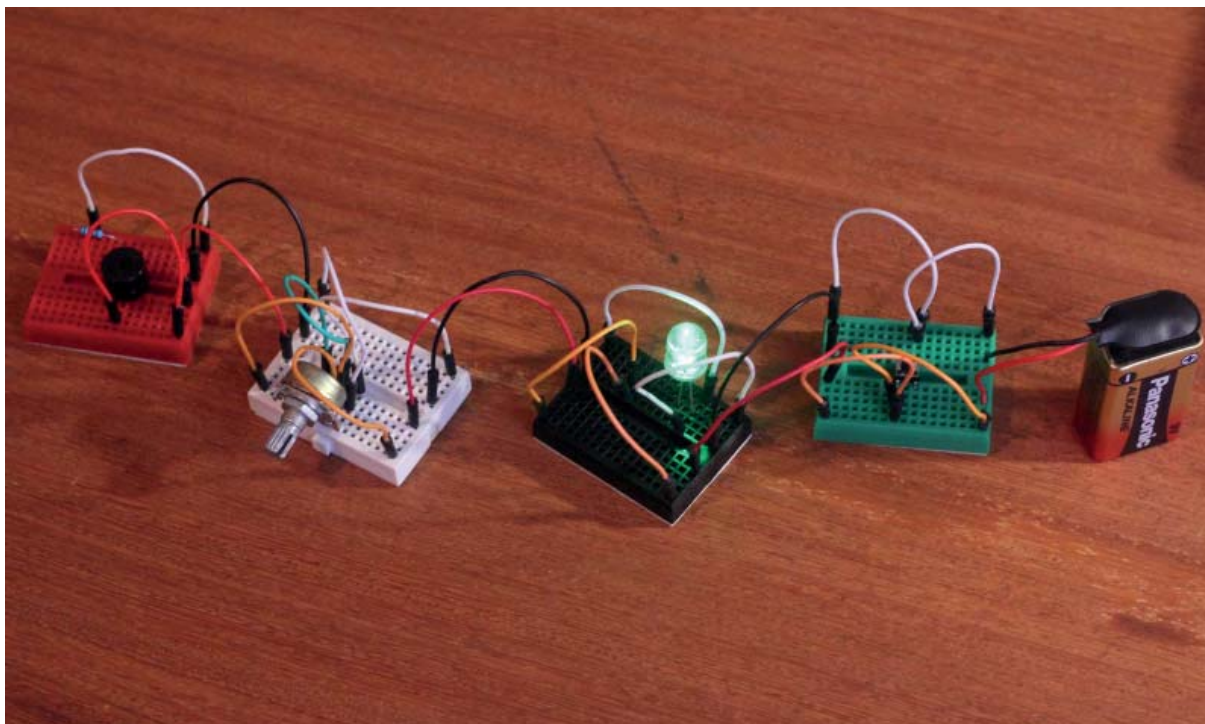


Figura II.1 Módulos eletrônicos - Protótipo sobre protoboards de 170 pontos.
Imagem: acervo pessoal

tos que extrapolam os sistemas iniciais ou não são encorajados pelo design dos kits de eletrônica estudados.

Assim, com a elaboração de um segundo protótipo passamos a adotar componentes eletrônicos convencionais para placas perfuradas² - LEDs, push buttons, potenciômetros, sensores LDR, transistores - montados sobre pequenas protoboards de 170 pontos (Figura II.1). Essa montagem, sem a necessidade de junções fixas soldadas, assegurava a possibilidade de criação, a qualquer momento, de novas peças e a adição de funcionalidades ao sistema que passa então a não ter mais um conjunto restrito de peças. Ao utilizarmos as protoboards nos associamos a um outro sistema modular já existente como suporte e nosso projeto passou a tratar também das possibilidades de desenvolvimento de novos módulos a partir dessa estrutura-base comum. Fixou-se assim como única regra o tipo de conexão (natureza e posição dos contatos) entre um módulo e outro, ganhando flexibilidade em cada um dos intervalos.

Mantendo a ideia básica de conexão do protótipo anterior elaborado em 2014, a articulação entre os módulos nessa versão se dá por meio cabos que podem ser estendidos e espacializados, permitindo a utilização do sistema nas escalas tanto de pequenos objetos manipuláveis como de instalações maiores interativas - que supera a escala de um único indivíduo. Com a evolução de nosso

² Me refiro ao esquema de montagem through-hole (THT), no qual os componentes eletrônicos possuem pinos para o encaixe nos buracos abertos das placas.

processo de pensamento, possibilitado prioritariamente pela sequência de protótipos realizados e testados, identificamos uma espécie de desmaterialização conceitual dos módulos, que cada vez mais se distanciam dos aspectos físicos que ao mesmo tempo caracterizam e delimitam os kits tomados como referências.

O funcionamento do sistema proposto neste segundo protótipo continuou a obedecer lógica comum a qualquer circuito eletrônico: necessita da existência de uma fonte de alimentação - uma bateria por exemplo - e um caminho contínuo de um pólo ao outro da fonte (Figura II.2). Porém, devido a particularidades na montagem de cada um dos módulos, o sistema pode assumir diferentes configurações, gerando comportamentos variados e indeterminados. Através da possibilidade de combinação com outros tipos de sistemas, como o próprio microcontrolador Arduino (Figura II.3), adiciona-se também mais uma nova camada de complexidade dada pela programação digital de novos comportamentos.

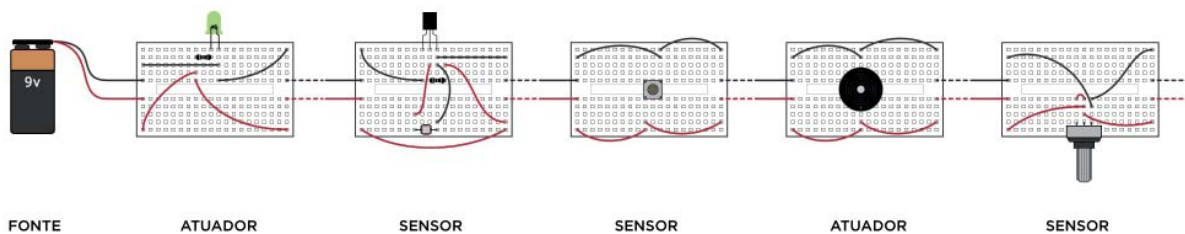


Figura II.2 Esquema geral de módulos e circuito
Imagem: acervo pessoal

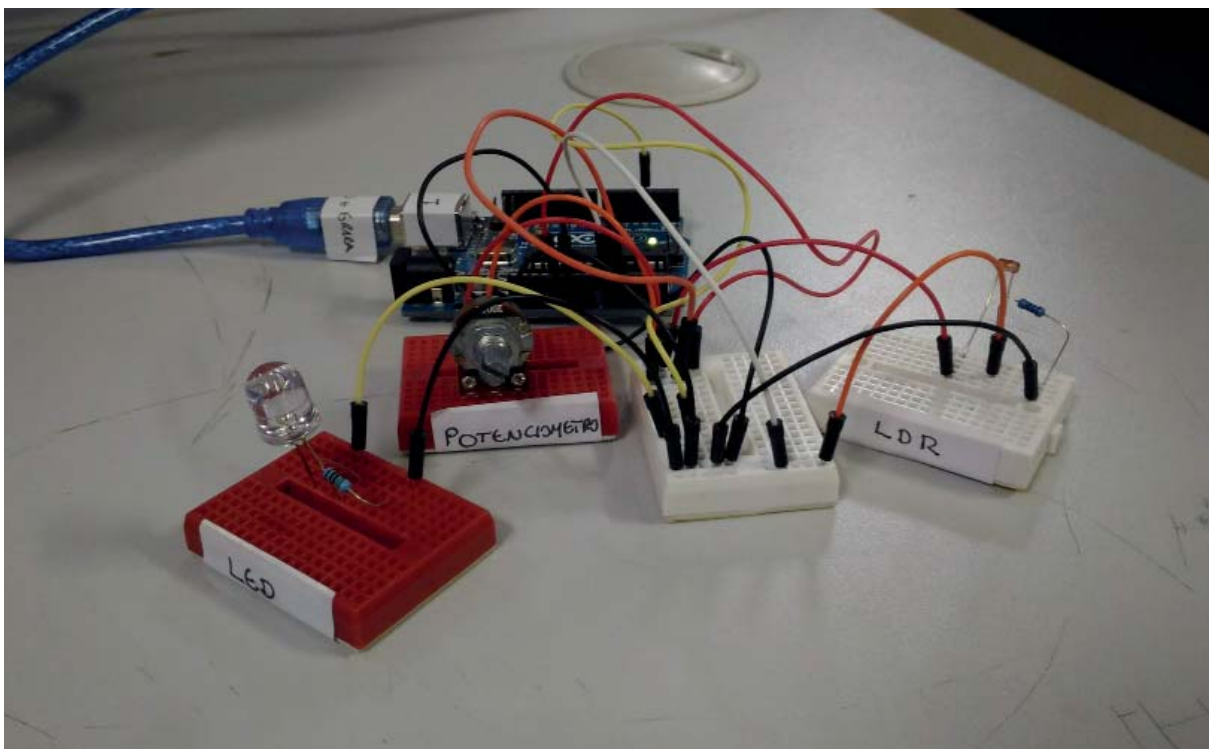


Figura II.3 Módulos em protoboard sendo usados na Oficina Internet das Coisas (10/09/2016)
Imagem: acervo pessoal

II.1.2 Realinhamento de objetivos e planejamento da nova experiência

A partir da interface de eletrônica (Figura II.4), já desenvolvida em diferentes versões e utilizada no Ateliê Integrado de Arquitetura da UFMG (BALTAZAR et al., 2013), objetivamos aprofundar questões referentes ao processo de aprendizado coletivo. Até 2016, a interface utilizada na disciplina apresentava algumas limitações, especialmente de ordem técnica, sendo difícil a sua manipulação e o acionamento dos contatos muito frágeis. Contudo, pode-se observar que, devido a essas mesmas limitações encontradas, os estudantes atingiam um outro nível de engajamento com a estrutura ao precisarem coordenar coletivamente ações e movimentos para seu uso. Essa característica que emergiu da experiência empírica foi vista como um fator positivo a ser mantido em futuras versões.

Assim, nossa proposta foi aliar o kit de módulos eletrônicos interativos a um suporte também modular, montável e manipulável coletivamente - ou mesmo individualmente - de modo a construir

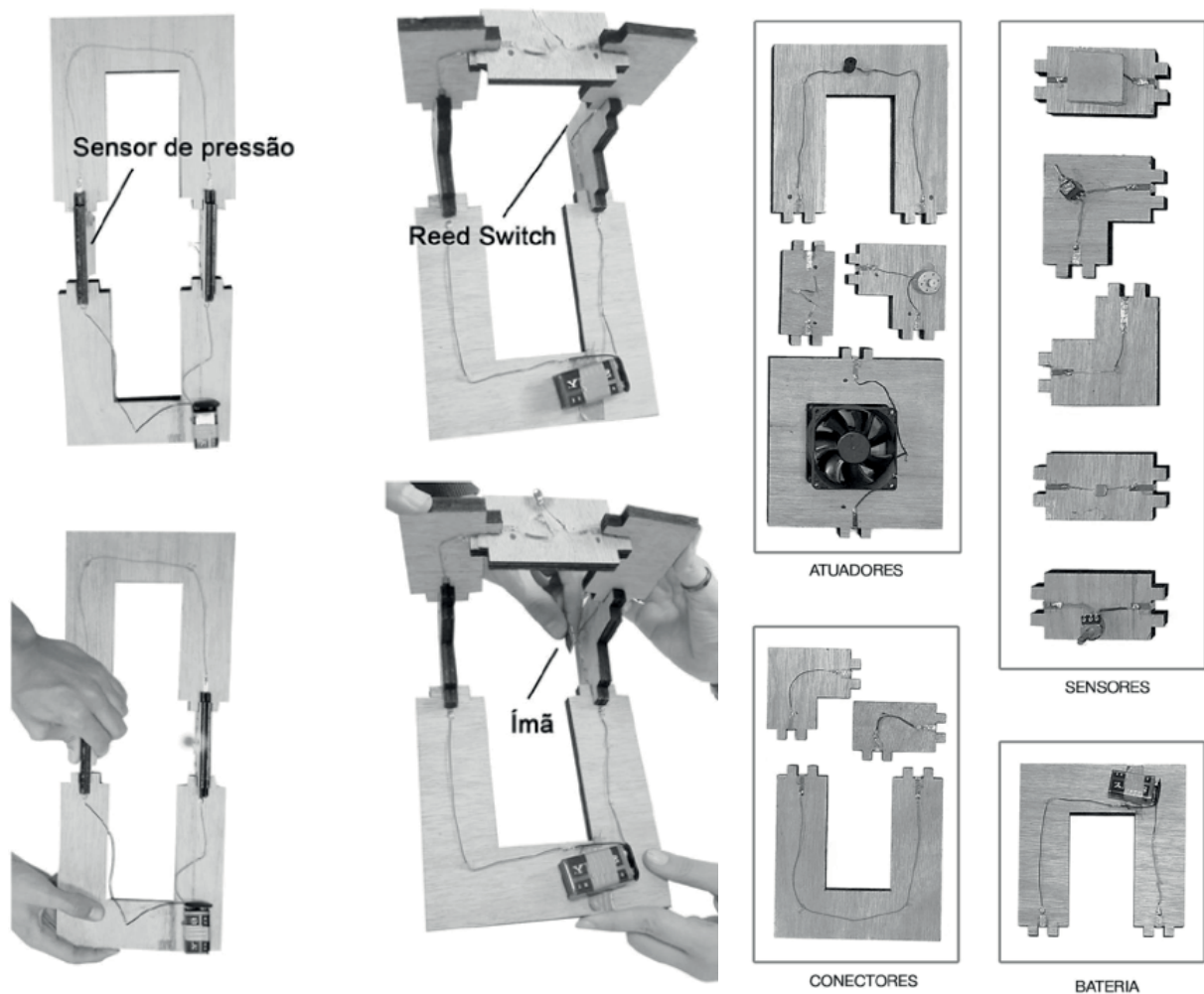


Figura II.4 Interface eletrônica AIA
Imagem: (BALTAZAR et al., 2013)

de maneira experimental, entendimentos básicos sobre circuitos elétricos e design de interação. A separação entre módulos e suporte tridimensional viria a ampliar as possibilidades de se obter diferentes arranjos e eventualmente acrescentar novas peças eletrônicas ou novas peças ao suporte tridimensional. Essa diferenciação da lógica dos módulos em relação à lógica dos seus usos (JONES, 1991) abre mais alternativas, considerando-se tanto o número possível de combinações dos módulos eletrônicos ou dos módulos que compõem o suporte tridimensional como novo sistema composto pelos dois tipos combinados.

