

Marcus Vinicius A. F. R. Bernardo

Da produção industrial à convivencial:

Uma experiência com fabricação digital e compartilhamento na favela

Belo Horizonte
Escola de arquitetura da UFMG
2014

Marcus Vinicius A. F. R. Bernardo

Da produção industrial à convivencial:

Uma experiência com fabricação digital e compartilhamento na favela

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Teoria, produção e experiência do espaço

LINHA DE PESQUISA: Produção, projeto e experiência do espaço e suas relações com as tecnologias digitais

ORIENTADOR: Prof. Dr. José dos Santos Cabral Filho

Belo Horizonte
Escola de arquitetura da UFMG
2014

FICHA CATALOGRÁFICA

B518p

Bernardo, Marcus Vinícius Augustus Fernandes Rocha.

Da produção industrial à convivencial [manuscrito] : uma experiência com a fabricação digital e compartilhamento na favela / Marcus Vinícius Augustus Fernandes Rocha Bernardo. - 2015.

150f. : il.

Orientador: José dos Santos Cabral Filho.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura.

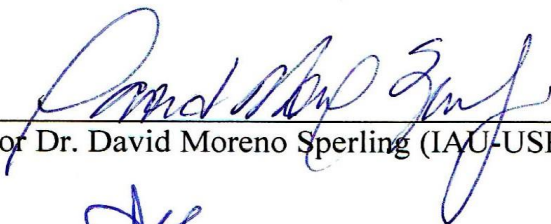
1. Arquitetura e tecnologia. 2. Economia Social. 3. Tecnologia da informação. 4. Cibernética. 5. Interação Social. I. Cabral Filho, José dos Santos. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Arquitetura. III. Título.

CDD 720.150

Dissertação 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 26 de novembro de 2014 pela Comissão Examinadora:



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



Professor Dr. David Moreno Sperling (IAU-USP São Carlos)



Professor Dr. Sandro Canavezzi de Abreu (FAU-UFU)

[...Um organismo deveria ser tão inteligente quanto seu ambiente, nem mais, nem menos...]¹

[...Mude o ambiente para seu oposto e cada pedaço de sabedoria se torna o pior da loucura...]²

Ross Ashby³

¹ Tradução livre de “An organism should be as intelligent as its environment — no more, no less”.

² Tradução livre de “Change the environment to its opposite and every piece of wisdom becomes the worst of folly”.

³ Aforismos colecionados pelo autor em cartões escritos à mão, disponível em: <http://www.rossashby.info/aphorisms.html>.

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais, José Manoel e Egidia Aparecida e aos professores José Cabral Filho, Ana Baltazar e Silke Kapp; ao estudante responsável pela organização dos mutirões Pedro Mirágua, e todos aqueles que participaram deles; ao estudante responsável pela elaboração do último protótipo da máquina, Ricardo Hanyu, e todos aqueles que participaram; aos moradores e ativistas do Morro das Pedras responsáveis pela parceria para a pesquisa-ação, Marcos Horácio e Patrícia Vieira; à cinegrafista responsável pelas visitas à *North Station Tool Library*, Judith Lombardi; e aos colegas de mestrado, Guilherme Arruda, Leandro Magalhães e Carina Guedes. A participação dessas pessoas foi essencial para o delineamento, desenvolvimento e conclusão dessa pesquisa.

RESUMO

BERNARDO, Marcus Vinicius A. F. R. Da produção industrial à convivencial. Uma experiência com fabricação digital e compartilhamento na favela. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais, 2014. (Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo).

Esta pesquisa investiga as possibilidades do uso da fabricação digital em arquiteturas produzidas através de sistemas de produção que não o da indústria da construção, buscando compreender o problema em relação ao conceito de variedade, especialmente como abordado pela cibernética (ASHBY, 1956). A premissa inicial é de que o desenvolvimento da arquitetura de massa, que no Brasil se baseia predominantemente na manufatura capitalista, tende a ter uma geração de variedade muito limitada, com soluções padronizadas e repetidas, devido principalmente ao fato deste sistema ser dividido em uma parte reprodutiva de larga escala e uma pequena parte decisória centralizada. Em suma, a baixa variedade se mostra resultado de uma mútua limitação entre a parte decisória e a reprodutiva, que por sua vez é fruto da concentração do poder de decisão. No entanto, como esta concentração é um elemento essencial do modelo produtivo de quem toma as decisões, o problema da variedade só pode ser tratado em suas ramificações secundárias. A existência de cooperativas que utilizam a mesma organização de trabalho da manufatura demonstra, porém, que a propriedade coletiva dos meios de produção não significa em si a adoção de um processo de trabalho mais dialógico e diverso. Neste sentido, os vários movimentos de colaboração e disseminação do conhecimento em rede, baseados nas tecnologias da informação e comunicação, apontam para novas possibilidades de reversão do processo de concentração do poder decisório que questionam tanto o conceito tradicional de propriedade, quanto a organização tradicional do trabalho (MASTNY et al, 2012). Uma das situações onde os problemas da baixa variedade industrial aparecem de forma extremada é na produção de moradias em favelas e comunidades onde um contexto de alta complexidade, tanto morfológico quanto de organização social, dificulta o uso de ferramentas e processos convencionais de projeto e de construção. Neste contexto, a fabricação digital parece ser uma resposta tecnológica interessante por lidar com flexibilidade e soluções não padronizadas, especialmente se considerarmos a possibilidade de serem produzidas a baixo custo de forma caseira e terem seu uso compartilhado pela comunidade por meio de oficinas comunitárias. Estas possibilidades são avaliadas por meio de uma pesquisa-ação, constatando que o primeiro passo para a reversão de tal controle é promover o diálogo, entre as tecnologias de ponta e as tecnologias de base, e não a aplicação de uma sobre a outra. As oficinas comunitárias se mostraram como potenciais ferramentas para promover este diálogo entre diferentes conhecimentos que encontram-se hoje divididos em diferentes classes sociais.

Palavras chave: Variedade; Fabricação digital; Autoconstrução; Economia Colaborativa.

ABSTRACT

This research investigates the possibilities of using digital manufacturing in architecture produced through production systems other than the construction industry, trying to understand the problem in relation to the concept of variety, especially as addressed by cybernetics (ASHBY, 1956). The initial assumption is that the development of mass architecture, which in Brazil is based predominantly in capitalist manufacture, tends to result in a very limited variety, of repeated and standardized solutions, mainly due to the fact that this system is divided into a reproductive part of large scale and a small part of centralized decision-making. In short, the low variety is the result of a mutual limitation between the operative part and the reproductive, which in turn is a result of the concentration of decision-making power. However, as this concentration is an essential element of the production model of the decision maker, the problem of the variety can only be treated on their secondary branches. The existence of cooperatives that use the same work organization in manufacturing demonstrates, however, that the collective ownership of the means of production does not mean itself the adoption of a more dialogical and diverse work. In this sense, the various movements of collaboration and dissemination of knowledge in networks, based on information and communication technologies, lead to new possibilities of reversing the concentrated decision making process that questions both the traditional concept of ownership, as the traditional organization of labor (Mastny et al, 2012). One of the situations where problems of low industrial diversity appear in an extreme form is the production of housing in slums and communities where a context of high complexity, both morphological as social organization, makes hard the use of industrial processes for design and construction. In this context, the digital manufacturing technology seems to be an interesting answer for dealing with flexibility and non-standard solutions, especially considering the possibility of being produced home at low cost and have shared use through community workshops. These possibilities are evaluated through action research, concluding that the first step to reverse centralized decision is to promote dialogue between the cutting edge technologies and core technologies, and not the application of one over the other. Community workshops are pointed as potential tools for promoting that dialogue between the different skills that are divided into different social classes.

Key words: Variety; Digital fabrication; self-building; Collaborative economy.

Lista de Ilustrações

Figura 1 Exemplo de um dos conceitos listados.....	19
Figura 2 Rede de implicações.....	20
Figura 3 Aglomerados de conceitos nomeados por seus conceitos centrais.....	21
Figura 4 Grupos reorganizados de maneira a evitar o cruzamento de linhas.....	21
Figura 5 Ciclos que a prototipagem oferece dentro de um processo de produção.....	26
Figura 6 Modelo básico de funcionamento de um sistema de controle.....	34
Figura 7 Os quatro tipos de processo quanto à dinâmica de variedade.....	37
Figura 8 As três posturas diante da complexidade.....	41
Figura 9 Esquema dos diferentes movimentos de divisão do trabalho.....	44
Figura 10 Esquema do fluxo de informação no canteiro de obra antes da perspectiva.....	46
Figura 11 Desenhos de Da Vinci que retratam as invenções de Brunelleschi.....	47
Figura 12 Sistema para visualização da perspectiva desenvolvido por Brunelleschi.....	47
Figura 13 O diálogo do arquiteto com o desenho e com o cliente por meio do desenho.....	48
Figura 14 Esquema de funcionamento da manufatura.....	50
Figura 15 Esquema do sistema de autorregulação do mercado por meio do preço.....	50
Figura 16 Esquema de reprodução da informação pela indústria.....	55
Figura 17 Máquinas de fabricação digital.....	56
Figura 18 A relação entre a variedade das máquinas.....	57
Figura 19 Processo de destruição e reconstrução da variedade.....	60
Figura 20 À mesa de Lynn sendo produzida.....	61
Figura 21 Captura de tela que ilustra o funcionamento matemático do software <i>Grasshopper</i>	62
Figura 22 Esquema de compressão visual da programação em um <i>Cluster</i>	63
Figura 23 Esquema de funcionamento das máquinas eletrônicas.....	64
Figura 24 O potencial dos softwares de <i>CAD</i> como ferramenta de diálogo.....	66
Figura 25 Processo linear de restrição sucessiva e a reciprocidade restritiva.....	66
Figura 26 O arquiteto como peça central de organização da informação.....	67
Figura 27 Inventário da <i>Station North Tool Library</i>	79
Figura 28 Janela de customização das categorias.....	79
Figura 29 Exemplo de gráfico do uso mensal das ferramentas.....	80
Figura 30 Espaço onde fica a biblioteca de ferramentas, logo na entrada da oficina.....	81
Figura 31 Espaço onde os usuários da oficina podem doar materiais de consumo.....	82
Figura 32 Quadro da reunião das redes de compartilhamento de Baltimore.....	83
Figura 33 Lista com os principais <i>sites</i> onde modelos são compartilhados.....	84
Figura 34 Modelo de funcionamento da <i>Wikihouse</i>	84
Figura 35 Exemplos de produtos com modelos disponíveis na internet.....	84

Figura 36 Orçamento de uma fresadora de três eixos.....	87
Figura 37 Esquema de movimentação dos eixos da máquina.....	89
Figura 38 Esquema mostrando as forças do giro imperfeito da barra linear.....	90
Figura 39 O problema da folga.....	90
Figura 40 Primeiro projeto da fresadora e seus componentes.	91
Figura 41 Segundo projeto da fresadora e suas peças.	92
Figura 42 Segundo protótipo da fresadora.	94
Figura 43 Sistema de movimentação por corrente.....	95
Figura 44 Catracas de bicicleta adaptadas utilizando peças cortadas a laser.....	96
Figura 45 À esquerda sistema de movimentação linear faça-você-mesmo.....	97
Figura 46 Terceira versão da fresadora.	97
Figura 47 Localização do aglomerado na cidade, da vila no aglomerado, e da casa na vila. ..	100
Figura 48 Espaço do grupo História em Construção.....	101
Figura 49 Casa adquirida pelos moradores com o dinheiro da indenização.....	101
Figura 50 À esquerda levantamento de medidas da casa.....	102
Figura 51 À esquerda galinheiro no segundo andar de uma residência.	103
Figura 52 Retratos da autoconstrução e seu papel cotidiano.....	104
Figura 53 Sistema tradicional de crescimento da cidade formal por meio de loteamentos.....	105
Figura 54 À esquerda madeira e canos emplilhados na casa de uma moradora.....	105
Figura 55 Esquema conceitual do processo de trabalho do auto-construtor.	106
Figura 56 Pedreiro autônomo que participou de um dos mutirões.....	108
Figura 57 Carroceiros saindo de uma URPV para buscar materiais descartados.....	111
Figura 58 Depósito de sobras da construtora Líder.....	112
Figura 60 Planta desenvolvida pelo pesquisador junto aos moradores.....	115
Figura 61 Projeto desenhado sobre o próprio espaço com giz.....	116
Figura 62 A descoberta do espaço vazio, entre a parede da sala e o muro de arrimo.....	116
Figura 63 Projeto preliminar.....	117
Figura 64 Projeto para a casa de emergência da Dona Tereza.	118
Figura 65 Materiais sendo coletados na rua lateral de uma construção na av. Raja Gabágliá	119
Figura 66 Moradores da vila carregando e descarregando materiais doados.	120
Figura 67 Processo de limpeza, deposição de entulho, sua compactação e concretagem.....	121
Figura 68 Amarração de estribos dobrados na obra.....	122
Figura 69 Processo de concretagem do pilar.....	122
Figura 70 Vigas de madeira feitas com <i>pallets</i>	122
Figura 71 Construção dos marcos das janelas.....	123
Figura 72 Batente da nova porta do banheiro fixado por concreto.	123
Figura 73 Argamassa sendo aplicada nas paredes e pilares durante os mutirões.	123