II.1.3 Open Clark: elaboração de um sistema modular tridimensional

II.1.3.1 Proposta inicial: Lygia Clark e uma plataforma de online colaborativa

O conceito original do projeto *Open Clark* surgiu como uma ideia de trabalho prático para uma das disciplinas cursadas na pós-graduação - “Arquitetura como Interface” ministrada pela Prof. Ana Baltazar. Na disciplina discutimos bastante o trabalho da artista brasileira Lygia Clark [1920-1988].

Em um dos estágios da sua carreira, Lygia rompeu com a ideia da obra de arte como objeto estático, promovendo com suas peças o engajamento ativo das pessoas. Um dos seu trabalhos mais conhecidos é a série *Bichos*, desenvolvida entre 1960 e 1964. A primeira vista as peças dessa série podem parecer esculturas imóveis, porém os *Bichos* - feitos com placas e dobradiças metálicas - foram idealizados como objetos dialógicos. Através da manipulação essas peças são reconfiguradas e transformadas. Entretanto, com o reconhecimento alcançado pela artista atualmente os *Bichos* se tornaram tão valiosos que, em exposições abertas ao público essa interação com a obra é negada e o acesso é restrito à visualização de objetos estáticos - rompendo completamente com lógica proposta pelo trabalho. Nos melhores cenários, os visitantes podem apenas manipular reproduções das obras³ (Figura II.5).

Assim que, a primeira ideia foi desenvolver um website, uma plataforma colaborativa de recursos e comunidade (similar a sites como *Thingiverse*⁴, *Instructables*⁵, *Ravelry*⁶, entre outros) onde usuários poderiam postar suas próprias versões de projetos inspirados nas obras de Lygia Clark - com ins-

3 Trecho de reportagem: “Her bichos (‘critters’, in Portuguese) consist of panels of stainless steel, aluminum and even gold, connected by hinges and meant to be refashioned by viewers at will. She made about seventy in all, and the majority of them are here in New York. You can’t touch the originals, though MoMA will let you twiddle replicas, and you’ll quickly see that they stubbornly refuse to settle into a ‘natural’ or ‘resting’ state.” (FARAGO, 2014) Ver também uma reportagem sobre uma exposição nacional em 2012 (KUSUMOTO, 2012)

4 Thingiverse é um site dedicado ao compartilhamento de arquivos de design digital criados por seus usuários - <https://www.thingiverse.com/>

5 Instructables é um site especializado em todos os tipos de projetos “faça você mesmo” criados e avaliados por seus usuários - <https://www.instructables.com/>

6 Ravelry é uma rede social e uma plataforma de compartilhamento de receitas e projetos relacionados a trabalhos de tricô, crochê, tapeçaria, etc. - <https://www.ravelry.com/>



Figura II.5 Visitante manipula reprodução de um *Bicho* - exposição “Lygia Clark: Uma Retrospectiva”
Imagem: Rodrigo Antonio/VEJA (KUSUMOTO, 2012)

truções, tutoriais e arquivos digitais que poderiam ser feitos e remixados por outras pessoas. Dessa forma um objeto como um “bicho” poderia tanto ganhar novos usos, ser elaborado em outros materiais, como poderia se tornar um sistema de fim aberto. Seria possível ainda pensar apenas em conexões que permitissem que peças planas criassem novos tipos de “bichos”.

Como uma primeira imagem mental, inicialmente havia pensado apenas na série *Bichos*. No entanto, diversos outros de trabalhos relacionais de Lygia Clark poderiam inspirar contribuições para serem incorporadas nessa plataforma. Na verdade já existem muitos projetos nessa linha registrados e espalhados na Internet. Um primeiro passo seria reunir esse material já desenvolvido para torná-lo facilmente disponível em um só lugar. Com a modificação progressiva dos trabalhos e de redirecionamentos dos princípios por trás deles, resultados interessantes e inesperadas poderiam surgir - como que seguindo um processo evolucionário (HOLLAND, 1992).

Entretanto, essa ideia inicial não considerava, por exemplo, a questão dos direitos autorais - algo que poderia se tornar um impeditivo para a implementação. Assim que, com a conclusão da disciplina mencionada, essa proposta acabou sendo deixada de lado. Mas em pouco tempo, com a possibilidade de retomar os trabalhos com os módulos eletrônicos, um recorte dessa ideia foi vislumbrado: o desenvolvimento de um dos projetos possíveis de pertencer a plataforma.

II.1.3.2 Open Clark #1 - um sistema modular inspirado nos “Bichos”

Uma das diferenças cruciais entre a Interface Eletrônica já utilizada na disciplina AIA e nossos módulos eletrônicos - tanto o primeiro protótipo não finalizado como o segundo utilizando o suporte de protoboards - era que a primeira incorporava um aspecto tridimensional na conexão de contato direto entre suas peças, exigindo que o circuito montado exibisse uma conformação espacial.

Ainda que nossos módulos permitissem com facilidade a espacialização, era necessário que estes fossem incorporados em outros objetos e conectados por cabos mais longos - sendo que a opção mais fácil para elaborar um circuito eletrônico era utilizar os módulos lado a lado, apoiados em uma simples superfície plana, como uma mesa.

Ao invés de pensar em alterar a lógica e o formato dos módulos eletrônicos tivemos a ideia de estabelecer uma combinação entre dois sistemas modulares distintos: um com a funcionalidade eletrônica, e outro que acrescentasse as possibilidades espaciais através da manipulação tridimensional de peças planas - diretamente inspirada pelos *Bichos* de Lygia Clark.

Uma distinção importante é que a proposta dos *Bichos* de Lygia Clark era a de oferecer entidades completas em sua composição física e que exigiam do “operador” transformações através de movimentos que muitas vezes desafiavam a resistência colocada pela materialidade. Através da manipulação a pessoa que está interagindo com a obra-objeto é capaz de desvelar potencialidades ali contidas:

Acontece uma espécie de corpo-a-corpo entre duas entidades vivas. Acontece na realidade um diálogo em que o “Bicho” tem respostas próprias e muito bem definidas aos estímulos do espectador. (...) O “Bicho” tem um circuito próprio de movimentos que reage aos estímulos do sujeito. Ele não compõe de formas independentes e estáticas que possam ser manipuladas à vontade e indefinidamente, como um jogo. Ao contrário: suas partes se relacionam funcionalmente, como as de um verdadeiro organismo, e o movimento destas partes é interdependente.

(CLARK, 1983)

Pelo contrário, a nossa proposta - que nomeamos *Open Clark #1* - é justamente composta de “formas independentes e estáticas” que podem “ser manipuladas à vontade e indefinidamente, como um jogo”. Nossa ideia foi a de criar um sistema modular “infinito” que funcionasse não como um entidade, mas como um meio e ferramenta.

Assim que, seguindo as formas triangulares e semicirculares das placas metálicas que compunham os *Bichos* de Clark desenhamos peças em papelão rígido que conformaram a base dos nossos módulos. Diferentemente da ligação original por dobradiças fixas, desenvolvemos para o sistema *Open Clark #1* - depois de algumas explorações e testes⁷ (Figura II.6) - conexões rotulares de encaixe.

⁷ Experimentamos com o kit de conectores Makedo, disponível no laboratório LAGEAR.

Essas peças, produzidas por impressão 3d, foram acopladas com parafusos nas arestas laterais das placas de papelão (Figura II.7).

Dando sequência ao projeto como um todo, estávamos simultaneamente trabalhando com uma nova versão dos Módulos Eletrônicos, que posteriormente passou a ser chamada “Modulinos”.

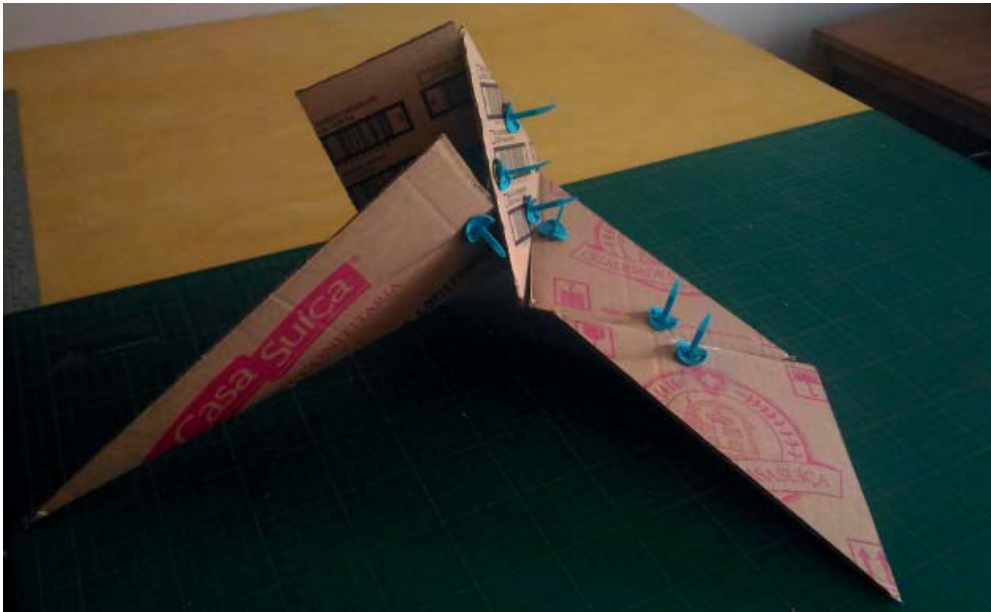


Figura II.6 Testes para o sistema *Open Clark #1* utilizando conectores do kit comercial *Makedo*
Imagem: acervo pessoal



Figura II.7 Protótipo de peças com conectores rotulares para o sistema *Open Clark #1*
Imagem: acervo pessoal

II.1.3.3 Modulinos: desenvolvimento dos módulos em placas soldadas

Como já mencionado, após uma tentativa com o uso de placas eletrônicas produzidas na China que nunca chegou a ser concluída, a versão funcional dos nossos módulos eletrônicos passou por uma revisão e simplificação dos circuitos para o uso de componentes disponíveis no mercado e combinado com uma pequena protoboard utilizada como suporte e meio de conexão.

Ao utilizar essas peças comerciais já “consagradas”, acabamos questionando a ideia de uma kit como um produto fechado e passamos para a ideia de um kit “imaterial” composto por receitas para sua própria construção. Enquanto essa versão parecia, por um lado, ideal para o ensino do funcionamento de circuitos eletrônicos, por outro, ela dificultava o uso em explorações de design de interação - a conexão com os componentes poderia ser facilmente desfeita já que não estavam permanentemente soldadas. Assim que, para a utilização na disciplina AIA, decidimos avançar com uma versão que mantivesse o mesmo tamanho e os mesmos circuitos da versão em montada em protoboards, mas que consolidasse a estrutura interna do módulo com ligações soldadas (Figura II.8).

Como já possuíamos algumas placas de fenolite perfuradas nas mesmas dimensões das pequenas protoboards decidimos utilizá-las como base para “transplantar” os circuitos já configurados. Nas placas que utilizamos as perfurações possuem contatos metálicos apenas nas suas bordas e funcionando assim como “ilhas”. Outro modelo de placas similares, também muito comum no mercado, possuem trilhas metalizadas que revestem e conectam uma linha de furos ao mesmo tempo. Em uma utilização usual de montagem eletrônica com placas ilhadas costuma-se criar trilhas de estanho - feitas com o ferro de solda - para estabelecer todas as ligações. Porém, procurando manter o entendimento e visualização dos circuitos, ao invés de realizar a soldagem de trilhas para ligar todos os componentes mantivemos o uso de fios sobrepostos, soldando apenas pequenas conexões. Nessa versão apenas as cores vermelho e azul foram usadas para os fios, de forma a explicar didaticamente a lógica dos circuitos. Como um complemento nesse sentido, também foram adicionadas etiquetas adesivas para indicar as polaridades, além de nomear a função de cada módulo.

O uso de conectores macho-fêmea que já havíamos comprado para o primeiro protótipo com as plaquinhas impressas permitiu a conexão direta por encaixe entre as peças além da possibilidade de espacialização dos módulos através do uso de fios mais compridos que, utilizando essas mesmas ponteiras, funcionam como intermediários expansores.

Para proteger a parte traseira das placas onde foram realizadas as soldagens, decidimos cortar e colar pedaços de cortiça, utilizando restos que haviam sido descartados na faculdade. Uma outra peça importante na interface entre os Modulinos e as placas do *Open Clark #1* foi um suporte de encaixe fabricado em impressão 3d - produção que ocorreu simultaneamente a dos conectores rotulares já mencionados. Esse suporte tem uma base com desenho em X (Figura II.9), com espaço para

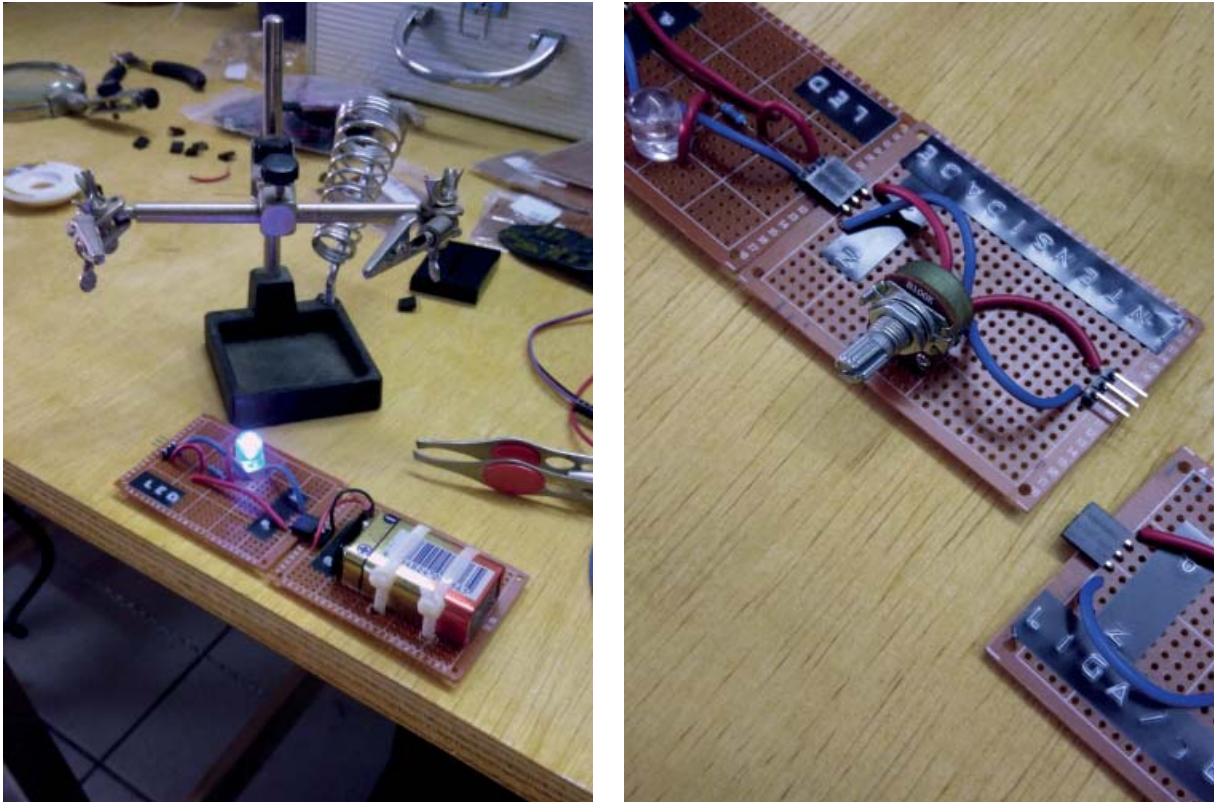


Figura II.8 Teste de desenvolvimento e produção dos módulos eletrônicos Modulinos
Imagem: acervo pessoal

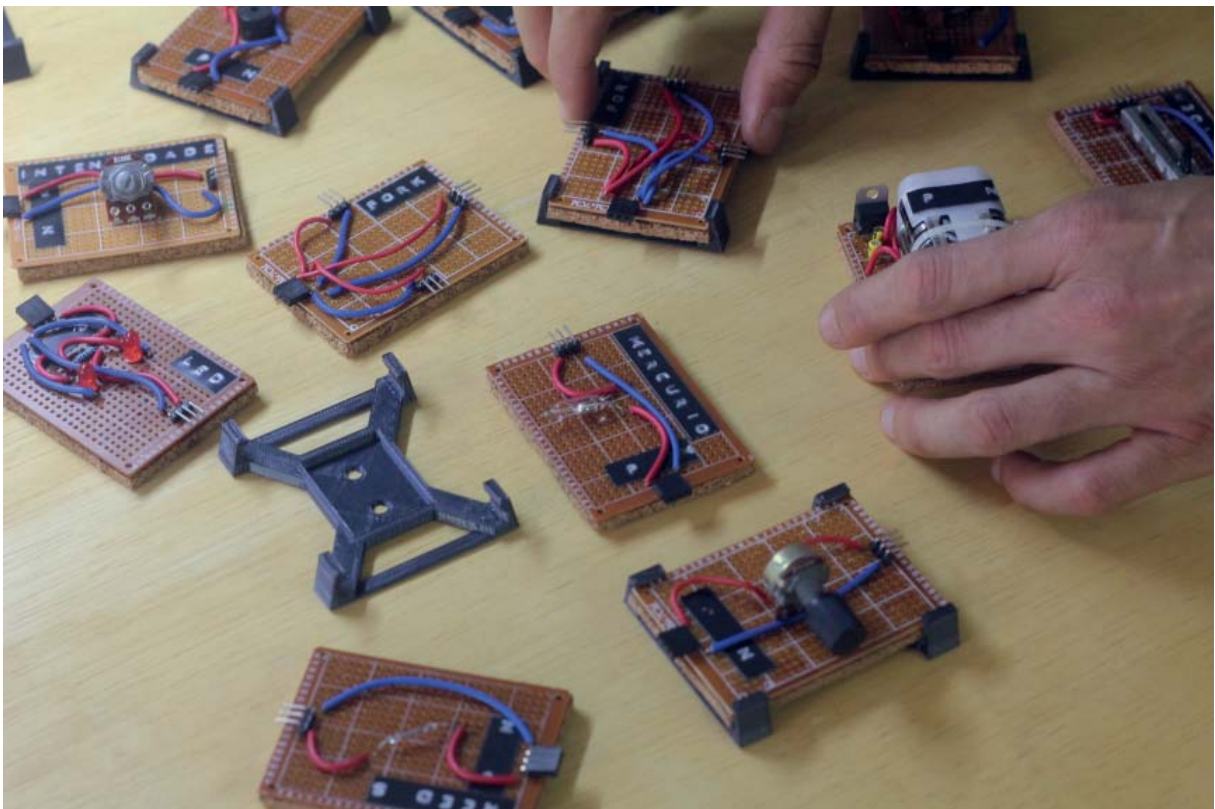


Figura II.9 Modulinos - registro das peças finalizadas com e sem suporte.
Imagem: acervo pessoal

a fixação de parafusos no centro e saliências nas arestas que permitiam o encaixe e a remoção dos módulos por deslizamento.

Além da transposição dos circuitos montados nas protoboards, com pequenas variações, um novo módulo foi desenvolvido nessa versão. O módulo em questão é o “fork”, palavra que significa garfo em inglês e é utilizada no contexto de lógica e programação para se referir a abertura de caminhos paralelos. O funcionamento dele permite que a corrente elétrica se divida, com isso quebrando um pouco da linearidade do circuito fechado, possibilitando uma configuração mais complexa onde um input é capaz de controlar mais outputs (Figura II.10). No caso do nosso módulo incluímos três saídas - na Figura II.11 vemos duas sendo utilizadas em um circuito com os Modulinos.

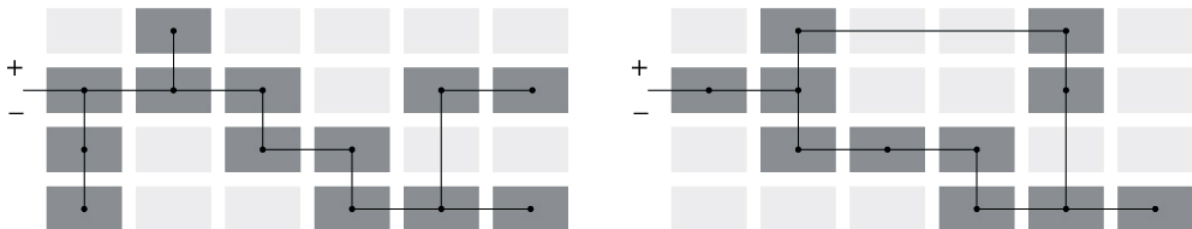


Figura II.10 Esquema da possibilidade do sistema de Modulinos.

Imagem: acervo pessoal

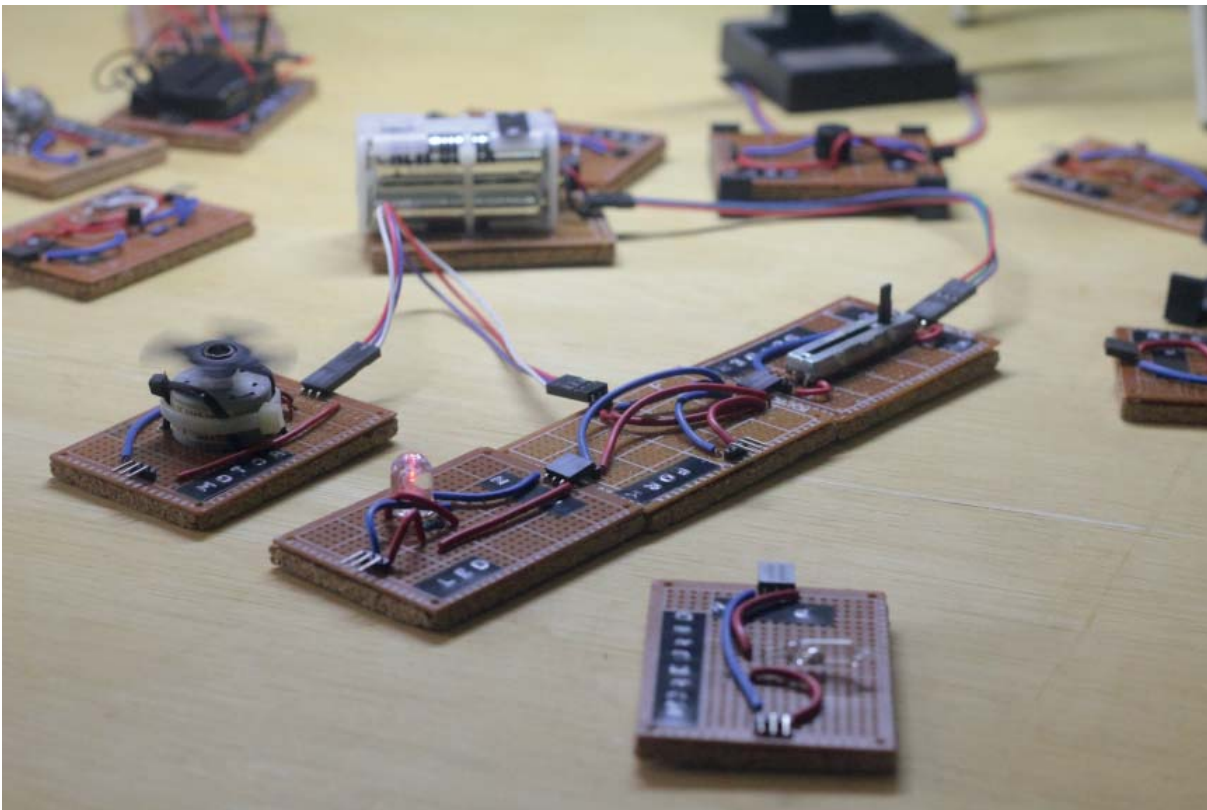


Figura II.11 Modulinos - circuito criado com os módulos bateria, slider, fork, led e motor.

Imagem: acervo pessoal

II.1.4 Modulinos + Open Clark #1

II.1.4.1 Resultado da combinação dos sistemas

No momento em que começamos a testar a combinação entre os dois sistemas vimos que era uma ideia viável, mas que necessitaria de ajustes e refinamento. Uma das primeiras questões que surgiu foi como permitir o livre manipulação das placas sem prejudicar a fiação do circuito. Testamos a possibilidade de criar alguns furos na placas (Figura II.12) porém, no final, acabamos utilizando apenas o espaçamento produzido pelos conectores.

Outra dificuldade foi a de definir o tamanho das placas, e aqui a escolha foi um pouco arbitrária - mesmo porque a nossa intenção era que outras pessoas utilizassem o kit para que tivéssemos feedbacks para alimentar a continuação do trabalho. Assim que, ainda que com desejo de testar mais alternativas, focamos nas estratégias e eventos para compartilhar a versão que alcançamos desses dois sistemas (Figura II.13).