Figura 74 Processo de vetorização e organização dos retalhos de ladrilho.	124
Figura 75 Primeiras ideias para o sistema de vedação móvel a ser feito na casa.	126
Figura 76 Segunda ideia para o sistema de vedação móvel a ser utilizado na casa	126
Figura 77 Protótipo, cortado a laser	127
Figura 78 Protótipo da segunda ideia de fixadores por pressão para os painéis	128
Figura 79 Viga de concreto feita com molde de tecido portátl	129
Figura 80 Esquemas para construção de vigas com otimização de material.....	129
Figura 81 À esquerda esquema de troca entre as forças atuantes nas vigas.....	130
Figura 82 À esquerda esquema de viga modular de madeira atirantada. À direita esquema de viga treliçada atirantada com cabos de aço. Fonte: elaborada pelo autor.	131
Figura 83 Encaixes de plugar e desplugar	132
Figura 84 À esquerda estudo de esforços em treliça espacial.....	132
Figura 85 Sistema de treliças utilizado na construção da <i>Archery Hall</i>	133
Figura 86 Treliça espacial com escoras de 8x8cm engastadas em tábuas de <i>pallet</i>	134
Figura 87 Tentativa de execução de um protótipo da treliça espacial	134
Figura 88 Viga treliçada de tábuas de <i>pallet</i> articuladas por nós rotulados.	135
Figura 89 Protótipo de papel paraná de um sistema de treliças de tábuas de <i>pallet</i>	135
Figura 90 Uma das ideias de mobiliário flexível	136
Figura 91 Instruções de montagem para a construção da casa.	137
Figura 92 Construção das treliças da base e alinhamento dos postes de fundação.....	137
Figura 93 Fixando a estrutura treliçada nos postes de fundação e o piso nas vigas	138
Figura 94 Arcos montados uns sobre os outros para assegurar sua semelhança.....	138
Figura 95 Casa da Dona Tereza depois de parcialmente revestida de madeira.....	138
Figura 96 Voluntários do 2º Mutirão Solidário - Vila Antenas	141
Figura 97 Trabalho executado usando espátula e talhadeira pelo mesmo período de tempo .	142
Figura 98 Fluxo de informação imposto pela tecnologia de fabricação digital disponível	144
Figura 99 Sistema de fabricação digital adaptado.....	146
Figura 100 Edifício cedido para a construção da Oficina da Vizinhaça	148

Sumário

RESUMO.....	6
1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Fabricação Digital, na ponta da tecnologia industrial	12
1.2 Desenvolvimento da pesquisa	18
1.2.1 Opção metodológica	18
1.2.2 Delineamento: Rede de Implicações.....	19
1.2.3 Bibliografia consultada.....	21
1.2.4 Experimentos: Prototipagem	26
1.2.5 Pesquisa-ação.....	27
1.3 Estrutura da dissertação.....	28
2 A IMPORTÂNCIA DA VARIEDADE	31
2.1 Introdução à cibernética.....	31
2.2 Variedade e Controle: a busca por variedade	31
2.3 Controle e Circularidade: o Paradoxo do Controle.....	36
2.4 Três posturas diante do Controle.....	40
3 O SISTEMA INDUSTRIAL DE PRODUÇÃO E A REDUÇÃO DE VARIEDADE.....	42
3.1 Complexificação da sociedade por meio da divisão do trabalho	42
3.2 Capitalismo e a simplificação do trabalho na manufatura	45
3.3 O arquiteto renascentista e a manufatura na construção	46
3.4 O impacto da manufatura no mercado	49
3.5 Considerações à divisão do trabalho.....	52
3.6 Da divisão do trabalho para as ferramentas.....	54
3.6.1 A fabricação digital e novas possibilidades.....	56
3.6.1.1 Do software à forma.....	61
3.6.1.2 Da forma ao software.....	63
3.6.1.3 O uso industrial da fabricação digital	65
3.6.1.4 A rica rede e a pobre sociedade informática	68
3.7 Cooperativas parciais e a produção industrial sem capitalismo	70
3.8 Sumário e considerações à tecnologia de ponta: os perigos do pensamento linear	72
4 ESTRUTURAS PARA A LIVRE ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	73
4.1 Redes de compartilhamento e colaboração	73
4.2 Compartilhamento de ferramentas: <i>Tool Libraries</i>	77
4.2.1 Gerenciador de compartilhamento: <i>Local Tools</i>	78
4.2.2 <i>North Station Tool Library</i>	80
4.2.3 Contribuições da Fabricação Digital.....	83
5 DIÁLOGO ENTRE DIFERENTES REALIDADES: EXPERIMENTOS E PESQUISA-AÇÃO... 85	85
5.1 Experimento de produção de uma fresadora CNC de baixo custo	86
5.1.1 Primeira versão	88
5.1.1.1 Primeiro protótipo.....	92
5.1.2 Segunda versão	92
5.1.2.1 Segundo protótipo.....	93
5.1.3 Terceira versão	94
5.1.4 Como disponibilizar a informação.....	98
5.2 Pesquisa-ação no âmbito da favela.....	99

5.2.1	Características do contexto.....	99
	A casa e a família	99
	A vila e a comunidade.....	102
	A cidade e as instituições.....	110
5.2.2	Atuando como arquiteto e construtor no contexto da favela.....	114
	Projetando espaços	114
	Construindo e projetando construção	118
	Considerações à atuação como arquiteto e construtor no contexto da favela.....	139
5.2.3	Mutirões: canteiros convencionais.....	140
5.2.4	Adaptando a fabricação digital	143
5.2.5	Criando um espaço de compartilhamento de ferramentas.....	147
6	CONCLUSÃO	151
6.1	O diálogo para além da variedade e a convivialidade para além do diálogo	151
6.2	Conclusões e Apontamentos	154
7	REFERÊNCIAS.....	160

1 Introdução

1.1 Fabricação Digital, na ponta da tecnologia industrial

A problemática inicial que deu origem a esta dissertação foi a baixa diversidade produzida pela indústria da construção em relação à demandada pela sociedade. Esta baixa diversidade se refere principalmente à repetição em larga escala de plantas e acabamentos pelas construtoras. Este fenômeno pode ser observado em sua versão mais radical na construção de conjuntos habitacionais a partir de unidades idênticas. A baixa diversidade, porém, não se restringe a este exemplo: mesmo os edifícios de classe média alta obedecem aos padrões de construção de cada construtora, os quais não variam muito, tendo sua diversidade limitada pela recombinação de uma paleta de soluções muito restrita. A baixa diversidade muitas vezes é maquiada dando-se diferentes nomes e utilizando diferentes mobiliários para simular a diferenciação de ambientes iguais. De piores consequências é o caminho de, ao invés de variar a produção, oferecer a maior diversidade possível de ambientes dentro dos apartamentos padrão. O que surge são ambientes superespecíficos e apertados que não possibilitam qualquer variação de uso. (KAPP, 2009).

O problema da baixa diversidade é que os moradores, tanto de classe média alta como de classe baixa, têm uma oscilante diversidade de necessidades que os edifícios produzidos pela indústria não conseguem atender. Para a classe média alta, mesmo pagando mais caro por mais opções de apartamentos, são recorrentes os gastos extras para a troca de revestimentos e alterações na planta, assim como o uso de ar condicionado para solucionar incômodos ambientais. Já para as classes mais baixas, o custo por vezes é um fator que dificulta modificações, necessitando meios alternativos como a auto-construção ou a contratação de mão de obra não qualificada para solucionar a questão. Portanto enquanto a consequência da baixa diversidade de edifícios é facilmente redirecionada pela classe média alta para o contexto material e social das cidades, respectivamente sob a forma de lixo⁴ e de

⁴ Uma pesquisa do Sindicato da Indústria da Construção Civil de São Paulo (Sindusconsp) levantou a porcentagem de resíduos da construção civil dentre os resíduos urbanos gerados em dez cidades paulistas entre 1995 e 2003, apresentando resultados entre 50 a 70%. Destes resíduos, 75% eram oriundos de construções informais. Porém, é importante citar que segundo estudo da FGV utilizando dados de 2003, 60,8% da construção civil no Brasil era realizada de maneira informal.

aumento da carga de trabalho⁵. Para a classe baixa as consequências recaem também sobre si, gerando problemas sociais como o sobretrabalho e a má qualidade da habitação. E ainda, para aqueles da classe baixa que não tem acesso a soluções alternativas, as consequências da baixa diversidade têm que ser absorvidas, resultando, por exemplo, em dificuldades de convivência e insustentabilidade financeira. Portanto, apesar da economia de tempo e de materiais empregada na construção racionalizada da indústria da construção, diversos problemas provenientes de sua baixa variedade são externalizados e recaem sobre a sociedade.

A variação de soluções tem um custo alto dentro da indústria da construção, o que demanda desde a inexistência de qualquer variação até a existência de variações muito limitadas, dependendo de quanto poderão pagar os futuros moradores. Este é um dos fatores que contribui para que a indústria da construção tenha um papel limitado no cenário brasileiro, predominando a auto-produção. Algumas construtoras tentam acomodar uma maior variedade de compradores oferecendo a opção de pagar uma taxa extra para escolher, por exemplo, o tipo de revestimento do piso de seus apartamentos. Porém, restringem as escolhas a um tipo de material, como a cerâmica, e a uma faixa de tamanhos das peças. A restrição é necessária porque uma variação grande na dimensão das peças ou no tipo de revestimento necessitaria maior variedade de profissionais para sua execução. Estes funcionários, mesmo que terceirizados, gerariam maior carga de gerenciamento e menor controle sobre o cronograma da produção. Da mesma maneira, o custo da variação aumenta por diversos outros motivos: especialização das ferramentas, especialização dos trabalhadores, especialização do sistema de gestão, especialização dos projetos, entre outros.

Devido à baixa capacidade de variação da produção na indústria da construção, o arquiteto tem ali uma atuação muito restrita. As sucessivas restrições do projeto pelos critérios de incorporadores, publicitários, corretores, engenheiros, etc, leva a uma sobreposição de regras engessadora⁶. Para o arquiteto que se tornou um especialista em projetos, sem

⁵ Todo o trabalho de construção e demolição das vedações e revestimentos originais feitos pela indústria da construção, que poderia ser evitado, é um trabalho improdutivo que recai sobre a carga total de trabalho necessária ao funcionamento da sociedade.

⁶ A exemplificação deste processo na cidade de Belo Horizonte pode ser encontrada no artigo: Arquitetura, indústria da construção e mercado imobiliário, Ou a arte de construir cidades insustentáveis. (MACIEL, 2013).

conhecimento das outras etapas da construção nem qualquer habilidade de gerenciamento, a indústria se torna a única opção de trabalho. Porém, devido ao cenário de acentuada auto-produção no Brasil, muitos arquitetos de conhecimento mais diverso ainda trabalham com equipes pequenas de trabalhadores autônomos, tendo uma maior liberdade de produção para produzir casas personalizadas ou personalizar apartamentos de origem industrial. Esta possibilidade, porém, vem diminuindo. Devido à simplificação e fragmentação do trabalho e à criação de dependência em equipamento específico promovida pela indústria, é cada vez menor o número de pedreiros capazes de realizar trabalhos adequados de maneira autônoma, e maior o número de serventes ou especialistas que dependem da estrutura industrial para produzir adequadamente. A reprodução de mão de obra fracionada implica que a realização de um empreendimento simples exija uma vasta quantidade de profissionais (FERRO, 1976), desta maneira, dificulta o surgimento de alternativas à produção de escala. Portanto, nos países onde a indústria domina o mercado da construção, a atuação de arquitetos de maneira independente fica seriamente limitada.

A solução apontada por Branko Kolarevic para os arquitetos, diante deste contexto de engessamento e pouca importância de seu trabalho na indústria, é que utilizem novas tecnologias para controlar diretamente a produção, ganhando independência criativa da organização produtiva da indústria (KOLAREVIC, 2003). Entre estas tecnologias, aponta como principal componente a fabricação digital, uma tecnologia que possibilita imprimir diretamente sobre a matéria, usando braços robóticos, a informação de modelos digitais com os quais muitos arquitetos já vêm trabalhando desde os anos 80. Para os arquitetos que projetam utilizando softwares de CAD⁷, esta tecnologia permite que ganhem maior controle sobre o processo de produção, vinculando sua liberdade de criação aos limites destas máquinas e não aos limites oferecidos pelos métodos construtivos de que dispõe a indústria da construção. A indústria da construção trabalha com materiais padronizados, que pouco tem de informação sobre o edifício, fazendo necessária uma complexa organização da produção para que trabalhadores parciais, os quais também tem pouca informação sobre o edifício, consigam construí-lo. O diferencial da fabricação digital, neste aspecto, é que cada componente da construção pode receber diretamente informações sobre a forma do edifício, elaboradas pelo arquiteto e sua equipe, desta maneira diminuindo a dependência da forma na coordenação do

⁷ A sigla CAD, de *Computer Aided Design*, é utilizada para descrever processos de projeto auxiliados por softwares específicos para estes fins. Estes softwares são chamados softwares de CAD.

trabalho no canteiro. Sendo assim, a fabricação digital vem sendo utilizada para a produção de novas formas sob o controle direto do arquiteto, não necessariamente sem a participação de construtoras, mas sem que elas determinem o processo construtivo. Porém, é importante situar a entrada da fabricação digital não no campo da construção em geral, mas no campo da produção restrita⁸ de arquitetura. Esta tecnologia, portanto, se insere como estratégia de alguns arquitetos para produzir uma arquitetura industrial de elite, diferenciada da arquitetura industrial manufatureira limitada pelo trabalhador homogêneo.