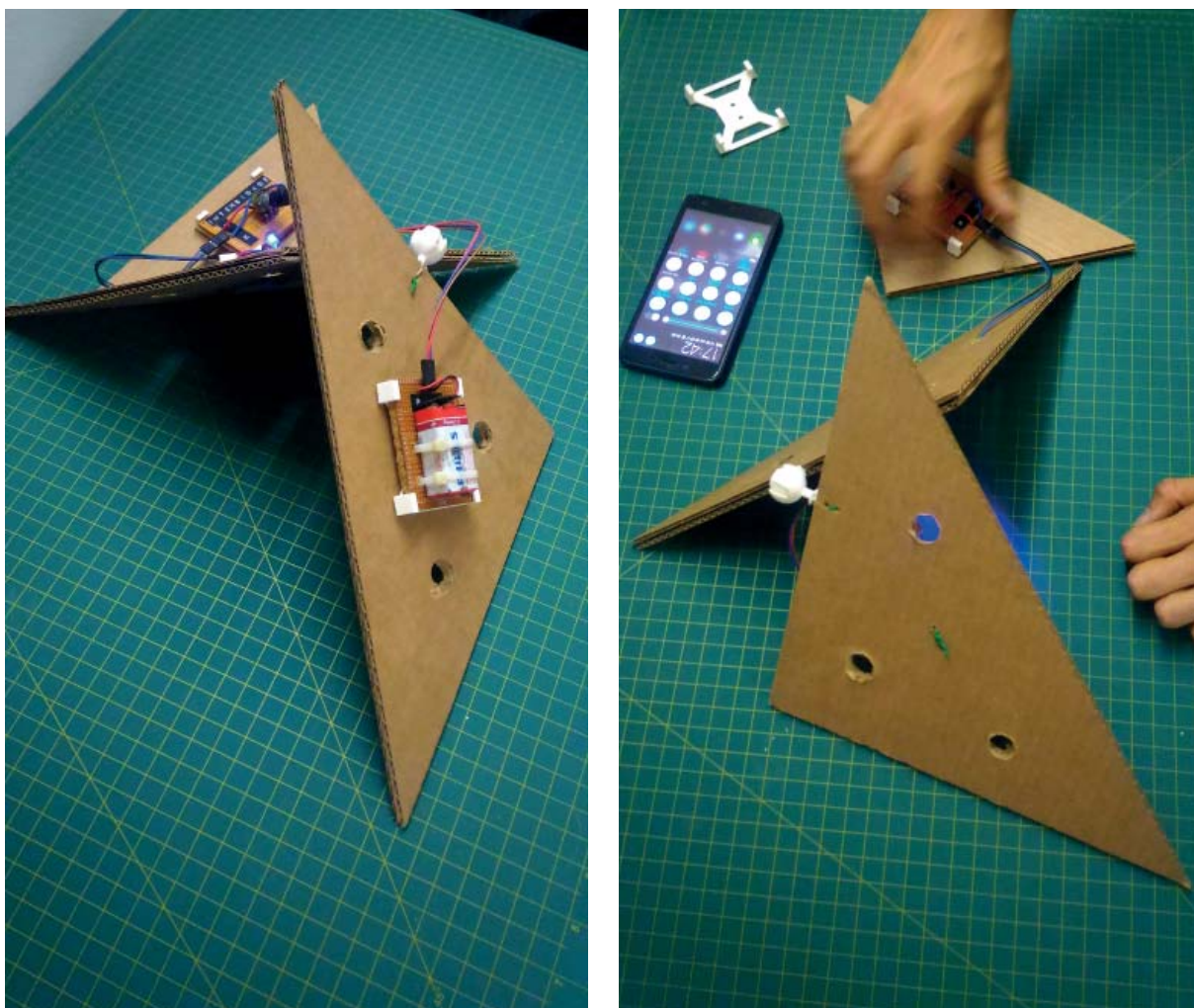


Figura II.12 Testes Modulinos + Open Clark #1
Imagem: acervo pessoal

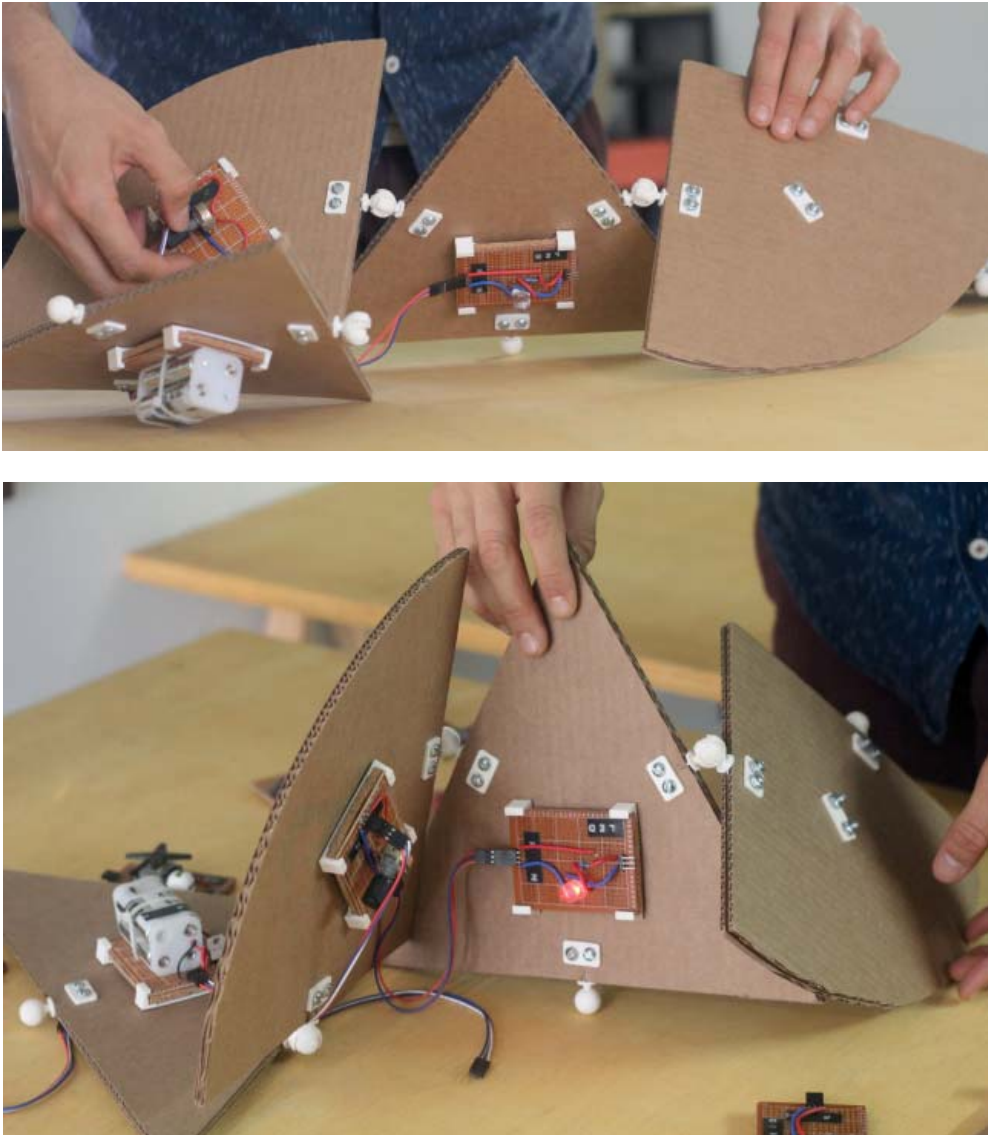


Figura II.13 Modulinos + Open Clark #1 versão final
Imagem: acervo pessoal

II.1.4.2 Demonstração - PFLEX “Sensibilidade espacial e automação”

Na quarta-feira dia 27/09/17, fizemos uma primeira apresentação dos sistemas complementares e conjugados Modulinos Eletrônicos e *Open Clark #1* na disciplina PFLEX do Prof. José Cabral “Sensibilidade espacial e automação”(Figura II.14). Primeiro falamos um pouco do desenvolvimento, desde 2014 em Florianópolis até o estágio atual. Mencionamos também o kit *littleBits* e aproveitamos para mostrá-lo de forma comparativa com os módulos que estávamos trabalhando.

Realizamos algumas demonstrações e deixamos os alunos explorarem um pouco os kits sozinhos. Tivemos uma boa receptividade dos estudantes e a interação deles com os conjuntos suscitou uma conversa sobre o tema da disciplina e sobre as expectativas dos alunos em relação aos seus projetos.



Figura II.14 Apresentação dos Modulinos na disciplina “PFLEX - Sensibilidade espacial e automação”
Imagem: acervo pessoal

II.1.4.3 Playday - uma oficina lúdica no LAGEAR

Na sexta-feira dia 29/09/17 uma outra dinâmica utilizando os módulos eletrônicos foi realizada (Figura II.15). Dessa vez com uma estrutura mais livre e com a participação de voluntários, em sua maioria estudantes de arquitetura, bolsistas do LAGEAR. O evento foi denominado *Playday* de modo a destacar o caráter lúdico da dinâmica planejada.

A proposta para o evento foi apresentar aos participantes a última versão dos *Modulinos* associados ao *Open Clark #1*, o quebra-cabeça eletrônico e o kit *littleBits*, além de outros kits que compõem o acervo do laboratório, como o *Mecanno* - sistema construtivo com peças metálicas e parafusos - e o *Strawbees* - sistema de conexões em plástico que permitem a construção de estruturas usando canudos. A etapa subsequente deveria envolver a elaboração de composições associando os diversos materiais disponíveis.

A partir desse processo exploratório, foi possível observar a manipulação dos diversos kits e coletar sugestões para um posterior desenvolvimento - além de receber a sugestão do nome “Modulinos” que passamos a utilizar.

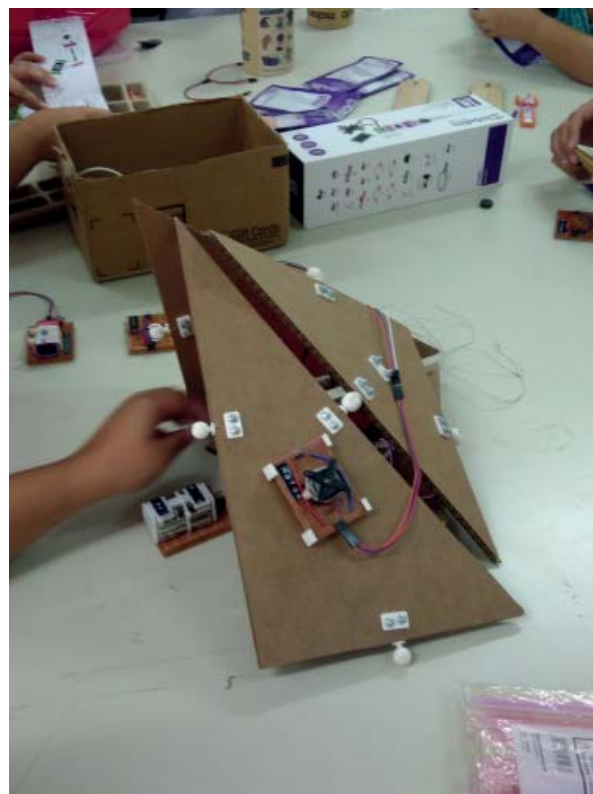


Figura II.15 *Playday* Lagear - explorações com os Modulinos e *Open Clark* #1
Imagem: acervo pessoal

II.1.4.4 Preparação da Dinâmica de Kits Eletrônicos no AIA

Para a experiência na disciplina AIA, nossa programação inicial foi trabalhar com dois momentos de aula - que poderiam ou não acontecer no mesmo dia. No primeiro momento teríamos uma exploração mais livre dos alunos com interação eletrônica através de diferentes kits modulares disponíveis no laboratório Lagear. Já no segundo momento os alunos seriam demandados a elaborar pequenos projetos interativos a partir de demandas mais específicas. Contudo, buscando melhor adaptação ao tempo e ao contexto da disciplina, esta segunda etapa - projetual - foi suprimida, dando lugar à outra atividade que precederia um exercício da disciplina com foco em parametrização e fabricação digital elaborado pelos professores.

Na dinâmica proposta relacionamos 6 grupos de alunos com kits de eletrônica disponíveis. Cada grupo deveria manipular dois kits em momentos subsequentes, sendo um kit comercial e outro relacionado à pesquisa acadêmica. Definimos como kits de pesquisa os quebra-cabeça desenvolvidos no Lagear e os nossos módulos. Para complementar, incluímos os kits littleBits e Cubelets - kits que já se tornaram produtos comerciais e estão disponíveis no mercado (porém, cabe apontar, também começaram em contextos acadêmicos).

Kits Comerciais	Kits Acadêmicos
• Little Bits (2x)	• Quebra-cabeça LAGEAR (2x)
• Cubelets (1x)	• Modulinos Eletrônicos + Open Clark (1x)

Códigos	
C1 - littleBits	P1 - Quebra Cabeça LAGEAR
C2 - littleBits	P2 - Quebra Cabeça LAGEAR
C3 - Cubelets	P3 - Modulinos Eletrônicos + Open Clark

A sugestão de trabalhar com todos esses conjuntos em um momento específico da disciplina surgiu com o intuito de investigar os limites potencialidades de cada ferramenta através da experiência dos alunos - tomando como ponto de partida a hipótese de que as diferentes características iriam influenciar os desdobramentos de seus usos.

Por fim, a dinâmica foi estruturada de acordo com a seguinte programação:

ATIVIDADES

- Exploração Livre:
 - I. Sala dividida em 6 grupos (entre 8 e 9 pessoas);

- II. Cada grupo ocupa uma das mesas que conterà um kit;
 - III. Os alunos deverão explorar livremente as possibilidades do kit durante 15 minutos;
 - IV. Os grupos farão uma rotação no sentido horário ocupando a próxima mesa com um novo kit;
 - V. Os grupos deverão explorar o novo kit por outros 15 minutos;
- Solicitar que cada grupo discuta e escreva algumas linhas sobre a relação entre os trabalhos apresentados no seminário de design de interação e a manipulação das interfaces/kits (10 minutos);
 - Conversa com a Turma > Debate / Interação - Os alunos poderão expor o que discutiram em grupo e colocar questões para o grupo;
 - Aula (Drops) de Eletrônica para apresentar conceitos básicos de eletrônica e por fim enfatizando a diferença entre a complexidade da interface e a complexidade da interação (15min);
 - Exemplos de interação e interface buscando fixar a diferença;
 - Introdução do exercício de projeto “parametrização e eletrônica”

ORGANIZAÇÃO

- 6 grupos > entre 8 e 9 pessoas cada (G1 à G6)

G1 > P1 & C1 (QB Lagear e littleBits)	G4 > C2 & P3 (littleBits e Modulinos)
G2 > C1 & P2 (littleBits e QB Lagear)	G5 > P3 & C3 (Modulinos e Cubelets)
G3 > P2 & C2 (QB Lagear e littleBits)	G6 > C3 & P1 (Cubelets e QB Lagear)

1ª INTERAÇÃO (de 15 à 20 min)

G1		G2		G3
P1		C1		P2
C3		P3		C2
G4		G5		G6

2ª INTERAÇÃO (de 15 à 20 min)

G6		G1		G2
P1		C1		P2
C3		P3		C2
G3		G4		G5

II.1.4.5 Realização da Dinâmica de Kits Eletrônicos no AIA

Na quinta-feira dia 05/10/17 realizamos a dinâmica com os alunos do Ateliê Integrado de Arquitetura. Chegamos no início da aula às 7h30 porém nossa participação só ocorreu após a realização

do “seminário de design interação”: cada um dos 8 grupos de alunos apresentou dois ou mais trabalhos relevantes envolvendo interatividade.