O discurso estratégico que surge como uma iniciativa do arquiteto para recuperar seu poder de criação, também toma formato ideológico para que seja adotado pelos demais envolvidos no campo da produção restrita. Segundo David Harvey, mudanças dentro de um modo de produção dialogam, em diferentes graus, com todas as esferas de atividade da sociedade, inclusive as concepções mentais (HARVEY, 2011). Em 2003 foram expostos em Paris os trabalhos de arquitetos de várias nacionalidades que se embasavam nas novas possibilidades dessa tecnologia para desenhar e construir seus projetos. Esta exposição marcou a entrada do movimento por uma arquitetura não padronizada como importante elemento na pauta da arquitetura digital (SASS, OXMAN, 2006). O movimento se opõe firmemente ao paradigma da padronização modernista, porém não para defender a diversidade que existe nos meios de produção não industriais, como a autoconstrução e o artesanato. O foco da crítica é tecnológico, apontando a baixa variedade como resultado de técnicas de projeto e produção. Acredita-se que integrando melhor o processo de projeto, por meio do compartilhamento de um mesmo modelo digital por todos os envolvidos na construção, não se fariam mais necessárias as padronizações, pois tudo poderia ser projetado em consonância. Somando-se a isto a relativa facilidade das máquinas de fabricação digital variarem sua produção, em comparação aos trabalhadores e ferramentas especializadas da manufatura, propõe-se que cada peça da construção seja customizada para atender o intuito da equipe. O adjetivo “único” torna-se o elemento central do discurso por variedade. A diversidade de usos e funções torna-se acessória diante da diversidade de elementos construtivos que possa conformar formas extravagantes e únicas. A partir de um discurso ideológico e uma base filosófica, os defensores da nova arquitetura afirmam a diferença e a superioridade da

⁸ O campo da produção restrita é aquele que produz somente para a cultura dominante, servindo como elemento de diferenciação entre alguns indivíduos e a massa. O campo da produção de massa, por sua vez, produz bens simbólicos para todas as classes. (STEVENS, 2003).

construção produzida com peças únicas sobre aquelas produzidas com materiais padronizados.

Sendo assim, o paradigma da diversidade surge, intencionalmente ou não, como embasamento ideológico para que se adaptem as concepções mentais de uma população à mudanças na estrutura de produção e consumo, assim como fez o paradigma da padronização no início da industrialização da moradia. A teoria modernista do tipo surgiu sob o *slogan* de que existia a necessidade de se utilizar a produção industrial em massa na recuperação das cidades após a segunda guerra mundial. A padronização seria uma necessidade técnica da automação industrial para se baratear a produção, provendo ambientes saudáveis e limpos para as pessoas de todas as classes sociais. Dessa forma, os estudos de tipologia buscavam entender as necessidades da vida humana e categorizá-las. Fruto destas pesquisas foi a teoria da casa mínima, um tipo derivado das necessidades encontradas cientificamente para as necessidades do morador padrão da modernidade (GÜNEY, 2007). A partir da criação de um modelo ideal, a repetição passou de necessidade a qualidade. Por meio destes mecanismos justificou-se ideologicamente a superioridade da produção industrial sobre a produção artesanal pelo viés da economia, por supostamente ser mais produtiva, e da filosofia, por reproduzir perfeitamente o modelo ideal.

A padronização promovida pelo movimento modernista é criticada por John Turner em seu livro "*Housing by people: towards autonomy in building environments*" (1977). Porém o foco da argumentação de Turner é muito diferente do foco do movimento por uma arquitetura não padronizada. O assunto da argumentação de Turner é o papel do governo na solução dos problemas de habitação. Normalmente o governo provê casas padronizadas aos usuários, mas por mais que estas casas sejam flexíveis, elas nunca conseguem acomodar as necessidades de tantos usuários diferentes. Turner propõe como solução que ao invés de produzir casas, o governo dê suporte para que os moradores controlem a produção de suas moradias. Turner demonstra como a centralização do poder de decisão é o grande problema na produção de diversidade, o que não necessariamente muda com a utilização de novas tecnologias.

O movimento por uma arquitetura não padronizada, por sua vez, critica a repetição e a baixa diversidade da manufatura, porém se limita à tecnologia utilizada, não tocando nas limitações de uma organização centralizada, hierárquica e especializada sendo reproduzida. Isto se deve ao fato de que a produção de novas formas pelo circuito de "arquitetos estrela", não necessariamente utiliza uma estrutura diferente da industrial, recorrendo muitas vezes a

uma hierarquia de decisões, desde o arquiteto autor aos anônimos técnicos em programação e CAD⁹, que muito lembra a hierarquia do canteiro (ARANTES, 2012). Portanto, o discurso da customização surge, antes que para prover mais diversidade no campo da construção, para promover a necessidade de uma nova tecnologia de alto capital na produção de uma arquitetura que se diferencie do restante. Dentro do contexto industrial do século XXI este método não é quantitativamente mais efetivo que a manufatura (SASS, OXMAN, 2006), mas o que assegura sua utilidade, e logo sua lucratividade, é a variedade de novas formas de edifícios que pode produzir. Estas novas formas são lucrativas por vários motivos, mas principalmente porque se destacam e atraem visitantes virtuais e turistas (ARANTES, 2012) entediados do contexto urbano uniforme produzido pela indústria de massa. Curiosamente o mesmo efeito de renda sobre a forma é explorado em algumas favelas do Rio de Janeiro, é chamado favela tour.

Como visto, sessenta anos após o auge modernista o discurso muda e, tendo a indústria da construção uma maneira de variar a produção, a diversidade passa a ser novamente uma virtude. Mesmo que esta virtude ainda seja um privilégio de uma classe dominante, os defensores da customização em massa defendem que a fabricação digital lentamente será incorporada à indústria da construção. O que não se sabe é se a customização em massa, a partir de uma estrutura centralizada, vai conseguir produzir a variedade necessária para responder aos reais problemas de seus usuários, ou vai somente criar produtos diferenciados para a distinção entre classes. Não se sabe também se esta customização será capaz de atender a uma ampla diversidade de contextos sociais, geográficos, entre outros, ou produzirá variedade, por um lado, a partir da homogeneização de seu contexto, por outro, como faz a indústria automobilística. É aparente nas obras da exposição de Paris em 2003, assim como em outras recentes, o potencial da fabricação digital para a produção de uma nova diversidade formal no campo da arquitetura. Porém, na maioria das obras utilizam-se materiais padronizados, como chapas homogêneas de compensado. Utiliza-se um regime de trabalho padronizado, que separa o projeto das etapas de construção. São construídas sobre terrenos planos, em contexto simplificado ou no contexto padronizado da cidade formal. E, principalmente, não incorporam o usuário como um produtor, gerando uma

⁹ CAD, do inglês: *Computer aided design*, é o processo de projetar com o auxílio de softwares específicos para este fim.

diversidade mais ligada às intenções de autopromoção do arquiteto do que às necessidades dos usuários.

Porém, carecem estudos sobre a aplicação da fabricação digital para a construção em outros contextos sócio-econômicos que não o da produção de arquitetura restrita. Não se sabe se o contexto de baixa diversidade é uma necessidade determinada tecnicamente pela ferramenta sobre a produção ou se é fruto de determinações sócio-econômicas. Tampouco se sabe se existe alguma relação de dependência desta tecnologia em algum modelo sócio-econômico ou se esta pode incorporar a diversidade em um sentido mais amplo, incorporando também a diversidade que existe nos fenômenos de diferentes naturezas envolvidos na habitação, como diferentes tipos de organização do trabalho, modelos econômicos e contextos urbanos. Portanto mostra-se necessário, para avaliar o potencial da fabricação digital em responder à diversidade, que se analise a relação que existe entre as determinações tecnológicas e as determinações sócio-econômicas envolvidas no processo produtivo, e o papel da centralização do poder de decisão nestas relações.

1.2 Desenvolvimento da pesquisa

1.2.1 Opção metodológica

Esta é uma pesquisa aplicada com intuito de gerar soluções específicas para um problema em questão. Porém, também é uma pesquisa básica porque busca refletir metodologicamente sobre as ações tomadas em busca de contribuir para a sistematização mais abstrata e universal do conhecimento. Seu enfoque é qualitativo, mesmo que ampare-se em recursos estatísticos em alguns momentos. As técnicas utilizadas na pesquisa foram o levantamento bibliográfico, a pesquisa experimental e a pesquisa-ação.

Basicamente o método da pesquisa pode ser separado em quatro momentos não necessariamente consecutivos: 1) observar e criticar o sistema de produção industrial, o que foi feito indiretamente utilizando-se levantamento bibliográfico; 2) observar e criticar hipóteses e ações atuais para a construção de alternativa a esse sistema com emprego de fabricação digital, o que foi feito também indiretamente por meio de levantamento bibliográfico de estudos de caso; 3) fazer a construção experimental de uma máquina de fabricação digital de baixo custo com objetivo de verificar a hipótese de que a fabricação digital não precisaria necessariamente de um contexto de alto capital, como uma empresa, um estado ou uma

cooperativa, para ser viável, desta maneira podendo contribuir para a descentralização industrial; 4) realizar uma pesquisa-ação no sentido de viabilizar o uso da fabricação digital no contexto da favela e avançar na verificação das hipóteses de construção de alternativas ao sistema industrial de produção.

1.2.2 Delineamento: Rede de Implicações

Na fase decisória inicial foi utilizado um método nomeado “Rede de Implicações” para ajudar no delineamento da pesquisa. O objetivo deste método foi representar as linhas tênues que conectavam os conceitos dispersos na pesquisa inicial buscando a problematização e formação de uma linha forte de pesquisa. Este método é uma simplificação do “*Entailment Mesh*”, um esquema de representação do conhecimento criado pelo ciberneticista Gordon Pask na tentativa de modelar a natureza dinâmica do aprendizado. A simplificação foi necessária porque o método original necessitava de uma definição muito trabalhosa de cada conceito representado¹⁰. Sendo assim, numa versão mais fluida o método simplificado foi apresentado pelo orientador sob a forma de um exercício a ser feito em três etapas:

Primeiro foram listados sessenta conceitos ligados à ideia inicial da pesquisa. A segunda etapa foi pensar, para cada conceito, em dois conceitos que combinados o implicassem e outros dois conceitos que dele pudessem ser implicados. As implicações por vezes não eram óbvias, portanto foram adicionados comentários explicativos a estas definições (figura1).



Figura 1 Exemplo de um dos conceitos listados. Fonte: elaborada pelo autor.

O último passo foi conectar as definições entre si por meio dos conceitos que tinham em comum. Como todas elas tinham algum conceito em comum entre si formou-se ao fim uma só definição grande, como um mapa. Ao fim alguns dos conceitos tiveram mais conexões entre si,

¹⁰ Pask buscava um esquema que permitisse também à máquina construir conhecimento, o que implicava que as construções fossem totalmente explícitas e sem ambiguidades.

os miolos, e outros tinham poucos pontos de conexão com os demais, as pontas. Os que tinham mais de seis conexões foram circulosados para melhor visualizar o que seriam, talvez, os assuntos principais da pesquisa (figura 2).

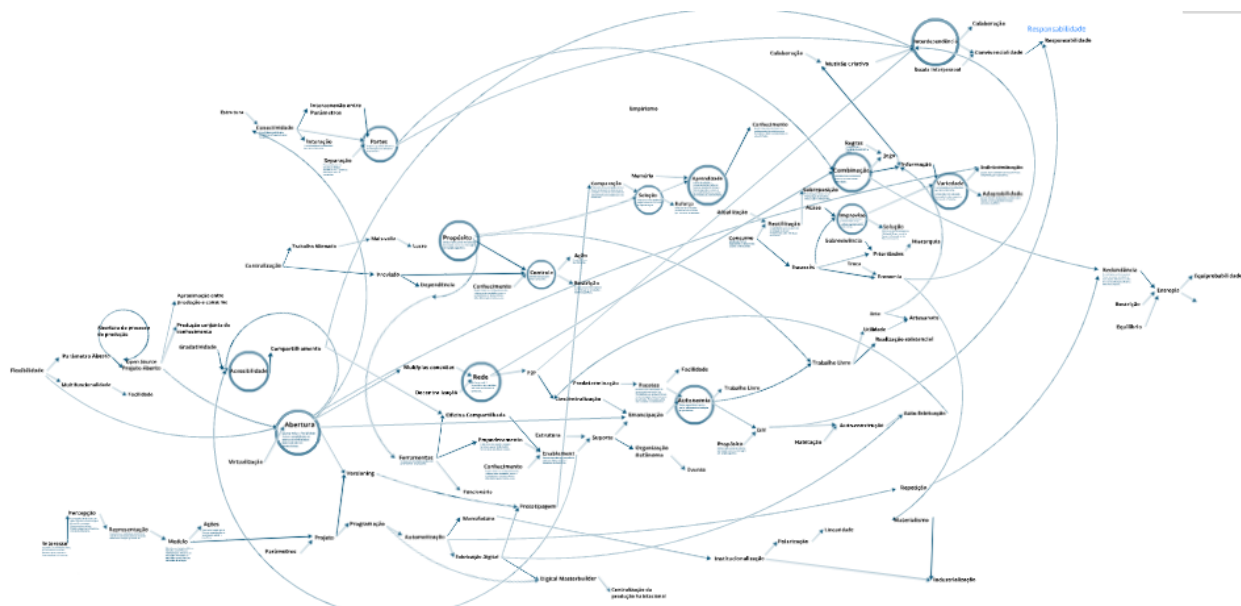


Figura 2 Rede de implicações. Fonte: elaborada pelo autor.

A rede foi sistematizada circunscrevendo temáticas para as principais aglomerações de conceitos, desta maneira foi obtido um mapa com os aglomerados e suas conexões (figura 3). Para diferenciá-los cada um foi nomeado com o nome do conceito central dentro dele. A intenção de agrupar teve também o intuito de facilitar a tarefa de posteriormente desembaraçar o mapa e visualizar melhor a informação. Posteriormente a rede foi organizada evitando cruzar os fluxos, para melhor visualizar a informação, e foram colocados em paralelo os conceitos utilizados pelos diferentes autores para tratar cada temática (figura 4). Nas ligações entre as temáticas foram endereçados quais são os conceitos que fizeram aquela ponte, de maneira a esclarecer a origem da conexão.

A construção dessa rede de implicações primeiramente problematizou e abriu caminhos para a pesquisa, em segundo lugar construiu um sentido que englobava todas as questões retratadas por cada conceito, e em terceiro lugar elucidou as diferenças, contradições e complementações entre os conceitos utilizados pelos autores que haviam sido estudados até aquele momento. Desta maneira surgiram as linhas iniciais de uma pesquisa não baseada na perspectiva de um ou outro autor, mas com as contribuições relevantes de cada um deles para a temática central.

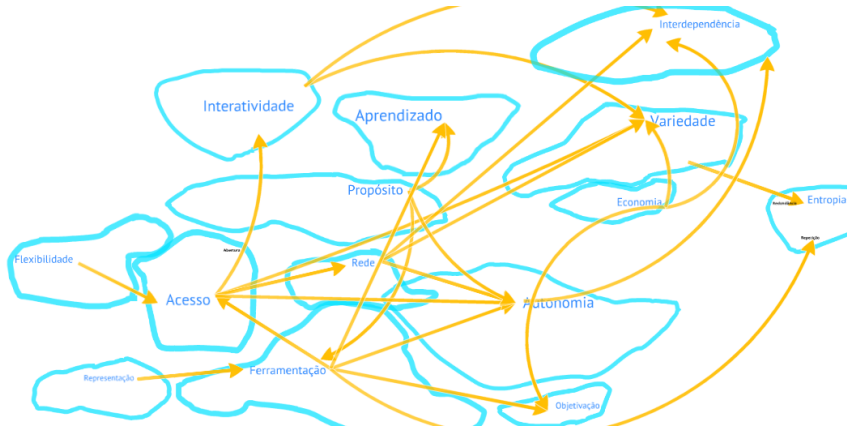


Figura 3 Aglomerados de conceitos nomeados por seus conceitos centrais. Fonte: elaborada pelo autor.

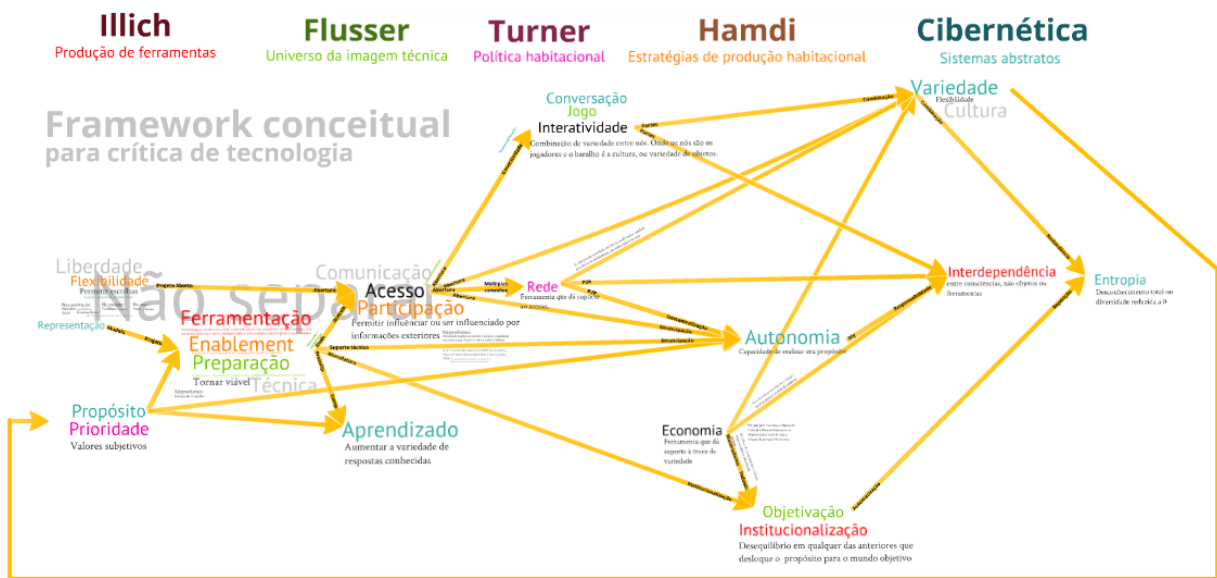


Figura 4 Grupos reorganizados de maneira a evitar o cruzamento de linhas. Fonte: elaborada pelo autor.

1.2.3 Bibliografia consultada

Como apontado na primeira seção, a problemática original desta dissertação foi a baixa diversidade produzida pela indústria da construção em relação à diversidade demandada pela

sociedade. A abordagem inicial consistia em criticar a técnica de projeto renascentista¹¹ como a responsável por esta baixa diversidade e estudar possibilidades para sua superação com utilização de outras técnicas. Identificava-se como limitação tecnológica do desenho representativo renascentista a necessidade de fragmentação do fluxo de informação, o que não permitia incorporação de mais informações durante o processo construtivo. Via-se como possibilidade de superação do projeto renascentista a utilização de técnicas de projeto digitalizado que possibilitassem o diálogo direto entre projeto e construção. Estes pontos baseavam-se na abordagem de Branko Kolarevik em “*Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing*” (2003), onde defende que utilizando-se da fabricação digital o arquiteto poderia superar a representação renascentista e incorporar a construção novamente, se tornando um “*digital master-builder*”. Esta discussão inicial é enriquecida pela discussão sobre a influência do desenho técnico sobre o processo de trabalho, conduzida por Sérgio Ferro em “O canteiro e o Desenho” (1982).

Tanto Ferro como Kolarevic apontam o desenho como limitador da produção arquitetônica. Porém, enquanto Kolarevik admite este como a origem da limitação, de caráter técnico, Ferro vê o desenho como instrumento de limitação, denunciando sua origem social. A leitura de Ferro denuncia que o trabalho é fracionado por meio do desenho de maneira que o construtor não tenha domínio de todo o processo de produção, mas somente de um curto processo que isolado é inútil, assim depende do arquiteto para construir. Fica evidente que este sistema de produção dividido prejudica a diversidade do que sabem produzir os trabalhadores parciais, mas Ferro não aponta os efeitos secundários disto sobre a diversidade do que pode ser produzido em geral. O trabalho de Pedro Arantes, “Arquitetura na era digital-financeira: desenho, canteiro e renda da forma” (2012), seguindo a linha de Ferro, descreve o processo de trabalho na fabricação digital de grande escala para arquitetura. Arantes argumenta que nestes casos toda a informação construtiva é desenvolvida por uma equipe de especialistas da construção em diálogo fluido, porém a fragmentação se mantém entre eles e os construtores. Estes últimos só auxiliam as máquinas a funcionar e montam suas peças que só se encaixam

¹¹ A separação do processo de concepção e construção na arquitetura por meio do desenho prescritivo do trabalho teve uma grande guinada no renascimento com a utilização da perspectiva. Na produção arquitetônica medieval, a concepção se aproximava mais da construção, em um processo cíclico. A evolução das técnicas de desenho aumentou a capacidade de prescrever a forma e de armazenar prescrições sobre a forma, em oposição à prescrição e proscricção verbal diária, sobre planos pouco determinados, utilizada no período medieval para se controlar o canteiro. Este processo será visto em maior detalhe na seção 3.3.

de uma maneira. Assim, Arantes mostra que a fabricação digital pode ser utilizada para reforçar a estrutura de controle hierárquico do projeto renascentista sobre a construção, somente substituindo suas ferramentas. Isto leva à conclusão não apenas de que a fabricação digital realmente pode incrementar a diversidade da produção industrial na arquitetura, mas também que este aumento é inexpressivo perante os outros limitantes da produção industrial, como, por exemplo, a organização do trabalho voltada sempre ao fluxo unidirecional de informação, com intuito de criar dependência.

Karl Marx facilita a compreensão da origem social do intuito de criar dependência que existe na indústria, apontada por Ferro. Em “O capital” (1867), Marx aponta que a origem social desta tentativa de controle por dependência está no capitalismo. A baixa diversidade seria um efeito colateral da tentativa do capitalista de submeter as pessoas à dependência de seu capital, os meios de produção de que é proprietário. Arantes corrobora tal visão de maneira interessante quando afirma que Kolarevic ao confiar na fabricação digital para tornar o arquiteto um *digital-master-builder* e sair do cargo de mero funcionário da indústria, tenta centralizar sobre esta profissão os meios de produção de que todos dependem, assim como fez o criticado arquiteto da representação renascentista. A abordagem de Pierre Bourdieu, em “A distinção: crítica social do julgamento”(1979), mostra que o capital tem muitas formas e, como exemplifica esta luta entre construtora e arquiteto, pode transitar entre suas formas econômica e cultural, entre outras. Além dos problemas levantados no trabalho de Ferro e Arantes, Marx adiciona os efeitos colaterais da centralização capitalista sobre a diversidade também na economia. Nela resultam em desequilíbrios de vários graus na oferta e na demanda, o que é um processo ruim para a diversidade do que é produzido em geral, justamente porque sobram bens de um tipo e faltam bens de outros.

A propriedade coletiva e de livre acesso, por meio das cooperativas, é uma maneira de substituir a propriedade privada dos meios de produção, o que eliminaria a origem deste problema, o capitalismo¹². Ivan Illich, por sua vez, aponta em “La convivencialidad” (1974) que a baixa diversidade e muitos outros problemas tecnológicos enfrentados pela sociedade são resultados de ferramentas desenvolvidas além do limite da convivência. Para Illich o termo ferramentas abrange desde as mais primitivas, como um martelo, às mais complexas, como o

¹² O tema das cooperativas na construção civil é abordado por Cristiano Bickel, em sua tese: “A construção civil na economia social: proposições à cultura produtiva autogestionária”.

sistema de transporte, abrangendo também as instituições e todo seu aparato de funcionamento, como o direito, a medicina, a educação, etc. Segundo Illich, a industrialização é resultado de um erro comum, claramente presente na medicina e no sistema de transporte, de tentar resolver seus problemas internos utilizando seu próprio superdesenvolvimento, saindo assim da escala da convivência e entrando na escala industrial. Esta escala é caracterizada por uma inversão onde as ferramentas deixam de servir e passam a ser servidas. Esta situação industrial se assemelha à de prisioneiros em países ricos, que tem acesso a mais produtos e serviços que seus familiares em liberdade, porém não podem dizer nada sobre como as coisas devem ser feitas. Este direito de que os prisioneiros são privados Illich chama de convívio. Portanto, o problema sequer se restringe a ferramentas sob controle de uma minoria, mas sim a ferramentas fora de controle. A propriedade coletiva destes meios seria o primeiro passo para adquirir a responsabilidade e o poder para mudar um sistema de produção falho. A sugestão de Illich para lidar com este problema é que, antes de se tentar desenvolver mais uma ferramenta para resolver seus próprios problemas, seja feita uma pesquisa de contraprova que verifique sua pertinência social, e se for preciso, que seja dado um passo atrás em seus fundamentos. Esta afirmação reforça a importância de se dar um passo atrás em relação ao uso da tecnologia industrial, mesmo nas iniciativas que buscam modos de produção alternativos ao capitalismo. Mostra-se mais importante reestruturar a tecnologia de produção para uma mudança mais profunda, que promova o convívio ao lado da eficiência.

O potencial da fabricação digital em promover uma descentralização industrial por meio de unidades de produção flexível e de baixo capital é abordado por diversos autores contemporâneos, que apontam várias vantagens deste processo para a diversidade. Entre eles foi dada atenção especial a Kevin Carson, que aborda esta descentralização como possível desarticuladora do capitalismo em "*The Homebrew Industrial Revolution: A Low-Overhead Manifesto*" (2010). Carson conta como a descentralização dos meios de comunicação inviabilizou a regulação da propriedade intelectual e favoreceu o compartilhamento livre de informação e o surgimento do movimento *open source*. Aponta, então, que a fabricação digital pode trazer este movimento para o mundo material por meio da produção descentralizada.