No intervalo arrumamos as mesas de acordo com nossa organização. Formamos seis “núcleos” com os seus respectivos kits, já com o número certo de cadeiras (entre 6 e 7, pois alguns alunos faltaram) e, conforme os estudantes foram voltando para a aula, cada um escolheu um lugar para sentar e os grupos para nossa atividade foram se formando naturalmente.

Por volta das 11h iniciamos a dinâmica com os kits eletrônicos, mantendo exatamente nosso plano de configuração de grupos e kits já mencionada. Como já estava um pouco tarde, as interações dos alunos com foram de apenas 15 minutos com cada kit, porém mantendo a interação de dois kits por grupo. Os alunos se envolveram bastante e durante esses 30 minutos a sala de aula ficou bem agitada e barulhenta.

Em cada uma das mesas deixamos, no início da atividade, algumas fichas de leitura em branco para os alunos preencherem os nomes de todos do grupo e escreverem também comentários sobre o que acharam da experiência de interagir com os kits. Buscamos estabelecer uma conexão com a atividade anterior da aula solicitando que eles tentassem traçar também uma relação com os exemplos comentados do seminário de interação. Depois que eles terminaram de escrever seus comentários nas fichas tivemos um momento de discussão em grupo.

Em relação aos exemplos sentimos que eles não conseguiram estabelecer uma conexão. Por outro lado foram feitos vários comentários sobre as experiências deles com os kits, especialmente comparações entre os dois conjuntos manipulados. O fato deles não terem tido contato com todos os kits gerou também muitas perguntas de curiosidade entre os grupos. Embora as opiniões tenham divergido um pouco de um grupo para outro, percebemos que a ordem do contato com cada kit influenciou bastante as opiniões.

Em relação aos nossos Modulinos eletrônicos e o sistema *Open Clark #1*, as impressões não foram muito diferentes do *Playday* realizado anteriormente. No geral os alunos que mexeram nos *Modulinos* se interessaram pelo sistema, porém as peças do *Open Clark #1* acabaram não sendo exploradas para ampliar as combinações (Figura II.16).

Um dos grupos tentou montar as peças eletrônicas para depois integrar os módulos de papelão, porém os alunos não foram muito bem sucedidos nessa segunda tentativa. Em outro momento, um dos estudantes falou para “tirar essas peças de papelão porque elas estão incomodando” e um colega respondeu “temos que usar porque elas são parte do kit”.

Essas impressões reforçaram a conclusão que tiramos do *Playday* de que os *Modulinos* já estão bem refinados para a interação e as peças do *Open Clark #1* precisam de uma revisão - percebemos que o tamanho foi um problema na manipulação e que os conectores estavam um pouco frágeis.

Registramos essas notas para dar continuidade com os protótipos e experimentos, porém pausamos um pouco esse trabalho para focar em uma experiência prática de outra natureza, que será apresentada na sequência.

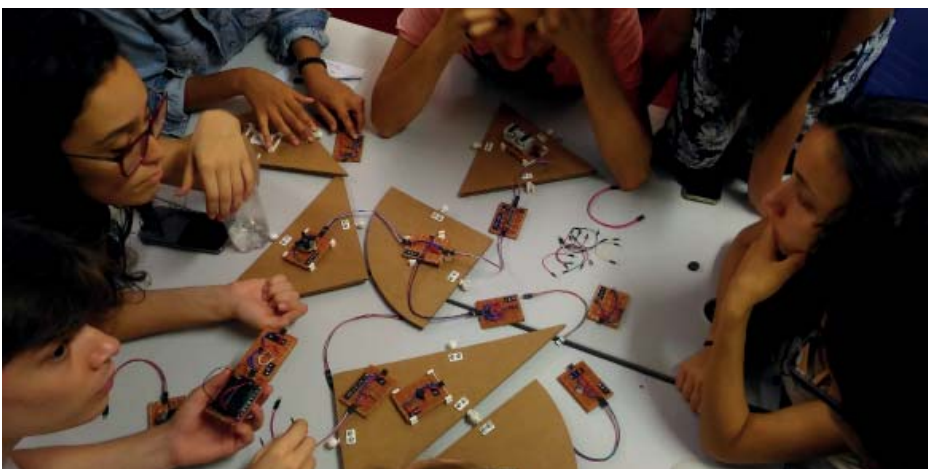


Figura II.16 Dinâmica no Ateliê Integrado de Arquitetura
Imagem: acervo pessoal

II.2 MICRO-ARQUITETURAS E OUTROS MANIFESTOS ESPACIAIS V.2 (2017)

Em meados de outubro de 2017, o estúdio Nimbu¹ recebeu o convite para realizar uma ação na 11ª Bienal Internacional de Arquitetura de São Paulo. A ação envolveria a atualização de um antigo projeto chamado “Micro-Arquiteturas e Outros Manifestos Espaciais”² - inicialmente idealizado em 2014 na cidade de Florianópolis.

O convite feito pela organização do evento (IAB-SP) foi para a realização de uma oficina-intervenção junto à uma ocupação localizada no centro da cidade de São Paulo. A ocupação “9 de Julho” (Figura II.17), parceira da Bienal, seria o espaço de realização de uma série de oficinas e exposições e, através de consulta preliminar realizada levantou-se o interesse e a necessidade de montagem de uma marcenaria para dar suporte aos moradores desta e de outras ocupações na cidade. A partir dessa nova infraestrutura seria possível a realização do projeto - a construção de uma nova “Micro-Arquitetura” no local. Algumas necessidades apontadas pela representante da ocupação foram a falta de cadeira e bancos, assim como de um playground para as crianças.

A proposta inicial do projeto “Micro-Arquiteturas e Outros Manifestos Espaciais” em 2014 foi a de criar estruturas “transfuncionais”, construções que não se enquadrassem em categorias predefinidas - como tipos de mobiliário urbano por exemplo - funcionando como uma pequena prática arquitetônica, um tipo de manifesto espacial concreto que se abriria para apropriações diferentes e indeterminadas (por isso não somente banco ou playground, mas ao mesmo tempo também os dois). Alinhado a isso estava a ideia de aproveitar descartes urbanos como matéria prima, conectando a cidade através de uma reciclagem que tornaria possível um tipo de prática arquitetônica independente de investimentos e compensações monetárias. Outra preocupação também foi a de criar um sistema mapeamento público desses mesmos recursos urbanos para que esses pudessem ser utilizados pelo público geral de outras maneiras.

O contexto em outubro de 2017 - por um lado desenhado pela Bienal por outro pelo nosso próprio momento - divergia bastante daquele de 2014. Não caberia repetir as mesmas construções e atividades em circunstâncias tão diferentes. Por isso nos perguntamos como poderíamos retomar o projeto, mantendo aspectos relevantes sem deixar de incluir novas questões.

Vimos o convite da Bienal como uma oportunidade de repensar a proposta inicial do projeto Micro-Arquiteturas de forma a incorporar os interesses em modularidade e jogos, e contribuir com as pesquisas de doutorado que estavam sendo desenvolvidas respectivamente, por mim e por Diego Fagundes. Os demais membros que fizeram parte da primeira versão do projeto e que

1 Nimbu é um estúdio de arquitetura criado em 2010, coordenado em parceria pelos arquitetos Diego Fagundes e Erica Mattos (autora dessa pesquisa). Desenvolvemos trabalhos colaborativos que variam na conformação das equipes de trabalho. Mais informações estão disponíveis no site: <http://www.nimbu.com.br/>

2 Esse projeto não foi mencionado como uma experiência precedente relevante por não lidar inicialmente com aspectos relacionados a modularidade.



Figura II.17 Espaço externo da Ocupação 9 de Julho - Antiga Sede do INSS em São Paulo
Imagem: divulgação Bienal

estariam envolvidos nessa ação da Bienal - Paula Franchi e Romullo Baratto - foram receptivos a essa proposta de revisão e, assim, começamos a reelaborar o projeto com a participação de novos colegas: o artista e arquiteto Gabriel Scapinelli e os estudantes de arquitetura Ana Pitzer, Larissa Reis e Marllon Moraes.

II.2.4.1 Planejamento da oficina para Bienal de São Paulo

Um dos fatores mais significativos no desenvolvimento dessa ação para a Bienal foi o envolvimento com a ocupação “9 de julho” (Figura II.17). Como não havíamos tido um contato prévio mais aprofundado com a comunidade local, precisávamos elaborar uma proposta que não fosse invasiva e excessivamente determinada - o que configuraria um tipo de atuação arquitetônica missionária (KAPP et al., 2012), como se detivéssemos o conhecimento correto para fornecer a melhor solução para o espaço sem conhecer os valores e hábitos daqueles que vivem ali. Vimos que seria necessário desenvolver uma proposta bastante maleável que, sem perder a coerência, pudesse incorporar as expectativas e direcionamentos dos moradores.

Nosso trabalho foi dividido em dois grupos. O primeiro grupo, situado em São Paulo e formado pelos colegas Romullo e Paula, ficou responsável pela organização e contato direto com a Bienal e com a ocupação 9 de julho. O segundo - baseado em Belo Horizonte e formado pelos estudan-

tes Ana, Larissa e Marllon e pelos arquitetos Diego, Gabriel e eu - se dedicou a estruturar a nova proposta do Micro-Arquiteturas e organizar as atividades para uma oficina de dois dias de duração.

II.2.1 Desenvolvimento da proposta

Assim que concordamos realizar esse trabalho algumas ideias gerais foram estabelecidas e atuaram como restrições, guiando o desenvolvimento do projeto:

1. Partindo da primeira versão do “Micro-Arquiteturas” decidimos manter o uso da madeira como material principal, mas agora utilizando apenas em ripas e caibros em dimensões comerciais, que são facilmente encontrados no mercado.
2. O aspecto modular da construção se daria com a padronização dos conectores, peças que seriam projetadas e produzidas. Eles deveriam ser robustos e funcionar com o uso de parafusos, porcas e arruelas também no padrão comercial.
3. Por fim, queríamos que a interface de um jogo articulasse vontades e anseios dos moradores, consolidando as demandas que iriam informar a concepção e a construção das estruturas.

Já nos nossos primeiros encontros em Belo Horizonte discutimos a possibilidade de ir além de um projeto pontual para o evento e elaborar um sistema de meios e ferramentas que pudesse funcionar como uma base informacional a longo prazo. A primeira ideia de organização foi a criação de um site para disponibilizar essa base para um público mais amplo³ - um caminho que chegamos a esboçar e trabalhar, mas que acabou ficando de lado diante do curto prazo e outras prioridades. Não obstante, a ideia do sistema permaneceu e embasou o desenvolvimento de todo projeto.

Considerando a situação particular da oficina na ocupação “9 de julho” e a estrutura física que dela resultaria, pensamos inicialmente em operar com cinco níveis para formalizar esse grande sistema: “dinâmicas”, “jogos”, “partes” e “módulos”. Com o processo de desenvolvimento do projeto elas acabaram se transformando na seguinte categorização de etapas e meios: “explorações”, “sistematizações”, “partes”, “blocos” e, por fim, “micro-arquiteturas”.

Quando nos referimos a “dinâmicas” estávamos pensando em performances e outras atividades que incluíssem o corpo, ajudassem a iniciar um diálogo e trouxessem para o processo novas informações, como percepções do espaço e do contexto. A intenção era que - antes de iniciar qualquer construção física no local - fosse estabelecida uma relação entre nós e os moradores participantes para possibilitar um espaço onde eles pudessem explorar e manifestar seus desejos. Essa ideia surgiu como uma complementação à ideia inicial do “jogo”.

³ Aqui vejo uma de certa similaridade com a proposta inicial, já apresentada, para a plataforma *Open Clark* - porém sem o caráter colaborativo.

Como já mencionado, a etapa do “jogo” veio como uma determinação de como poderíamos organizar o processo de pensar a construção da estrutura. A primeira ideia foi usar cartas para montar uma estrutura que representasse um fluxograma de atividades, espaços etc. O que percebemos com o desenvolvimento é que poderíamos explorar mais esse funcionamento e incluir elementos de jogo e brincadeira tanto nesse momento como nas “dinâmicas” anteriores.

Com essa reflexão chegamos à conclusão que o papel das primeiras atividades seria explorar o espaço, as possibilidades do contexto e outras situações que os participantes poderiam identificar; e que esse segundo momento, seria uma etapa para sedimentar e sistematizar essas informações. Além disso, pensamos que esses dois momentos não eram estanques ou mesmo lineares - assim um pouco de um acabaria se misturando ao outro.

Em relação a etapa mais concreta desse sistema, resolvemos nomear como “partes” os elementos básicos que seriam necessários para construir as estruturas físicas. Isso englobaria tanto as cantoneiras metálicas para junção como as demais partes compradas prontas: ripas e caibros de madeira aparelhada, parafusos e porcas, cabos de aço, tábuas de madeira e placas de fechamento como eucatex perfurado. Com isso teríamos “kits” contendo os elementos necessários para construir alguma estrutura.

Os “blocos” seriam um outro nível e tipo de modularidade, algo próximo a um menu de possibilidades já preconcebidas. A proposta não era, absolutamente, que tudo o que fosse construído resultasse de uma composição de tais blocos. Era apenas uma questão de demonstrar possibilidades do sistema de partes e mostrar que, em alguns casos, não seria necessário reinventar a roda. Nesse sentido, poderíamos definir “blocos” como estruturas básicas com características de elementos conhecidos, por exemplo: banco, cadeira, mesa, parede, vaso, trepa-trepa, etc.