Diferentes respostas para a determinação do problema da diversidade são formuladas entre os autores, algumas olhando para a tecnologia, outras para a economia, outras para a organização do trabalho e outras para a escala da produção. David Harvey em "o enigma do capital: e as crises do capitalismo" (2011), contribui para a conciliação destas diferentes perspectivas quando, exemplificando a partir de alguns casos, delineia sete esferas de

atividade humana que codeterminam-se na evolução de sua totalidade sociológica. Harvey admite que as esferas têm diferentes pesos em diferentes momentos da história, mas demonstra que desconsiderar sua dialética em razão de teorias monocausais é um tipo de simplificação que contribuiu para o fracasso de muitas tentativas de mudar o funcionamento delas. Explica também que o descompasso causado por mudanças em alguma destas esferas gera contingências, tensões e contradições que, se tiverem força suficiente perante as outras esferas, podem levar à adaptação e nivelamento da totalidade sociológica em um novo patamar. Porém, é inevitável o surgimento de centros de resistência. A contextualização dialética da tecnologia com as outras esferas de atividade também é abordada por Andrew Feenberg em seu texto, "*Ten paradoxes of technology*" (2010) de maneira que reforça os argumentos de Harvey. As abordagens destes dois autores evidenciam a dependência da fabricação digital em algumas características do contexto da mecanização em série, de mesma maneira que a mecanização em série se apoia sobre o contexto produzido pela manufatura.

A compreensão de movimentos que transpassam as diferentes esferas de atividade descritas por Harvey é dificultada pelo desenvolvimento de diferentes linguagens pelos campos especializados em estudar cada uma destas esferas. Da mesma forma é difícil expressar estas ligações de maneira compreensível. Neste sentido, a linguagem utilizada no campo da cibernética, acessada por meio dos textos de Francis Heylighen (2001), Ranulph Glanville (1997) e Ross Ashby (1956), busca uma simplificação que permita teorizar sobre o funcionamento e a interação de sistemas em geral. Tal linguagem é aplicável a qualquer tipo de sistema, seja no campo de estudos da biologia, da sociologia ou da economia, possibilitando a compreensão de características em comum nos fenômenos de diversas naturezas estudados por estes campos. No campo da cibernética o conceito que corresponde ao de diversidade é chamado de variedade e tem um papel central na interação entre sistemas. Assim, a cibernética contribui com ferramentas que podem ser usadas para conectar os vários aspectos que determinam o processo de produção da arquitetura.

1.2.4 Experimentos: Prototipagem

O método de prototipagem foi utilizado para a elaboração de novas soluções construtivas durante a fase de pesquisa-ação e também para a produção de uma máquina de fabricação digital de baixo custo a partir de conteúdo disponível na internet¹³.

A prototipagem é uma técnica de pesquisa cíclica, essencialmente construtivista, que se baseia na ação sobre um objeto voltada ao conhecimento progressivo deste objeto. O objetivo da prototipagem de um objeto é construir conhecimento sobre ele mais que obter sua utilidade, o que não exclui a obtenção de ambos. Este método de pesquisa experimental cíclica permite avançar sobre a incerteza teórica que existe sobre as probabilidades abrindo caminho para a inovação. A prototipagem pode ser exemplificada na prática pela estratégia de verificar o comportamento de um mecanismo novo por meio da produção de partes dele, ou da sua produção em escala reduzida ou ainda em material de teste, entre outros. Utilizando estas diferentes estratégias, verificou-se que: quanto menor o ciclo de verificações construtivas do projeto por meio da prototipagem; maior o número de correções que podem ser feitas durante a produção (figura 5). Essa prática leva a um resultado mais satisfatório e mais adequado à lógica de produção utilizada.

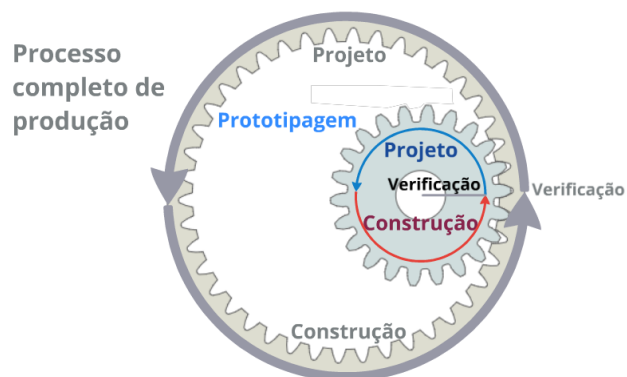


Figura 5 Esquema dos ciclos que a prototipagem oferece dentro de um processo de produção. Fonte: elaborada pelo autor.

¹³ Esta possibilidade só era concebível graças ao envolvimento com o grupo de pesquisa LAGEAR, sediado na escola de arquitetura da UFMG e coordenado pelos Professores José Cabral e Ana Baltazar, sendo o primeiro o orientador desta dissertação.

O processo de prototipagem mostrou-se tão importante para a conciliação entre a produção de conhecimento e as práticas cotidianas que não foi mantido somente como método, mas levado também aos produtos dos experimentos, mantendo suas aberturas para modificações e contínua prototipagem por seus futuros usuários. As técnicas utilizadas neste processo serão expostas no capítulo V, que trata dos experimentos realizados.

1.2.5 Pesquisa-ação

O método de pesquisa-ação surgiu do que era inicialmente um experimento parcial visando verificar a hipótese de que a fabricação digital pode contribuir para a eficiência da construção dentro da favela sem prejudicar sua diversidade. Esta hipótese foi levantada a partir do cruzamento de duas possibilidades: a fabricação digital pode ser usada para gerar soluções específicas em contextos diferentes da favela, possibilidade observada no estudo bibliográfico¹⁴; e a fabricação digital pode ser acessível no contexto da favela, possibilidade levantada com utilização da prototipagem de uma fresadora de baixo custo. A hipótese levantada deste cruzamento não podia ser observada acontecendo em nenhuma favela brasileira a não ser pela realização do experimento. Não existia, porém, no momento de preparação deste experimento, informação suficiente para que fosse totalmente modelado e aplicado sobre a comunidade. Faltavam informações sobre: onde a máquina deveria ficar; como seria acessada pelos moradores; como eles poderiam adquirir conhecimento para usá-la; quais seriam seus interesses em utilizá-la; entre muitas outras coisas. Também não havia qualquer predisposição dos moradores para realizar tal empreendimento. Portanto, a solução adotada foi partir do problema já existente no contexto, “a eficiência da construção dentro da favela sem prejudicar sua diversidade”, e trabalhar dentro do próprio sistema de produção existente na favela para solucionar este tipo de problema. Com a adoção de tal solução, o trabalho conjunto com moradores e outros atores envolvidos passou a conduzir o rumo dessa parte da pesquisa. Como consequência, a pesquisa experimental passou a ser uma pesquisa-ação. O modelo inicial de experimento tornou-se apenas uma sugestão dentro do diálogo que se iniciou no contexto da favela, possibilitando dar passos largos à frente em virtude das novas

¹⁴ Entre outros exemplos de aplicação da fabricação digital, o trabalho de Kevin Carson, principalmente a coletânea de modos de produção alternativos à produção industrial que apresenta em seu livro, foi um grande incentivo para o desenvolvimento do experimento de fabricação digital na favela.

ideias que surgiram. Neste processo o conhecimento foi construído de maneira horizontal, com usufruto e produção compartilhada entre os participantes. É importante ressaltar, entretanto, que a pesquisa-ação colaborativa entre pesquisador e outros atores se restringiu a alguns aspectos de interesse comum dentro da temática da “eficiência da construção dentro da favela sem prejudicar sua diversidade”. Já a dissertação, em sua totalidade, foi desenvolvida individualmente pelo pesquisador sem o conhecimento dos outros atores que cooperaram na pesquisa.

1.3 Estrutura da dissertação

Na primeira seção deste capítulo foram brevemente apresentadas algumas abordagens existentes, do problema da diversidade na arquitetura sob o ponto de vista da forma dos edifícios construídos, onde as causas recaem sobre a tecnologia utilizada na produção. Como visto na revisão de literatura, aquelas abordagens estão focadas na capacidade de gerar maior variedade formal das máquinas de fabricação digital comparadas às máquinas de produção seriada, mas não tocam no assunto da centralização do poder de decisão nem da propriedade dos meios de produção como possíveis causas da baixa variedade na produção seriada. Não é explicitado se o contexto de baixa diversidade é de fato uma necessidade determinada tecnicamente pela ferramenta sobre a produção ou se é, também, fruto de determinações sócio-econômicas. Tampouco se esclarece se existe alguma relação de dependência da tecnologia digital com algum modelo sócio-econômico ou se esta pode favorecer a diversidade em um sentido mais amplo que o da forma construída, incorporando também a diversidade que existe nos fenômenos de diferentes naturezas envolvidos na habitação, como diferentes tipos de organização do trabalho, modelos econômicos e contextos urbanos. Porém, antes de se tentar responder a estes questionamentos, faz-se necessário estudar mais a fundo o conceito de diversidade e qual a sua importância para a sociedade.

O capítulo II, portanto, trata da importância da diversidade sob o enfoque da cibernética, um enfoque mais amplo que compreende, entre outros, o conceito de diversidade formal utilizado na arquitetura. Apresenta também as ferramentas do construtivismo radical de W. Ross Ashby, as quais servirão para colocar em diálogo vários determinismos como o social, o econômico, o tecnológico, o cultural, entre outros presentes nas teorias estudadas. Entre estas ferramentas destaca-se o conceito de recursividade, por meio do qual será possível constatar, empregando uma visão que vai além dos determinismos citados, que alguns problemas podem

ter sua origem e causa em si mesmos. Também de grande importância são as contribuições do construtivismo radical para a compreensão dos limites do conhecimento e três posturas, com diferentes consequências sobre a diversidade, apresentadas por Ranulph Glanville diante do reconhecimento destes limites.

O capítulo III analisa a evolução e comportamento atual de um sistema de produção de escala global, a indústria. A primeira seção descreve a complexificação da sociedade por meio dos movimentos de divisão social e fisiológica do trabalho. A segunda seção parte do controle do capital sobre os meios de produção e suas consequências sobre a divisão do trabalho por meio da manufatura. A terceira seção descreve o desenvolvimento da manufatura na construção civil durante o período renascentista. A quarta seção descreve o impacto da manufatura sobre a variedade do mercado através do monopólio. A quinta seção sumariza as diferenças e similaridades entre a divisão social e a divisão industrial do trabalho e sintetiza, em nível abstrato, um elemento principal para sua distinção. A sexta seção foca a influência da divisão do trabalho sobre a tecnologia e suas consequências sobre a produção. Em uma subseção modela-se qual seria a diferença entre as limitações da fabricação digital e das tecnologias anteriores, utilizadas pela indústria, perante a produção de variedade. A sétima seção analisa as cooperativas parciais e a economia solidária concluindo que, na maioria dos casos apesar de estarem as cooperativas incluídas em um modelo de sistema alternativo à propriedade privada e ao lucro, seguem a lógica industrial de produção, não contribuindo para uma maior variedade. Por fim a oitava seção apresenta um sumário das conclusões do capítulo e apresenta uma crítica ao sistema de produção industrial e ao pensamento linear causal que o perpetua.

O capítulo IV analisa sistemas de produção alternativos ao lucro e à propriedade privada dos meios de produção. A primeira seção introduz a questão da abertura dos sistemas de produção e apresenta um resumo do que tratará o capítulo. A segunda seção analisa a cooperação aberta que existe nas redes de compartilhamento, no movimento *open source*, e na organização local não especializada, e o potencial da fabricação digital em favorecer este modelo. Enquanto a cooperativa parcial se mostra como uma alternativa socialista dentro do sistema industrial, o movimento de compartilhamento aberto pode ser uma alternativa ao capitalismo contemporâneo, cuja estrutura já permite maior flexibilidade no atendimento a demandas que a estrutura corporativa tradicional.

No capítulo V são apresentados os resultados teóricos e práticos da tentativa de adaptação e aplicação do modelo global de produção *open source* e da fabricação digital no sistema de produção local do laboratório e de uma favela específica de Belo Horizonte. A primeira seção apresenta o potencial do diálogo, como alternativa ao discurso, para enriquecer a variedade de respostas que, tanto o sistema de produção *open source* como o sistema de produção da favela, podem utilizar para resolver seus problemas de maneira alternativa ao sistema de produção industrial. A segunda seção descreve os experimentos que foram realizados em laboratório durante o desenvolvimento e produção de uma fresadora *CNC* de três eixos de baixo custo. Na terceira seção são apresentadas cinco subseções com os diferentes aspectos da pesquisa-ação desenvolvida na favela de Belo Horizonte: a primeira descreve o contexto das ações; a segunda descreve a atuação do pesquisador como arquiteto no contexto; a terceira descreve ações de mutirão desenvolvidas; a quarta descreve o processo de adaptação da fabricação digital ao contexto; a quinta e última subseção descreve as ações para criar um espaço de produção compartilhado.

O capítulo VI conclui, na primeira seção, discutindo a importância do conceito de interação sobre o de variedade, devido ao fato de que a variedade de um sistema só existe devido à interação entre suas partes. Na última seção são apresentadas conclusões e apontamentos para pesquisas posteriores.

2 A importância da variedade

2.1 Introdução à cibernética

Para demonstrar a importância da variedade é necessário primeiro explicar o que é a cibernética, a linguagem de onde é retirado o termo. Segundo o renomado ciberneticista Ross Ashby, a cibernética é o estudo de todas possíveis máquinas abstratas (ASHBY, 1956). Como o senso comum sugere, máquinas são ciclos, ou seja, regras que determinam a repetição de algo em um período. Mas, o conceito de máquina de Ashby é mais abrangente do que o conceito de máquina industrial utilizado pelo senso comum. A este tipo de máquina abstrata, os ciberneticistas deram o nome de “sistema”. Ashby explica que a cibernética está para os sistemas reais como a geometria está para os objetos reais. Ambos simplificam e criam regras que ajudam a representar, prever e alterar a realidade (ASHBY, 1956). A este conjunto de regras, que tenta descrever um sistema, a cibernética dá o nome de “modelo”. Porém, enquanto a geometria busca modelar estados de organização, conceituados como “formas geométricas”, a cibernética busca modelar ciclos de mudança nos estados de organização, conceituados como sistemas. Dessa forma, para a cibernética a geometria é um sistema em si (um sistema de modelagem), e modelá-la como um sistema significa entender como suas regras se combinam entre si configurando diferentes formas geométricas. Cada forma geométrica, gerada por uma diferente combinação das regras da geometria, é conceituada como um “estado” do sistema geometria. Já a somatória de todos os possíveis estados da geometria, ou seja, todas as formas geométricas que ela é capaz de configurar, se conceitua como sua “variedade”. Resumindo: um sistema se caracteriza pelas regras fixas que regem sua organização; seu estado se caracteriza pela sua organização em uma certa ocasião; e sua variedade, por todas suas possíveis organizações.

2.2 Variedade e Controle: a busca por variedade

Nas palavras de Ashby “um sistema é um conjunto de variáveis suficientemente isoladas para permanecer discutíveis enquanto as discutimos.”¹⁵. Ashby diz isso porque os

¹⁵ Tradução livre de: “*A System is a set of variables sufficiently isolated to stay discussable while we discuss it*”. Este é o segundo aforismo entre uma série de cartões onde Ashby listou todos seus

sistemas interagem entre si e nessas interações se transformam de maneira que, quando estas transformações atingem certo grau, não é mais possível reconhecê-los como tais sistemas, pois suas regras de organização mudaram. Novamente funciona como exemplo a geometria, sistema que é utilizado para que se possa modelar espacialmente a realidade. Quando a realidade demanda a um sistema a modelagem de uma forma específica para sobreviver, este recorre à variedade de formas que o sistema geométrico pode conformar. Quando esta forma geométrica requisitada pela realidade é conformável pela variedade do sistema geométrico, pode-se usá-lo para respondê-la, estabilizando a situação. Porém, se as regras da geometria não podem modelar a forma requisitada, elas precisarão ser mudadas, talvez se transformando de maneira tão profunda que não se poderá mais chamá-la de geometria, mas talvez geometria não euclidiana, por exemplo. Ou seja, um sistema precisa ter na sua variedade de possíveis organizações, aquela que responde especificamente a cada interação de outros sistemas para que se mantenha estável. Caso contrário, sua estrutura é modificada e seu comportamento deixa de seguir as regras que o caracterizavam como sistema. Isto é o que postula a *Lei da variedade requisitada* (ASHBY, 1956).

Quando dois ou mais sistemas interagem por tempo suficiente para que se reconheça um padrão entre suas interações é possível modelar um sistema de controle que engloba estas interações (HEYLIGHEN, 1974). Apesar de o senso comum conceber o controle como um processo unidirecional onde um sistema exerce controle sobre o outro, para a cibernética, um sistema de controle, como qualquer outro sistema, é composto de um processo circular onde dois ou mais sistemas se codeterminam (GLANVILLE, 2001). Um exemplo simples é o de um sistema de controle entre uma população de coelhos e de uma vegetação de que se alimentam. A população de coelhos aumenta diminuindo a população de vegetação. Diminuindo a população da vegetação, diminui também a população de coelhos, e então a população de vegetação aumenta. Aumentando a população de vegetação, a população de coelhos aumenta novamente e assim continuam o ciclo, buscando o equilíbrio entre as populações, até que algo perturbe a estabilidade deste ecossistema. Estes sistemas estáveis são sempre constituídos de, no mínimo, um *feedback* positivo e um negativo. O *feedback* positivo dá origem aos movimentos, neste caso o aumento da vegetação dá um *feedback* positivo para o aumento do número de coelhos. Já o *feedback* negativo dá origem aos limites,

aforismos, portanto não se sabe a data em que foi escrito. Os cartões foram digitalizados e estão disponíveis no endereço: <http://www.rossashby.info/aphorisms.html>

neste caso o aumento do número de coelhos dá um *feedback* negativo para o aumento da vegetação, limitando o crescimento de ambos.

Em um sistema de controle, assim como qualquer sistema, quando a lei da variedade requisitada não é obedecida, ou seja, um sistema não possui a variedade necessária para responder a uma perturbação, ocorrem transformações fora do domínio enquadrado por aquele sistema de controle, suas regras já não servem mais para regular a interação. Se observadas e modeladas estas transformações desregradas de maneira a identificar um padrão novamente, se constituirá outro sistema de controle que englobará todas as transformações envolvidas. Valentin Turchin (1977) chama este processo de transição meta-sistêmica, onde surgem novos níveis hierárquicos de controle que permitem o progresso dos sistemas mais simples em um contexto de variedade muito grande. Turchin propõe este processo como os *quanta* da evolução em sistemas cibernéticos. Responsabiliza as transições meta-sistêmicas por desenvolvimentos fundamentais como a origem da vida, de organismos multicelulares, do sistema nervoso, do aprendizado e da cultura humana. Este processo é responsável pela organização multinível da informação, onde os níveis surgem de *feedbacks* negativos, ou limites, intercalados com *feedbacks* positivos, ou crescimento, dando assim origem aos vários estados de organização em que se classifica a informação.

Muitas são as transições metasistêmicas pelas quais sistemas mais simples, ou capazes de responder a uma menor variedade, originam sistemas mais complexos, capazes de responder a uma maior variedade, por exemplo: subdivisão, especialização, aglomeração, combinação, cooperação, etc. Os sistemas se mostram assim como situações estáticas resolvidas pela interação entre seus subsistemas instáveis. O que está por trás da estabilidade de um sistema é que todos os seus subsistemas participantes tem algo em comum, o que a cibernética vai chamar de “propósito” ou “variedade essencial”. No caso da geometria, cada uma de suas regras é um subsistema cujo propósito é o mesmo, modelar espacialmente a realidade. O mesmo processo é destacado por Jonathan Lombard na origem das membranas celulares, onde cada um de seus lipídios é um subsistema com os mesmos propósitos, isolar uma de suas partes e manter a outra em contato com a água. O lipídio por sua vez se mantém estável pelo propósito comum na geometria das moléculas que o formam, e assim por diante, (LOMBARD, 2012). Como visto, o propósito, diferentemente do que o nome sugere, não é necessariamente algo que surge da consciência ou finalidade do sistema, mas pode partir das

características da combinação que o originaram¹⁶. Porém, esta distinção entre causa e finalidade só faz sentido quando se está analisando parcialmente um sistema porque, devido à circularidade que compõe um sistema completo, é impossível distinguir dentro dele um ponto de origem e outro de chegada.

As transições meta-sistêmicas podem ser exemplificadas no processo evolutivo começando pelos seres vivos mais primitivos. Nestes seres os modelos que correlacionam as variedades estão gravados geneticamente, de modo que sua única maneira de evoluir é devido à mutação e à seleção natural.

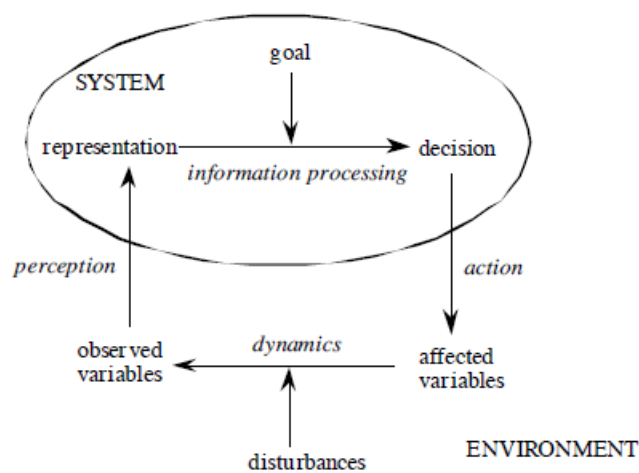


Figura 6 Modelo básico de funcionamento de um sistema de controle. Fonte: HEYLIGHEN, 2001, p. 6.

Como pode ser visto no modelo acima (figura 6): (i), os sistemas primitivos percebem as variedades e as representam dentro de si, como, por exemplo, uma certa temperatura; (ii) Comparam estas variedades com suas variedades essenciais, também conhecidas como propósito do sistema, por exemplo, constatando que a temperatura é menor que a estabelecida em seu propósito; (iii) depois buscam em seu modelo qual variedade de ação responde àquela variedade de percepção comparada, como por exemplo, nadar para cima e; (iv) por fim, atuam

¹⁶ Lombard ressalta a importância desta mudança de perspectiva para a biologia: “O tradicional foco em auto-manutenção (metabolismo) como a principal propriedade da vida, juntamente com a auto-replicação (sistemas genéticos), está mudando a direção para a auto-montagem (membranas) no pensamento contemporâneo sobre a origem da vida”. Tradução livre de: “The traditional focus on self-maintenance (metabolism) as a major property of life, together with self-replication (a genetic system), is shifting towards a focus on self-assembly (membranes) in contemporary origin-of-life thinking” (LOMBARD, 2012).

transformando a variedade percebida, neste caso, nadando para cima e aumentando a temperatura. Aqueles que nascem com modelos inadequados, como por exemplo, “nadar para cima”, no caso da percepção de temperatura “muito quente”, morrem, ou melhor dizendo, desorganizam-se. Aqueles que nascem com os modelos adequados sobrevivem. Este modelo evolutivo é lento, dependendo das combinações genéticas que ocorrem a cada ciclo de vida para que surjam novos modelos.

No entanto, uma transição meta-sistêmica é responsável pelo surgimento do sistema de aprendizado, que permite aos seres mais complexos alterar seus modelos durante a vida de acordo com a verificação de seus resultados. O aprendizado funciona criando um novo sistema de comparação e seleção sobre o sistema de percepção e modelagem. A comparação serve para medir a diferença entre a percepção antes e depois de uma ação com o que está estabelecido no modelo. A seleção, por sua vez, serve para reforçar os modelos que mostraram menor diferença no momento da comparação. Desta maneira, selecionam-se os modelos que tem mais sucesso em prever as relações entre as variedades de percepções e ações. Este processo pode ser considerado como um processo de construção empírica do conhecimento. Sendo o “conhecimento” o grau de precisão com que o sistema modela as interações entre as variedades.

Desta maneira, sistemas de modelagem mais simples que a geometria se organizam e se desorganizam nos cérebros mais evoluídos o tempo todo. A sobrevivência tem grande contribuição da habilidade de tais sistemas se transformarem rapidamente dentro do cérebro para que se possam criar novas formas de responder à realidade em vez de sofrer suas transformações. Como o próprio Ashby afirma em outro de seus aforismos, “O cérebro é apenas o mais recente meio de autopreservação, da Natureza”.¹⁷ Onde se imagina que está se referindo à alta capacidade do cérebro de se transformar e armazenar informação usando muito pouca energia e espaço, ou seja, sua capacidade de criar variedade transformando minimamente as outras formas de organização existentes na natureza, incluindo o próprio

¹⁷ Tradução livre de: “The brain is merely Nature's latest means of self-preservation”. Um dos aforismos colecionados pelo autor em cartões escritos à mão, disponível em: <http://www.rossashby.info/aphorisms.html>. Acessado em: 10 agosto 2014.

corpo. Assim sendo, a interação de um ser humano com a realidade incrementa suas maneiras de agir, ou seja, seus modelos, fazendo apenas microscópicas alterações em seu sistema nervoso. Desta forma, humanos são sistemas constituídos, entre outras coisas, de sistemas conceituais que estão submetidos às suas necessidades de responder ao contexto para manter suas estabilidades, os mantendo vivos. Desta maneira em alguns milhares de anos o ser humano incrementou drasticamente sua forma de agir, ou seja, seus modelos, mesmo sem mudar consideravelmente seu corpo, o que dependeria de milhões de anos.

O surgimento do aprendizado possibilita que o conhecimento cresça durante a vida de forma independente da evolução genética, mas não possibilita que este conhecimento seja transmitido para as próximas gerações. Entretanto, outra transição meta-sistêmica permite a alguns seres vivos a possibilidade de transmitir seu conhecimento a objetos e utilizar estes objetos como ferramentas para estender suas capacidades de atuação ao longo da vida. Utilizando-se deste processo a evolução extravasou o universo biológico e criou o universo da cultura onde acontece de maneira muito mais intensa, não dependendo exclusivamente de ciclos de vida. Portanto, para sorte da espécie, a geometria euclidiana não foi substituída: já estava devidamente formalizada na cultura humana no momento do surgimento das geometrias não-euclidianas, de forma que continuará servindo para modelar formas geométricas em universos planos. Isto porque a geometria não se manteve no cérebro, sendo incorporada à realidade de muitas maneiras e, no momento em que nascem novos seres humanos, eles interagem com essa realidade transformada, dando continuidade à cultura.