No final, as “partes” e os “blocos” foram vistos como níveis em função de um momento específico voltado para “construção”. Assim acabamos definindo as etapas da ação e na Bienal como: “explorações”, “sistematizações” e “construção”. O resultado de todo esse processo - utilizando “blocos” predefinidos ou não - constituiria uma “micro-arquitetura” em diálogo com seu contexto.

Assim concluímos que os elementos para o desenvolvimento das Micro-Arquiteturas são:

- Um kit modular e recombinável de peças estruturais;
- A ação conjunta de indivíduos para a reconfiguração das partes;
- Um meta-projeto representado aqui por um jogo, através do qual os indivíduos formulam e expressam suas intenções sobre o espaço e,
- Um conjunto de dinâmicas corporais de sensibilização e problematização espacial.

O objetivo da experiência é, por fim, explorar o brincar, o jogar e a modularidade como recursos para a apropriação contínua do espaço incorporando e transformando inputs externos na geração de sistemas dinâmicos entre indivíduos e espaços.

II.2.1.1 Construção - desenvolvendo um sistema recombinável de partes e conexões

Ainda que todas as etapas tenham sido trabalhadas paralelamente, o sistema físico construtivo foi o primeiro a ser definido - uma necessidade para viabilizar a logística da produção das peças e compra dos materiais antes do evento.

Partimos de uma noção razoavelmente clara do que queríamos: um kit de partes - ou, na visão de Alexander (1968), um sistema gerador de sistemas. Porém, ao invés de projetar todos os componentes escolhemos criar um sistema de conexões que trabalhasse bem com materiais já disponíveis no mercado. Como John Chris Jones (1991) aponta, uma maior padronização nas junções minimiza a necessidade de padronização dos componentes. Nesse caso, a definição do material, formas e dimensões dos conectores garantiu uma flexibilidade nos outros elementos do sistema.

A partir de referências de conectores metálicos para madeira, foram desenhadas três variações de peças: uma placa plana e triangular, uma dobrada de quina correspondente a dois triângulos iguais aos da primeira, e uma retangular dobrada em L. Definimos as medidas das peças para viabilizar a utilização de ripas e caibros em bitolas usuais da construção civil - nesse caso 2x5, 4x9 e 6x6. A primeira peça foi dimensionada com dois catetos iguais de 15 cm, a segunda com base de 30 cm e altura de 15 cm dobrada ao meio, e a terceira com largura de 10 cm e 20 de comprimento, divididos entre 15 cm no lado maior e 5 cm no menor. Todas as peças possuem diversas furações na superfície para possibilitar a passagem de parafusos em diferentes lugares. Depois de algumas pesquisas, contratamos um serralheiro na cidade de Contagem para produzir 75 peças no total - 15 da primeira, 30 da segunda e 30 da terceira variação (Figura II.18).



Figura II.18 Processo de produção dos conectores metálicos

Imagem: Acervo pessoal

Para compor o kit de materiais para a oficina, compramos ripas e caibros de madeira, assim como tábuas para fechamento - havíamos pensado também em placas perfuradas mas acabamos não adquirindo nenhuma para essa ação. Como parafusos foram utilizadas barras roscadas vendidas por metro linear. Os cabos de aço que compramos não foram utilizados nas estruturas finais e ficaram como material para a ocupação. Complementos necessários como porcas, arruelas, grampos, ganchos, esticadores, pregos e parafusos pequenos também compuseram o kit de “partes” elementares (Figura II.19).

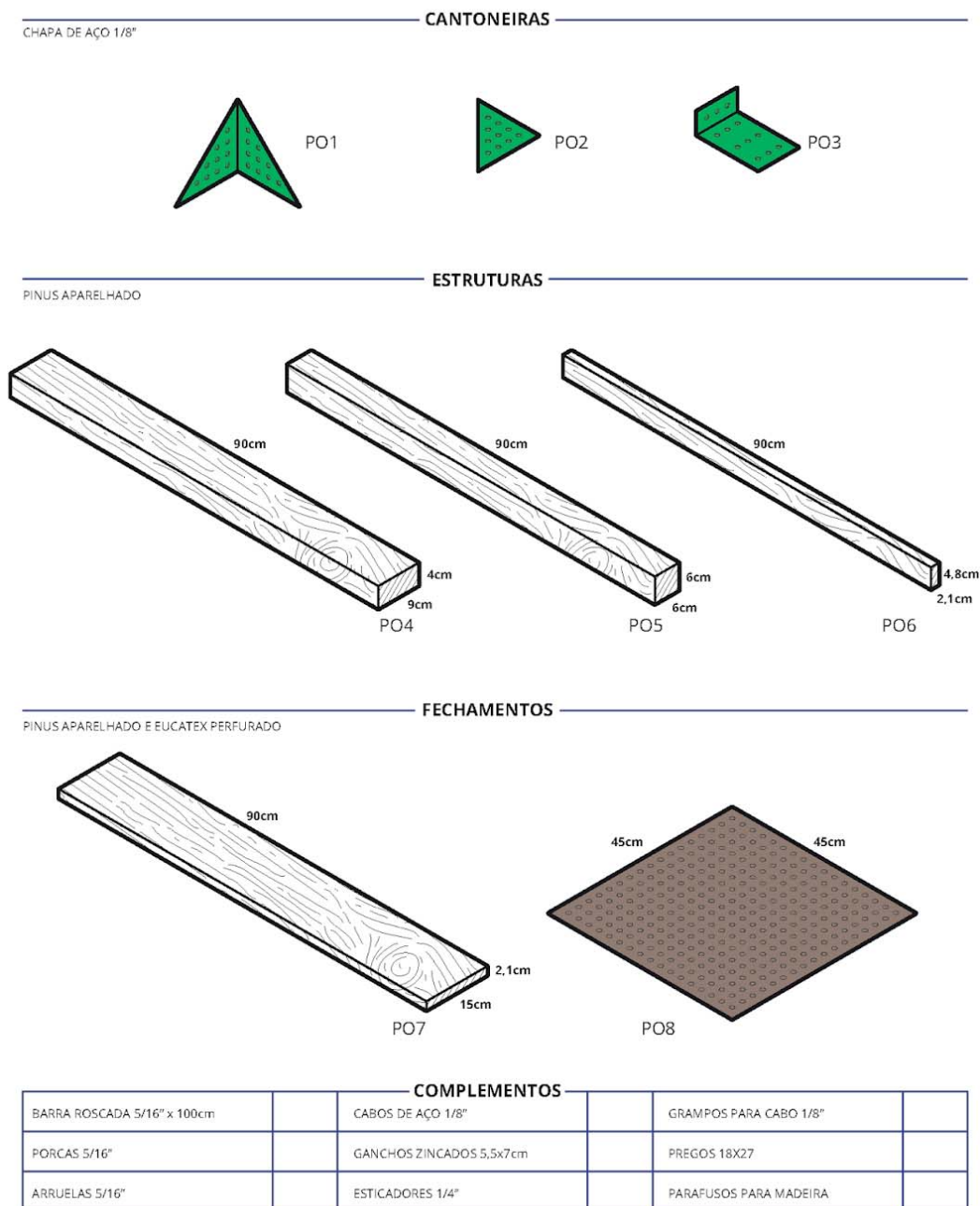


Figura II.19 Kit Construtivo Básico
 Imagem: Projeto Micro-Arquiteturas v.2

No âmbito da construção, partindo dessas “partes” trabalhamos com mais dois níveis de organização: um conjunto de receitas de “blocos” já planejados (exemplos na Figura II.20) e as “micro-arquiteturas” resultantes. Um dos “blocos” mais simples pensado previamente foi um banco, e na Figura II.21 podemos ver claramente a utilização e combinação das “partes”.

Nessa organização, embora uma determinada “micro-arquitetura” não precise incorporar nenhum “bloco” predefinido, ela ainda pode abrir um caminho contrário onde a divisão de um resultado específico poderia alimentar a lista dos “blocos” modulares.

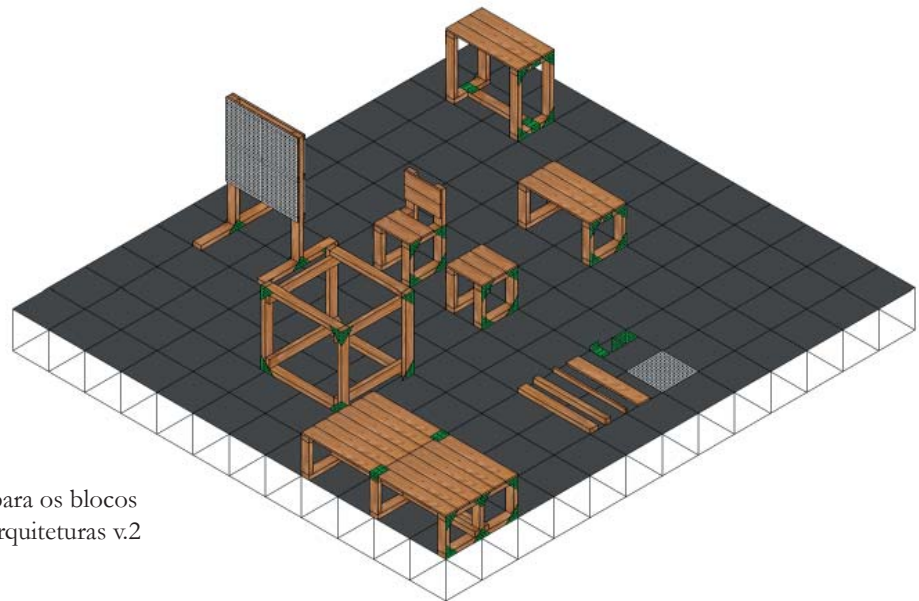


Figura II.20 Proposta para os blocos
Imagem: Projeto Micro-Arquiteturas v.2

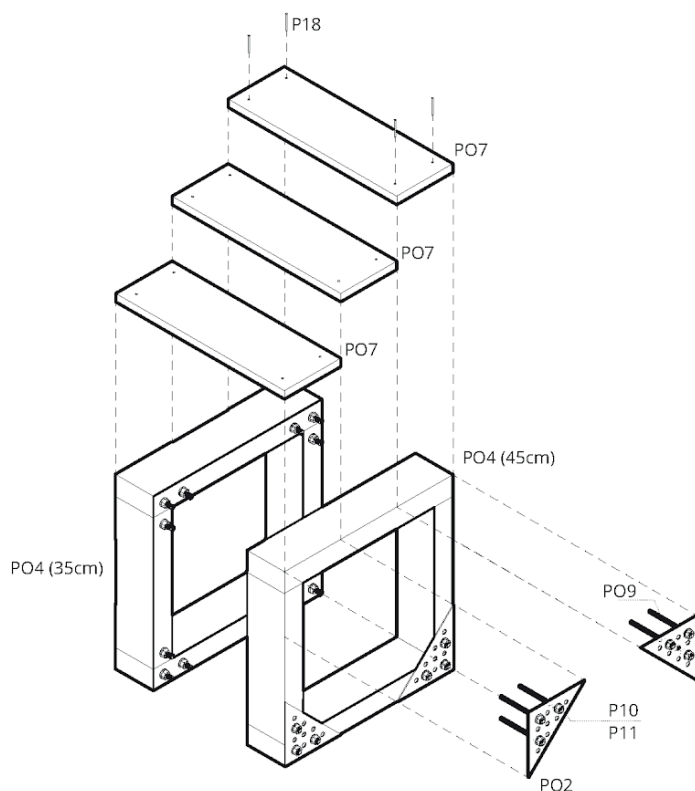


Figura II.21 Esquema de uso dos conectores em uma unidade de mobiliário
Imagem: Projeto Micro-Arquiteturas v.2

II.2.1.2 Explorações e Sistematizações - elaborando as dinâmicas e o jogo

Como já foi apontado, o processo de pensar as dinâmicas que posteriormente organizamos dentro da etapa “explorações” partiu da intenção de engajar as pessoas, além de envolver o corpo no processo, colocando-o em contato com o espaço. Nesse caminho nos aproximamos não só da ideia de brincadeira como cogitamos utilizar mecânicas de diversas brincadeiras infantis. Logo nos primeiros encontros falamos sobre trabalhar em torno de exemplos como “rouba bandeira”, “alturinha” (pega-pega de nível), “pega-pega corrente”, etc. Já possuindo algumas experiências anteriores nessa linha, Ana, Marllon e Larissa se responsabilizaram em explorar e desenvolver mais essas possibilidades.

Considerando o Micro-Arquiteturas v.2 como um sistema que fosse além do evento pontual da Bienal, nos propusemos registrar todas as dinâmicas pensadas em forma de fichas - e para isso precisaríamos definir alguns parâmetros para diferenciar propósitos, contextos e outras variáveis. Além disso queríamos que essas dinâmicas pudessem ser apresentadas como receitas culinárias, onde temos indicações de tempo, porções, ingredientes e quantidades, mas que cada pessoa que utiliza adapta e faz a sua maneira.

Depois de uma orientação com o Prof. Cabral, decidimos conceber e organizar todas as “explorações” de acordo com os seguintes parâmetros principais: a) relação do indivíduo com ele mesmo; b) do indivíduo com o outro, e; c) do indivíduo com o mundo.

No domínio das “sistematizações” nos propusemos, além de desenvolver um jogo, trabalhar com cartas, já que estas trariam um aspecto modular para essa etapa do projeto. Uma das primeiras referências foi o jogo “House of Cards” desenvolvido pelo casal Eames em 1952. Nesse jogo - já abordado anteriormente - as cartas possuem imagens coloridas e estimulantes, como também pequenos cortes nas laterais que possibilitam a conexão entre elas e a consequente criação de estruturas tridimensionais.