2.3 Controle e Circularidade: o Paradoxo do Controle

Como vimos anteriormente, muitos dos seres vivos que hoje vivem, o fazem graças à capacidade que adquiriram de aumentar sua complexidade por meio da cultura, sem depender da evolução biológica. Portanto, pode-se dizer que a complexidade, antes determinada pelos corpos dos seres vivos, passa a existir e ser determinada também pelos objetos. Quanto maior a variedade de objetos que um ser vivo consegue utilizar, maior torna-se sua complexidade, ou seja, a quantidade de respostas que tem capacidade de gerar. Está aí a importância de se ter uma cultura de alta variedade. A questão se complexifica, porém, quando se analisa a circularidade pela qual é criada a cultura. Quando se decide algo, a decisão é restrita à variedade de escolhas existentes no momento. Os objetos da cultura, desde ideias, imagens, conceitos e palavras, até os objetos envolvidos no campo da arquitetura, como construtoras,

softwares e ferramentas de fabricação digital, constituem as escolhas entre as quais podemos decidir. As decisões tomadas vão produzir mais objetos, que serão as escolhas possíveis para as próximas decisões, assim como esta variedade de objetos disponível é fruto das decisões tomadas anteriormente. As decisões são feitas a partir dos objetos da cultura ao mesmo tempo em que geram novos objetos para a cultura (FLUSSER, 2008). Em outras palavras o sociólogo Pierre Bourdieu afirma que a cultura, sob a forma do *habitus*¹⁸ de cada classe, é estruturada pela sociedade ao mesmo tempo em que a estrutura (BOURDIEU, 1979). Esta ótica circular traz à tona a preocupação com as escolhas geradas em cada decisão. Já que não se pode alterar as decisões feitas no passado, cabe aos produtores de objetos, ou aos que decidem, a responsabilidade por aumentar ou diminuir a liberdade das futuras decisões.

Na cibernética este número de escolhas sob a forma de objetos pode ser chamado de “variedade do sistema cultura”, ou seja, o número de estados de organização que se pode conformar utilizando a cultura em certo momento para responder a uma situação. As ações de escolha, decisão e outros fenômenos que alteram a variedade deste sistema podem ser chamados de “processos”. Os processos definem a dinâmica de variedade, conduzindo a seu aumento ou diminuição. Heylighen (2001) separa os processos que ocorrem dentro de um sistema abstrato em quatro naturezas quanto à dinâmica de variedade (figura 7).

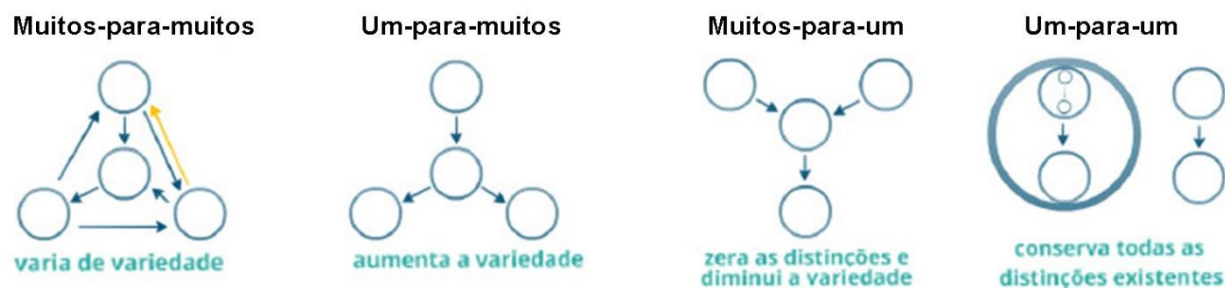


Figura 7 Os quatro tipos de processo quanto à dinâmica de variedade. Fonte: elaborada pelo autor.

Os processos de natureza *one-to-one*, ou um-para-um, são processos que não alteram a variedade do sistema. Dentro desta categoria estão os processos de comunicação e tradução. A comunicação consiste em representar a variedade de um sistema em outro

¹⁸ Bourdieu utiliza a noção de *Habitus* para derrubar a noção construída por outros sociólogos de que exista uma estrutura social objetiva para além da percepção de cada classe sobre a sociedade. Desta maneira, para cada classe existe uma maneira de perceber a estrutura social que influencia em sua maneira de agir sobre ela, inclusive ao classificá-la.

sistema. Já a tradução, que pode ocorrer durante um processo de comunicação, consiste em transformar uma variedade em outra variedade de acordo com uma regra. Um processo onde cada letra de um texto é traduzida em um número que corresponde à sua localização no alfabeto é um exemplo de tradução. Os processos de natureza *many-to-one*, ou muitos-para-um, são processos onde a variedade do sistema diminui. Esta categoria inclui todos os processos de síntese. Quando se trata de representação, é por meio deste processo que os sistemas conseguem estabelecer correlações entre as variedades e aumentar seu conhecimento. Os processos *one-to-many*, ou um-para-muitos são processos que aumentam a variedade do sistema. Esta categoria inclui os processos de análise e subdivisão não determinísticos, ou seja, que aumentam a variedade do sistema de maneira imprevisível. E por fim os processos *many-to-many*, ou muitos-para-muitos, são os processos de combinação onde a variedade do sistema pode tanto aumentar como diminuir de acordo com a estrutura interna desta combinação. Fala-se em estrutura interna porque os processos de muitos-para-muitos são constituídos internamente de processos das outras naturezas citadas, mas a variação desta estrutura ou seu desconhecimento não permite saber exatamente se a variedade vai aumentar ou diminuir neste processo.

A aplicação dos quatro processos de transformação da dinâmica de variedade descritos por Heylighen (2001) pode ser exemplificada pela manufatura de relógios do séc. XIX em Genebra, descrita por William Petty e incorporada por Marx (1867, vol.1 Cap. XII). Neste processo produtivo era utilizada, para cada peça específica do relógio, uma ferramenta que possuía uma forma específica a ser impressa no material, como um carimbo. Cada variedade de ferramenta só podia gerar uma variedade de peça a partir de uma mesma variedade de matéria prima. Este processo pode ser caracterizado como um-para-um, onde a variedade do sistema permanece constante porque uma variedade de matéria prima sempre se transformará em uma variedade de peça. Já o artesão que provia as ferramentas da manufatura utilizava uma ferramenta multifuncional para produzi-las, com diferentes formas, a partir de uma mesma matéria prima. Este processo poderia ser caracterizado como um-para-muitos, onde a variedade aumenta. O processo de montagem do relógio, por sua vez, pode ser caracterizado como muitos-para-um, diminuindo a variedade, se as peças produzidas só possibilitam a montagem de uma variedade de relógio. Ou muitos-para-muitos, se a combinação das peças possibilita a montagem de mais de uma variedade de relógios, sendo possível diminuir ou aumentar a variedade de acordo com as preferências de consumo.

Quando a produção é vista de maneira mais ampla revela sempre processos muitos-para-muitos. Segundo Flusser, a informação nunca surge do nada, surge sempre da combinação entre variedades existentes. Isto mudaria a caracterização do processo de trabalho do artesão. Os processos um-para-muitos são na verdade análises não determinísticas entre variedades (CORMEN, LEISERSON, RIVEST, STEIN, 1990), onde a partir de uma mesma variedade se pode chegar a vários resultados. Sendo assim, a não ser que o trabalho do artesão fosse criar ferramentas ao acaso, seu processo de produção se caracteriza como muitos-para-muitos. Este processo só pode ser caracterizado como um-para-muitos para os observadores que não conhecem, nem controlam, as variedades em sua memória, não podendo, portanto, determinar o que irá produzir. Para o artesão, que conhece e domina estas variedades, seu processo de trabalho se torna uma combinação das variedades em sua memória com uma variedade de ferramenta gerando muitas variedades de ferramenta.

Se, pelo contrário, um processo de muitos-para-muitos for visto de maneira mais próxima, revelam-se processos de outras naturezas em seu interior. No trabalho do artesão podemos achar processos muitos-para-um, como decisões que combinam diversas variedades (informações sobre o material, o ambiente, suas experiências anteriores, seu estado físico, etc.), mas resultam somente em um gesto. E um-para-um, na execução de um gesto por seus músculos. Portanto, a compreensão da natureza dos processos de produção depende do posicionamento do observador. No caso da argumentação desta dissertação interessam as limitações tecnológicas das ferramentas sobre a produção formal, não interessando os níveis neurológicos de combinação de variedade.

Concluindo, como visto anteriormente, a Lei da variedade requisitada determina que a complexidade de um sistema cresça juntamente com a complexidade dos sistemas com que tem relações de controle, já que devem responder uns aos outros com a mesma variedade. Quando um sistema, por meio do aprendizado, consegue modelar perfeitamente a relação entre as variedades de outros sistemas que o afetam, sua complexidade atingiu o limite que estas interações têm a oferecer. Os sistemas começam então a repetir respostas uns aos outros que anulam qualquer variação, chegando a um equilíbrio. A evolução de um sistema quando se encontra na situação mencionada depende de mais uma meta-transição, a qual Gordon Pask (1968) formulou como surgimento do sistema de tédio. O tédio é a situação mencionada anteriormente, onde a interação entre sistemas entra em equilíbrio por ser completamente previsível. A partir da constatação do tédio, o objetivo do sistema é criar ações que desestabilizem a interação para, desta maneira, obter interações desconhecidas. Estas

interações desconhecidas continuam alimentando o sistema de aprendizado até se tornarem conhecidas e previsíveis, chegando à situação inicial novamente. Diante da constatação do tédio, e da reação à sua existência, os sistemas conseguem adquirir mais complexidade. Sendo mais complexos, ou seja, conhecendo maneiras de restringir mais variedades, ganham maior capacidade de controle. Pode-se inferir do sistema de tédio que, para ganhar mais controle, a longo prazo, o sistema precisa criar situações de menor controle, a curto prazo. O controle é necessário à sobrevivência, porém como vimos, é preciso abdicar dele ou usá-lo contra si mesmo em certos momentos para evoluir e ganhar mais complexidade. Isto seria o equivalente a fazer um experimento científico onde o objetivo é criar uma situação desconhecida para passar a conhecê-la.

2.4 Três posturas diante do Controle

Por vezes o controle é inalcançável, como por exemplo, onde a interação entre sistemas não é capaz de atender à lei da variedade de requisitos. Isto acontece quando sistemas interagem com diferente grau de complexidade ou quando a complexidade da interação é tão alta que se torna incomputável, ou seja, impossível de se modelar e conhecer. Glanville(2001) chama esta situação de não-gerenciável¹⁹. A maioria das relações de controle que envolvem a sociedade pode ser caracterizada como não-gerenciável, devido à sua alta complexidade. Uma situação não gerenciável pode ser exemplificada pela discussão sobre a fabricação de armas utilizando impressoras 3D: para o sistema governo manter sua relação de controle sobre um país é um risco não saber o que se pode sair de uma oficina com uma impressora 3D, já que a abertura destas ferramentas possibilita desde a fabricação de bonecas até a fabricação de armas que podem ameaçar sua estabilidade. Porém, como a população de produtores em todo o país é muito alta, não é possível ao governo gerenciar cada produtor para impedir a fabricação de armas. Segundo Glanville uma interação não-gerenciável como esta pode acontecer de três maneiras (figura 8): i) pode-se reduzir a complexidade da interação, por exemplo, proibindo as impressoras 3D e logo toda a variedade do que poderia ser produzido com elas. ii) pode-se mudar a estrutura organizacional e distribuir o controle, por exemplo, passando aos produtores a obrigação de restringir a produção de armas uns dos outros; e iii) pode-se aceitar o descontrole e interpretar a interação como “fora-de-controle”, por exemplo

¹⁹ Tradução livre do termo *Unmanageable*.

deixando livre toda a variedade do que pode ser produzido com elas, inclusive armas. Cada uma destas posturas tem uma consequência diferente sobre a variedade do que poderá ser produzido. A primeira postura, de ignorar as interações que não podem ser respondidas, pode garantir a estabilidade do sistema, porém isto implica em duas coisas: seu descompasso e empobrecimento em relação à variedade existente nos sistemas com quem interage; e o surgimento de sistemas alternativos para dar vazão a esta variedade. Por fim, se o sistema em questão está em um universo finito, é inevitável que sofra indiretamente as consequências da variedade ignorada. A segunda postura leva à criação de um sistema de controle simplificado, uma situação de alta estabilidade e baixa capacidade de inovação, pois os sistemas se restringem entre si. Já a terceira postura lida com a incerteza, onde se abrem possibilidades para outros sistemas sem saber exatamente o que eles vão fazer com estas possibilidades, portanto qual será a resposta. A variedade neste caso aumenta muito, pois a cada momento surgirão novas combinações.

Sistemas determinados pelo observador:

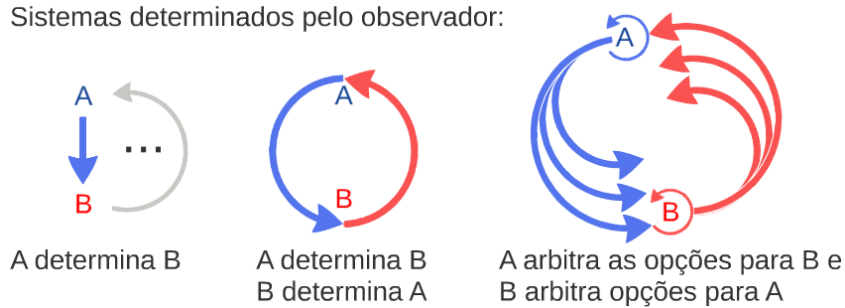


Figura 8 As três posturas diante da complexidade. Fonte: elaborada pelo autor.