Seguindo os mesmos princípios desenvolvemos um conjunto de cartas com fotos diversas ilustrando elementos e características espaciais. A existência de cartas em branco do mesmo tamanho foi pensada para garantir a incorporação de novos elementos a partir dos inputs dos participantes da oficina. No primeiro protótipo esse conjunto recebeu os mesmos cortes da referência mencionada, com o intuito de que as combinações entre elas criassem um objeto especializado. Não que essa tridimensionalização buscasse uma representação formal de uma estrutura posterior, nossa intenção era construir uma espécie de programação dessa estrutura, um “meta-projeto” que informaria quais relações no espaço seriam as mais importantes.

Outro conjunto de cartas menores também foi pensado como parte do jogo. Essas definiriam as ações que cada jogador poderia realizar sobre o baralho anterior durante uma partida. Nesse caso pensamos nas ações de adicionar, remover ou modificar as cartas já inseridas na partida do jogo.

Os primeiros testes de jogabilidade durante a elaboração desse jogo mostraram que as conexões espaciais não estavam funcionando bem com mais participantes, para o nosso propósito. As estruturas criadas eram instáveis - o que impossibilitava as ações que pensamos - e além disso, as cartas escolhidas não ficavam bem visíveis para todos os jogadores posicionados em círculo.

A alternativa de trabalhar com uma disposição na mesa, quase como dominós, solucionou essa questão. Trabalhamos com objetivos espaciais diferentes para cada jogador (ex. um espaço para festa, ou para leitura, para descansar) que, no caso da oficina, deveriam emergir das atividades de exploração. A tensão entre objetivos contrastantes trazia diversão para o grupo e ao mesmo tempo demonstrava como elementos diferentes podiam satisfazer, ou não, diferentes atividades.

A ideia de trabalhar com as cartas de ações foi inspirada na teoria dos operadores de design modular de Baldwin e Clark (2000) e conseqüentemente na teoria mais ampla dos sistemas complexos adaptativos de Holland (1992). Um desdobramento dessa inspiração foi a adição de uma última etapa ao jogo - pensada para aumentar o grau de complexidade.

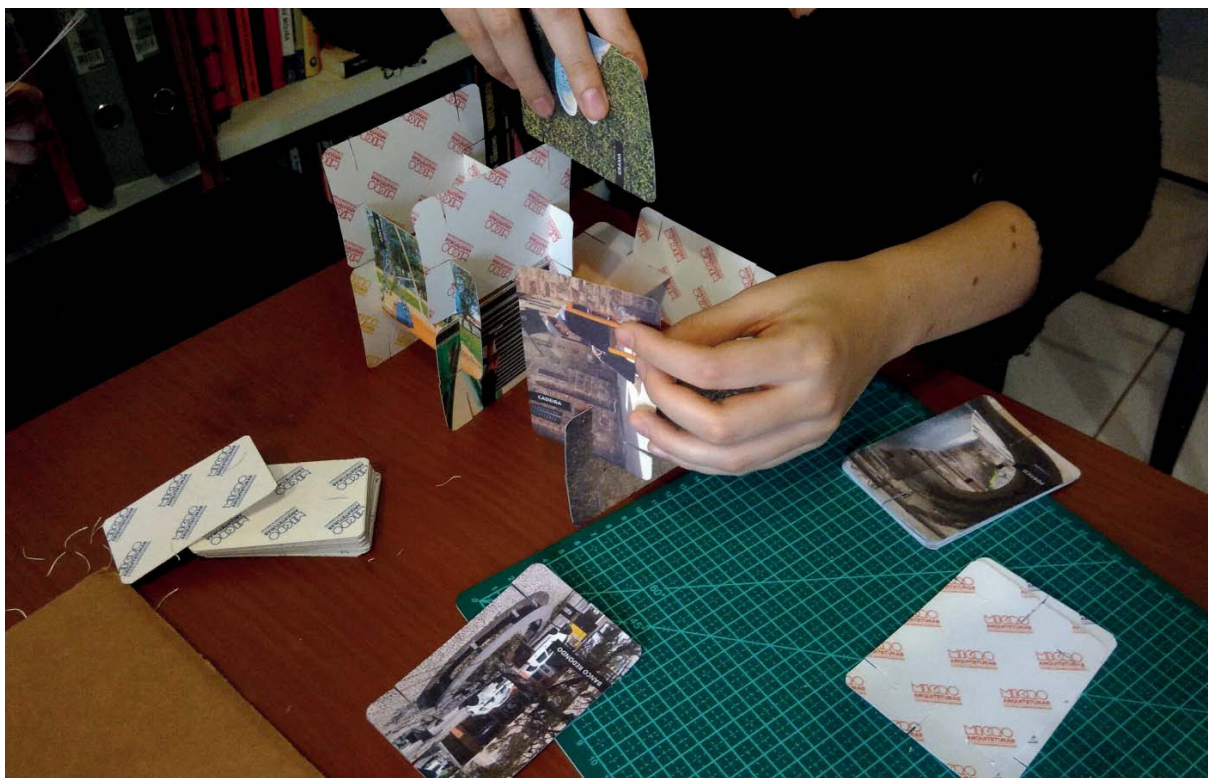


Figura II.22 Testes de desenvolvimento do jogo - sistema de encaixes
Imagem: Acervo pessoal

A proposta era que, e com a disposição final das cartas já definida os jogadores poderiam fazer comentários e qualificar os elementos ali representados com dois tipos de fichas: uma verde que dava um valor positivo, e uma vermelha, que correspondia a um valor negativo. A configuração resultante desse jogo revelaria então, a rede de relações entre as ações desejadas para o espaço e que deveriam ser consideradas na construção das estruturas.

As regras completas para a dinâmica do jogo podem ser encontradas no Apêndice II dessa tese



Figura II.23 Testes de desenvolvimento do jogo - cartas usadas como dominós e peças qualificadoras
Imagem: Acervo pessoal

II.2.2 Análise da proposta final

A proposta completa do Micro-Arquiteturas pode ser compreendida como uma estrutura modular, onde um sistema maior contém subsistemas que se relacionam entre si, porém, preservando certa autonomia.

Assim, cada etapa ou nível pôde ser desenvolvido e pode ser analisado de forma independente, pois a lógica interna deles não afeta a organização do sistema maior. Essa separação também garante a possibilidade de adaptação ou evolução (HOLLAND, 1992) (BALDWIN; CLARK, 2000) da proposta como estratégia e ferramenta de projeto e intervenção - ainda que, claro, não desviando do seu escopo original, de contexto e objetivos (ex. como ela foi pensada não se aplica na escala de uma edificação)

Com o que foi apresentado podemos desenhar um diagrama da estrutura desse sistema que engloba pequenos sistemas. Na Figura II.24 “exploração”, “sistematização” e “construção” correspondem às etapas de uma ação desenvolvida a partir do sistema. Dentro de “exploração” temos uma variedade de dinâmicas - entre elas as que realizamos, as que já foram elaboradas mas não utilizadas e aquelas que poderão ser desenvolvidas no futuro (do D1 até Dx). Dentro de “sistematização” temos o jogo que foi desenvolvido e utilizado na oficina (J1) e um espaço de possibilidades para outros jogos ou outras formas de alcançar o mesmo fim (Jx aqui representa essa abertura). A etapa “construção” configura um outro tipo de sistema, já que aqui lidamos com um aspecto material. Dentro dela temos o Kit Construtivo Básico que desenvolvemos (K1) e, assim como nas outras etapas, um campo para futuros desenvolvimentos de outras proposta assim como variações. Dos kits de partes são derivados mais dois níveis que podem ou não se relacionar: os “blocos” de estruturas simples pré-definidas e as “micro-arquiteturas” resultantes de uma ação contextualizada. Assim como as “micro-arquiteturas” podem utilizar receitas “de blocos” já pensados, elas podem também ser criadas diretamente das partes e eventualmente alimentar a base de “blocos” com novas receitas de estruturas.

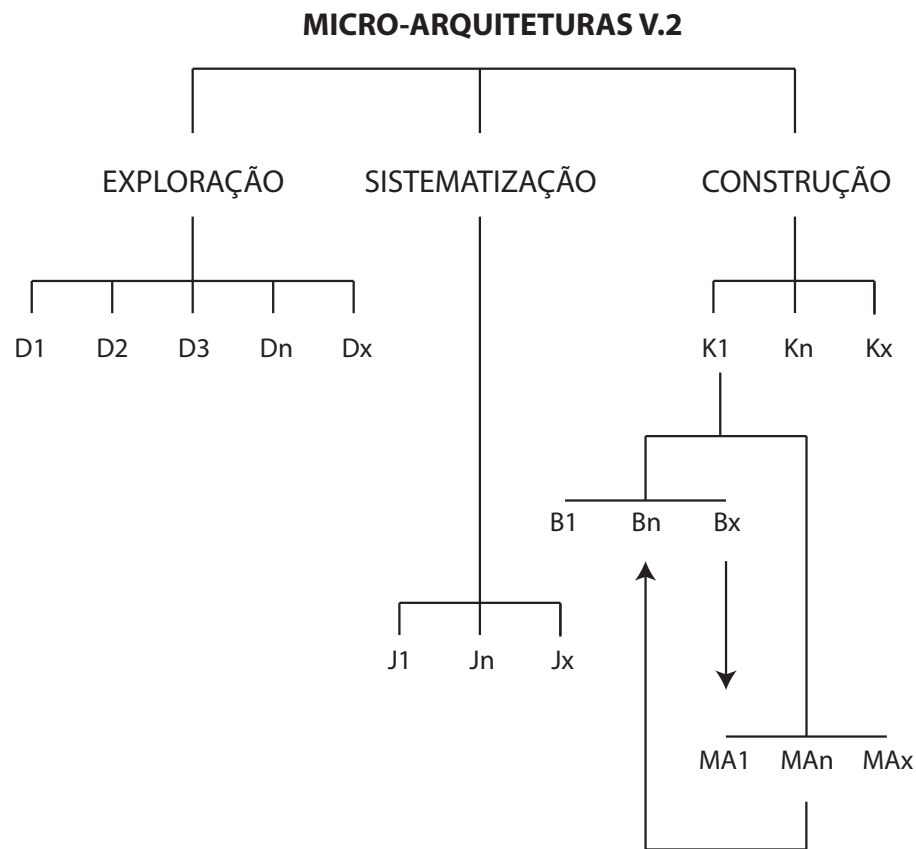


Figura II.24 Diagrama sistema Micro-Arquiteturas V.2

Legenda: D= Dinâmica; J= Jogo; K= Kit; B= Bloco; MA= Micro-Arquitetura;

n= um dado número do conjunto e x= último número do conjunto tende ao infinito

Imagem: elaboração da autora

II.2.3 Relato da oficina Micro-Arquiteturas na Bienal de São Paulo

Chegamos (Diego e eu, Erica) em São Paulo quinta-feira (30/11/17) e nos hospedamos na casa de outros dois membros da equipe (Paula e Romullo). Na sexta-feira (01/12/17) de manhã, Romullo acompanhou Diego e eu até a ocupação 9 de julho para conhecermos o local e as pessoas envolvidas. Conhecemos o espaço externo planejado para nossa intervenção e a moradora Danielle, a marcenaria da ocupação e o marceneiro responsável Ronaldo, a coordenadora do Movimento Sem Teto do Centro (MSTC) Carmem e outros espaços comuns do prédio ocupado que foi uma antiga sede do INSS - a sala de reuniões que abrigava uma das exposições da Bienal e o espaço do antigo almoxarifado do prédio, que viria abrigar uma biblioteca e brinquedoteca no futuro próximo. Aproveitamos a tarde livre na cidade e no período da noite repassamos (Diego, Paula, Romullo e eu) as atividades do dia seguinte, finalizando também três tabuleiros para os jogos da oficina (placas quadras de papelão revestidas com papel contact preto).

Os outros membros do grupo chegaram em São Paulo no sábado pela manhã - Ana e Marllon vieram de ônibus e Larissa e Gabriel vieram de carro trazendo ferramentas e as cantoneiras que foram produzidas em Contagem-MG. Nos encontramos todos na ocupação “9 de julho”, por volta das 9h da manhã para começar o primeiro dia da oficina (02/12/17) .

A ocupação estava bastante movimentada, pois havia outros eventos agendados para aquele sábado. Havia um grande grupo de voluntários apoiados pelas tintas Coral que estava lá para pintar uma quadra esportiva próxima ao lugar inicialmente designado para nossa intervenção. Apesar de todo o movimento ninguém parecia estar ali para participar propriamente da nossa oficina - que também tinha sido divulgada com dois horários diferentes, por Diego às 9h e por Romullo às 10h - e precisamos contornar esse problema.

Depois de algum tempo a Ana, a Larissa e o Marllon começaram a conversar com algumas crianças moradoras da ocupação (e seus responsáveis) para convidá-las a participar da oficina. Pediram também para que estas crianças que aceitaram o convite chamassem seus amigos para participar também. Ao mesmo tempo nós - Diego, Romullo, Gabriel e eu - estávamos na marcenaria tentando repensar a organização da oficina. Esse foi o período mais tenso, já que não sabíamos o que seria possível fazer sem os participantes que esperávamos.

Nesse momento decidimos começar a construção de um módulo simples (um pequeno banquinho) para testar o sistema de cantoneiras (Figura II.25). Pensamos também que poderíamos trabalhar com o espaço da biblioteca e brinquedoteca no lugar o espaço externo para o qual havíamos nos preparado inicialmente. A coordenadora do movimento Carmen tinha nos deixado bem a vontade no dia anterior para que trabalhássemos com qualquer espaço e o marceneiro Ronaldo também nos incentivou a escolher o lugar mais adequado para intervenção.



Figura II.25 Resultado final do primeiro módulo construído
Imagem: Marllon Morais (DENTRO Fotografia)

Pensamos que sem uma grande participação das crianças e moradores, a construção de alguns módulos para a brinquedoteca seria mais interessante pela possível generalidade. Um dos inconvenientes foi que a equipe responsável pela pintura da quadra se ampliou de alguma forma (na verdade não sabemos como funcionou a organização desse grupo) e estava também se preparando para pintar o espaço da biblioteca.

Conversamos com as moças que estavam no espaço e elas garantiram que não haveria nenhum problema do nosso grupo trabalhar ali também. Uma delas até perguntou se precisávamos de alguma ajuda e, quando falamos que precisávamos de mais participantes (especialmente crianças), ela se prontificou em contactar os moradores. Por fim, com isso e com o contato anterior que a Ana, Larissa e Marllon fizeram com alguns meninos mais cedo, outras crianças e alguns adultos finalmente apareceram para participar da oficina (Figura II.26).

Assim que, com algum tempo de atraso, por volta das 11h, a Larissa deu início às dinâmicas corporais (Figura II.27) que havíamos planejado. Além de alguns de nós, das crianças e demais moradores, algumas das moças que estavam envolvidas com a pintura do espaço também participaram. Na verdade não tivemos uma participação contínua em todas atividades - algumas crianças participavam de uma, saíam, depois voltavam, outras só chegaram mais tarde, outras pessoas começaram e depois foram fazer outras atividades, etc.



Figura II.26 Algumas criança participantes da oficina no espaço da Biblioteca/Brinquedoteca
Imagem: Romullo Fontenelle (FLAGRANTE Fotografia)



Figura II.27 Primeiro dia da oficina - Dinâmicas iniciais
Imagem: Romullo Fontenelle (FLAGRANTE Fotografia)

A primeira dinâmica feita foi uma atividade de apresentação de cada um, onde uma pessoa falava seu nome e fazia um gesto “representativo” e as demais repetiam tanto o nome quanto o gesto da pessoa que havia se apresentado (ajudando assim tanto a “quebrar o gelo” e como a memorizar o nome dos participantes). Isso se repetiu com todos os que estavam na roda mas, como não estávamos em muitos, acabou rapidamente. Na sequência começamos a segunda dinâmica que buscou aproximar todos revelando características diferentes e em comum entre os participantes. Com a Larissa guiando a atividade, direcionando o foco com perguntas gerais, cada um livremente (sem ordem preestabelecida) falou sobre coisas que gostava e desgostava de fazer na cidade, com amigos e assim por diante. Aqueles que concordavam se moviam para a mesma linha da pessoa que fez a afirmação (ou, se fosse o caso de já estarem posicionados, permaneciam em seu lugar). Já aqueles que discordavam se dirigiam ou ficavam em uma posição oposta formando assim uma linha de oposição. Posições intermediárias também eram possíveis.

Depois desse momento de conhecimento e apresentação verbal passamos para atividades mais exploratórias com o corpo no espaço. Guiados pela Larissa, todos passaram a caminhar pelo espaço da biblioteca, em certos momentos nos aproximando dos limites e paredes, ou desenhando formas com a cabeça no teto, ou agachados, com um pé só no chão... e assim sucessivamente. Depois iniciamos dinâmicas de interação entre os participantes onde um tentava se manter afastado de outro escolhido secretamente, andando rápido porém não correndo e tentando não revelar a pessoa que se deveria manter longe. Um nível a mais foi adicionado quando outra pessoa precisava ser escolhida secretamente, agora para se manter perto. A dificuldade e possível “incoerência” da atividade (eu poderia escolher uma pessoa para me manter longe e essa mesma pessoa poderia me escolher para se manter perto) tornou a situação muito divertida e deixando todos mais próximos e relaxados ao mesmo tempo que exploravam as possibilidades daquele espaço. Outra atividade foi feita em pares, onde uma pessoa era guiada pelo seu companheiro enquanto ficava de olhos fechados e tentava identificar o espaço dessa forma - por exemplo, onde estavam localizadas as janelas (mesmo de olhos fechados a luminosidade ainda é perceptível).

Todas essas dinâmicas iniciais tinham sido planejadas anteriormente como dinâmicas de exploração espacial. Para dar sequência a nossa oficina, e adentrar na etapa de sistematização, todos sentaram no chão e começamos um “brainstorm” de atividades possíveis para aquele espaço: o que as crianças e os moradores gostariam que acontecesse ali? Todas as ideias que surgiram foram anotadas. Entre elas apareceram, “festa de aniversário”, “ler”, “brincar de pega pega”, etc.

Como todas essas ideias em pequenos papéis demos início a etapa do jogo de tabuleiro (Figura II.28). Como havíamos planejado, as notas feitas a partir desse brainstorm se tornaram fichas de objetivos para o jogo para pensar uma estrutura para o espaço. Porém, muitas coisas não esperadas também surgiram no processo de jogar e acabaram sendo incorporadas.



Figura II.28 Primeiro dia de oficina - Jogo com as crianças da ocupação
Imagem: Romullo Fontenelle (FLAGRANTE Fotografia)



Figura II.29 Primeiro dia de oficina - Produção das estruturas
Imagens: Erica Mattos e Marllon Morais (DENTRO Fotografia)

Um exemplo foram os desenhos feitos em giz no tabuleiro preto. Embora nossa proposta não fosse trabalhar com uma representação espacial diretamente relacionada com a planta do espaço, depois das dinâmicas corporais as crianças decidiram demarcar as prateleiras de concreto e as janelas da sala⁴ para guiar onde eles gostariam de localizar elementos e atividades.

Depois que terminamos o jogo fizemos uma pausa para o almoço. O período da tarde, assim como os dois períodos do dia seguinte foram dedicados quase exclusivamente a produção das estruturas (Figura II.29) de acordo com as possibilidades que surgiram nas conversas durante e após o jogo. As escolhas não visaram suprir apenas necessidades objetivas, mas também potencializar o imaginário das crianças que esperavam um espaço tanto para estudar e descansar, como para brincar e fazer festas.

Além disso, como algumas crianças que estavam de manhã continuaram no espaço dos eventos à tarde, separamos o jogo para elas brincarem mais um pouco mais despretensiosamente (Figura II.30). Elas gostaram tanto que depois que saímos elas continuaram brincando sozinhas ainda por um bom tempo.

⁴ É interessante perceber que esses elementos foram desenhados como símbolos, longe do que seria uma representação “correta” em planta-baixa.



Figura II.30 Primeiro dia da oficina - nova rodada do jogo
Imagens: Marllon Morais (DENTRO Fotografia)



Figura II.31 Primeiro dia da oficina - Montagem dos módulos definidos e algumas estruturas construídas
Imagens: Erica Mattos e Diego Fagundes

Como resultado concreto no final do primeiro dia haviam sido construídos com o sistema (Figura II.31): um primeiro cubo de teste - da altura e largura de um banquinho individual - e duas estruturas tipo “banco de praça” - que permitiam acomodar até três pessoas sentadas por exemplo.

Durante o domingo (03/12/17) algumas estruturas diferentes foram construídas (Figura II.32 e Figura II.33). Uma das crianças que havia participado as atividades do dia anterior continuou acompanhando o trabalho na marcenaria, e trouxe sua avó, que também mora na ocupação, para ver o progresso das estruturas. Dois módulos um pouco maiores além de dois pequeno tablados baixos foram montados, com o intuito de oferecer espaços e planos diferentes para as crianças.

Uma parte do grupo decidiu trabalhar com cordas que tínhamos disponíveis para complementar a estrutura mais alta, tecendo um balanço e construindo uma escada marinheiro com degraus feito de ripas. Na outra estrutura, tábuas foram usadas para fazer um assento com encosto na quina do chão. As cantoneiras em L que ainda não tinham sido utilizadas serviram com pé para os tablados.

No final da tarde, quando as estruturas construídas durante o dia haviam sido finalizadas, transportamos elas da marcenaria até a sala da futura biblioteca e brinquedoteca. Lá, com todas juntas no espaço vazio, pudemos experimentar um pouco com as combinações. Ficamos felizes em perceber que as crianças logo começaram a brincar com as estruturas. Como encerramento, aproveitamos essas disposições espaciais e registramos o resultado do trabalho tirando algumas fotos com todos os envolvidos que estavam presentes naquele momento (Figura II.34).



Figura II.32 Segundo dia da oficina - Construção da estrutura com balanço feito de cordas
Imagens: Marllon Morais (DENTRO Fotografia)



Figura II.33 Segundo dia da oficina - Construção da estrutura com altura de mesa
Imagens: Marllon Morais (DENTRO Fotografia)



Figura II.34 Resultado final da oficina

Imagem: Marllon Morais (DENTRO Fotografia) e Romullo Fontenelle (FLAGRANTE Fotografia)

II.2.4 Depois da oficina

Antes de voltarmos para Belo Horizonte deixamos grande parte do material que não foi utilizado com o marceneiro Ronaldo, que disse que usaria algumas cantoneiras para complementar alguns projetos que ele estava trabalhando.

Como a oficina foi realizada na cidade de São Paulo, não pudemos acompanhar a transformação do espaço e como os moradores aproveitaram e transformaram o que foi construído durante aqueles dois dias. Romullo e Paula, que moram em São Paulo, visitaram a ocupação algumas vezes e nos informaram que viram algumas estruturas por lá. Graças aos registros cada vez mais numerosos nas redes sociais foi possível encontrar algumas fotos em que elas aparecem sendo usadas no espaço da atual biblioteca e brinquedoteca (Figura II.35).



Figura II.35 Estrutura maior e banco em uso na biblioteca e brinquedoteca - 2019.

Imagem: Abaixo, Coletivo Pipa ([instagram.com/coletivo.pipa/](https://www.instagram.com/coletivo.pipa/))

Acima, Toni Pires para ELPAIS (https://brasil.elpais.com/brasil/2019/07/05/politica/1562304011_256672.html)

APÊNDICE III

MICRO-ARQUITETURAS V.2

S01 ESTRUTURAS DE CARTAS

S01 - ESTRUTURA DE CARTAS



45 minutos



4 a 8 por grupo

O jogo é estruturado através de 5 categorias de elementos:

1. **Objetivos:** Fichas em branco preenchidas no início do jogo e que representam os objetivos a serem perseguidos por cada jogador.
2. **Elementos:** Representam elementos básicos e conhecidos do imaginário do espaço e são divididos em diferentes categorias indicadas por cores. Cada categoria engloba elementos que evocam sensações, características e qualidades diversas.
3. **Ações:** Representam as ações dos participantes sobre o sistema (espaço). De maneira simples, as cartas de ação indicam a forma como o participante poderá interferir na estrutura, adicionando novas cartas, retirando, movendo ou trocando.
4. **Qualificadores:** São fichas, nas cores verde e vermelho, introduzidas na etapa final do jogo como fichas que qualificam a estrutura resultante de acordo com os objetivos de cada jogador.
5. **Tabuleiro:** Espaço onde o jogo acontecerá, poderá conter elementos básicos do espaço.

REGRAS

1. Os participantes dividem-se em grupos de no máximo 8 pessoas.
2. Cada grupo recebe 1 baralho completo contendo fichas de objetivos, cartas de elementos, cartas de ações e qualificadores.
3. Um mediador (mesa) conduz um **brainstorm** para a definição de atividades e eventos que acontecem ou que poderiam acontecer no local. Todas as ideias são anotadas pela mesa nas **fichas de objetivos** e após a realização de escolha cega, cada jogador recebe uma ficha que deverá ser mantida em segredo durante a partida. O jogador deverá planejar suas ações no jogo de modo a se aproximar o máximo possível das condições para a realização de seu objetivo.
4. As **cartas de elementos** são dispostas na mesa com suas figuras voltadas para cima e empilhadas de acordo com sua categoria ou subcategoria.

5. As **cartas de ações** são embaralhadas e cada jogador receberá até 5 (o número pode ser reduzido para gerar partidas mais rápidas ou com mais jogadores). O restante será disposto em uma pilha com as figuras voltadas para baixo.
6. Um jogador iniciará o jogo ao baixar uma **carta de ação** “Adicionar”, que dará a ele o direito dispor um elemento à sua escolha na mesa de jogo.
7. A cada jogada uma ação é utilizada por um jogador e com isso ele poderá agir sobre a estrutura. Por exemplo, caso a ação seja “Adicionar”, ele poderá escolher uma nova carta de elemento da pilha e associar ao sistema. Caso seja “Retirar”, poderá escolher uma carta já disposta na mesa para remover. Caso seja “Mover”, poderá escolher uma carta já disposta para posicionar em outro lugar. A carta “Trocar” permite que se troque uma carta já disposta por outra ainda não utilizada. A carta “Coringa” permite que se escolha entre as ações anteriores e a carta “Troque seu objetivo” dá ao jogador o direito de escolher um outro jogador com o qual deverá trocar seu objetivo.
8. O próximo jogador no sentido horário deverá dar sequência ao jogo utilizando uma de suas ações. Caso não exista em sua mão uma ação desejável, o jogador poderá trocar de uma a três cartas de sua mão por cartas da pilha de ações e após isso deverá realizar sua jogada.
9. Quando não restarem mais ações possíveis aos jogadores, a partida entra no estágio de qualificação. Ou seja, cada jogador deverá qualificar até 3 elementos que julgar positivos e/ou negativos para a realização de seu objetivo oculto e apresentar as respectivas justificativas. Esse processo acontecerá em 3 rodadas. A banca deverá anotar as questões e observações feitas pelos jogadores.
10. Os jogadores poderão tentar adivinhar quais os objetivos ocultos uns dos outros. A composição resultante servirá de modelo para discussão do grande grupo e para a construção utilizando o sistema construtivo disponível.

DISCUSSÃO

- A discussão deverá ser conduzida de modo a incorporar as informações resultantes do jogo
- Procurar ir além da representação contida nas cartas
- Os jogadores procuraram cumprir apenas seus próprios objetivos ou perceberam outras possibilidades que poderiam ser interessantes?
- Possibilidade de criação de elementos que possam permitir diversos tipos de usos
- Possibilidade de combinação de elementos para a criação de novos
- Definir a posição no espaço dos diversos tipos de usos levantados durante a partida

APÊNDICE IV

LINHA DO TEMPO- BLOCOS DE MONTAR

* versão em maior escala no envelope na capa da tese