3 O sistema industrial de produção e a redução de variedade

As próximas seções têm como objetivo analisar alguns aspectos do surgimento e evolução da indústria para tentar traçar de onde surgem os problemas que levam a este sistema produtivo de baixa variedade. Inicialmente são apresentados os argumentos de que a cultura pode ser diversificada por meio da combinação entre trabalhos, dando origem ao trabalho especializado, porém a especialização por divisão e simplificação do trabalho, conduzida por sua vez na manufatura, leva à diminuição da variedade do que pode produzir cada trabalhador. Em seguida defende-se que a simplificação do trabalhador e especialização das ferramentas impacta a variedade da produção na manufatura, o que pode ser temporariamente imposto à sociedade por meio do monopólio do mercado. E por fim conclui-se que o desenvolvimento da automação microeletrônica pode contribuir para a desespecialização das ferramentas, mas não necessariamente afeta a condição fragmentada do trabalhador, contribuindo pouco para a variedade do que é produzido pela indústria.

3.1 Complexificação da sociedade por meio da divisão do trabalho

O século XXI abriga uma sociedade extremamente complexa no que diz respeito à diversidade de profissões e de tecnologias que se complementam na produção de seus bens de consumo. O sistema de produção industrial, que vem crescendo desde o século XVIII e conduzindo a formação de grande parte destas profissões e tecnologias, mostra vantagens e desvantagens em relação aos sistemas de produção da era pré-industrial. Devido à alta complexidade da questão, porém, é difícil compreender o que, dentro deste sistema de produção, é responsável pelos problemas e pelos benefícios que ele proporciona à sociedade. Isto leva algumas linhas críticas, como o anarco-primitivismo, a defender o retorno à natureza e rejeitar totalmente a possibilidade de se viver em uma sociedade realmente igualitária enquanto utilizarem-se tecnologias de origem industrial. Concordando com grande parte das críticas advindas desta linha de raciocínio, porém reconhecendo questões problemáticas em sua proposta, esta seção tem o objetivo de construir algumas distinções, dentro do movimento de especialização e complexificação da produção na sociedade, que contribuam no próximo capítulo para a construção de alternativa mais condizente com a realidade atual do que o retorno à natureza.

Segundo Marx, o movimento de divisão social do trabalho tem duas origens opostas. A especialização fisiológica e a especialização social. A especialização fisiológica surge dentro de uma comunidade e é arbitrada a partir do princípio de dividir certos trabalhos em partes que se adequem melhor às capacidades dos indivíduos, baseando-se predominantemente no gênero e na idade. Já a especialização social, juntamente com a economia e o mercado, surge do relacionamento de troca de excedentes entre diferentes comunidades e do posterior surgimento de complementariedade entre estes excedentes formando novos bens de consumo. Desta maneira surge entre as comunidades uma relação de interdependência onde cada uma tem um papel específico na produção deste bem. Analisando a diferença entre estes dois processos de divisão, a especialização fisiológica parte de uma fragmentação da produção, enquanto inversamente a especialização social parte de uma justaposição de trabalhos diferentes formando um todo dividido. Estes dois movimentos com origens opostas podem ainda se alinhar em direção à divisão social do trabalho. Por influência da troca com outras comunidades, os trabalhos divididos fisiologicamente dentro de uma comunidade podem começar a se relacionar entre si por meio de mercadorias, ganhando independência de sua organização comunitária. (MARX, O capital, vol.1, cap. XII). Ambos os tipos de divisão são processos de cooperação e consistem em realizar trabalhos maiores que a somatória dos trabalhos individuais envolvidos. Mas, diferentemente de uma cooperação simples onde todos os participantes executam o mesmo tipo de trabalho, esta cooperação é complexa e orgânica, pois seus participantes têm papéis diferentes e complementares. Os dois pontos de origem da divisão do trabalho são diferentes escalas de uma produção cooperativa adequada ao produtor e suas condições de produção. No primeiro caso a produção se adequa às peculiaridades físicas e técnicas de cada um dentro de uma pequena comunidade. No segundo caso a divisão surge da cooperação entre sistemas de produção já adequados às técnicas, ferramentas e matérias primas de uma cultura e território específicos.

A troca de mercadorias produzidas a partir da produção adaptada a diferentes variedades locais contribui para o crescimento da variedade cultural da sociedade como um todo. Por meio da troca de excedentes, os produtores ou comunidades conseguem ter acesso a maior variedade de mercadorias. Pode-se dizer assim que a variedade cultural de cada comunidade aumenta quando trocam as variedades que para si são redundantes por novas variedades (figura 9). Desta maneira, o processo de troca de mercadorias pode ser

considerado um processo um-para-um, que não gera variedade, mas as distribui entre diferentes sistemas. Ao mesmo tempo ocorre que, no processo de troca, o trabalho de uma natureza é traduzido em trabalho de outra natureza, como, por exemplo, pescar e plantar. Sob esta ótica, a troca também é um processo de tradução, que não gera variedade, mas possibilita que o trabalho, como unidade comum, transite entre diferentes naturezas. Ao fim, o encontro entre as várias naturezas do trabalho por meio da troca de mercadorias possibilita sua combinação dando origem a novas mercadorias. A combinação entre mercadorias é um processo de muitos-para-muitos onde a troca contribui para o aumento da variedade da cultura como um todo. Como afirma a lei da variedade requisitada, quanto maior a variedade da cultura, maior a variedade de ferramentas daqueles que tem acesso a ela, aumentando suas possibilidades.

Movimentos da Divisão do Trabalho

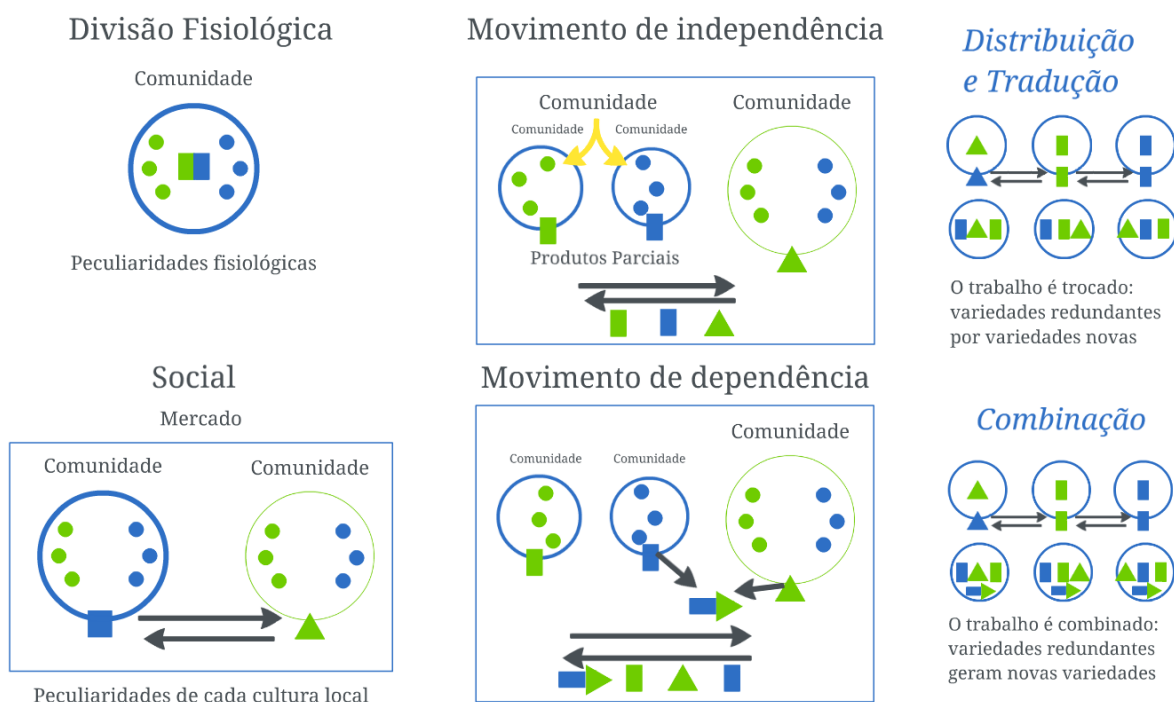


Figura 9 Esquema dos diferentes movimentos de divisão do trabalho. Fonte: elaborada pelo autor.

No entanto, como contrapartida das novas possibilidades provenientes da troca surge a relação de dependência na produção de excedentes por parte de cada produtor, quanto mais variedade se quer ter acesso, mais excedentes tem que se produzir. Este problema torna-se maior quando a produção local de um bem essencial é encerrada por decorrência de um produto de troca, neste caso a troca e a produção de excedentes deixa de ser uma opção e se

torna uma necessidade. Veremos no capítulo IV que alguns produtores ajudam a transformar esta dependência em opção quando disponibilizam o conhecimento do qual necessitam outros produtores para produzir sua mercadoria. Na próxima seção, entretanto, veremos que outros produtores fazem exatamente o contrário com o intuito de criar dependência.

3.2 Capitalismo e a simplificação do trabalho na manufatura

Enquanto a divisão social do trabalho é uma consequência passiva da interdependência entre mercadorias que se combinam, a divisão fisiológica é conscientemente arbitrada dentro de uma comunidade. Sendo assim, Marx considera a divisão fisiológica como modelo predecessor da divisão manufatureira do trabalho arbitrada pelo capitalista. Cabe lembrar que o capitalismo, entendido como a exploração da propriedade para a obtenção de lucro, não precisa necessariamente ser promovido por corporações, mas também, por um estado governado por uma elite. A divisão do trabalho na manufatura tem como objetivo criar dependência das forças produtivas de outros trabalhadores em uma propriedade da qual se tem controle. Além disso, é uma modalidade de exploração do trabalho coletivo. A hora de trabalho coletivo é mais produtiva que a hora de trabalho individual e uma parte do lucro extraído pelo capitalista provém desse excedente de produtividade. Por vezes o capitalista pode também diminuir seu lucro e utilizar este excedente para produzir mais barato que os produtores autônomos, retirando-os do mercado e os trazendo para a fábrica.

Para que o capitalista tenha o controle sobre a produção coletiva precisa que o trabalhador individual não tenha autonomia sobre seu próprio trabalho. Então, divide a produção de uma mercadoria em etapas, de maneira que nenhum trabalhador individual produza algum artigo com valor de uso, resultando que somente a somatória de todos os seus trabalhos seja capaz de produzir a mercadoria. Desta forma, o trabalhador se especializa em produzir uma não mercadoria e se torna dependente da organização coletiva. O elemento principal desta divisão é a separação entre o processo de criação da informação e o processo de reprodução desta informação. Desta maneira, o trabalhador que sabe reproduzir um produto não pode se tornar independente porque não sabe variar a produção, não conhece a lógica empregada na criação dos produtos que fabrica. Já o trabalhador que sabe criar informação para a produção não é capaz de se tornar independente porque não sabe reproduzir suas ideias de uma forma verdadeiramente útil, somente prescrições para sua fabricação. Isto

acontece primordialmente por meio da distinção entre as ferramentas que utilizam, o que será visto na seção 3.6.

Para que os trabalhadores não se organizem sozinhos, mas pelo contrário, se sujeitem à extração de mais-valia, precisam depender do capitalista para executar seu trabalho coletivo. O capitalista faz isso efetuando a compra dos meios de produção, desde o espaço da fábrica para reunir o trabalho, até as ferramentas especializadas para cada ofício, tornando impossível aos trabalhadores a reprodução de seus trabalhos sem a estrutura oferecida. A partir daí a evolução da manufatura até a indústria mecanizada consiste em dar continuidade a este movimento, criando meios de produção cada vez mais eficientes e ofícios mais simples, aumentando a dependência do trabalhador no capital. (MARX, O capital, vol.1, cap. XII).

3.3 O arquiteto renascentista e a manufatura na construção

O movimento de divisão do trabalho pela manufatura pode ser visto de maneira diferente no surgimento da profissão do arquiteto a qual, como a conhecemos hoje, tem sua conformação marcada pela recuperação da perspectiva por Filippo Brunelleschi no começo do século XV. Brunelleschi era um mestre de obras, e sua função era comandar o trabalho de artesãos especializados no canteiro de obras. Em certo sentido, antes do renascimento aquele era um processo dialógico, não com as opiniões dos artesãos, visto que os mestres eram as autoridades, mas com os resultados materiais de cada ciclo no processo de construção, já que a forma final do edifício não era representada *a priori*. (FERRO, 1982)

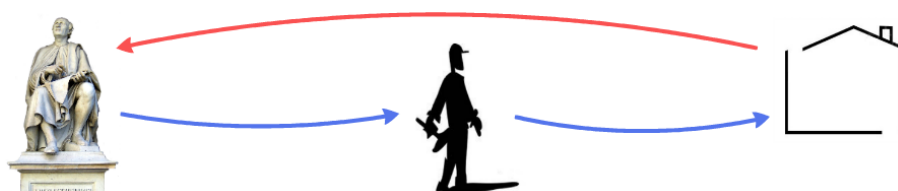


Figura 10 Esquema do fluxo de informação no canteiro de obra antes da perspectiva. Fonte: elaborada pelo autor.

A princípio o mestre de obras era como um escultor, reavaliava a forma a cada cinzelada, porém fazia isso utilizando uma equipe de artesãos e, diferentemente do braço do escultor, esses artesãos não tinham uma conexão direta com seu cérebro. Pelo contrário, os artesãos tinham autonomia dentro do escopo de suas tarefas, seus planos eram obscuros para o mestre até que surgisse algum resultado do trabalho. Da mesma maneira, os planos do mestre para a forma final do edifício não estavam totalmente formalizados, sendo obscuros

para os construtores, e até para ele mesmo. Sendo assim, para que tivesse algum controle sobre a produção, o mestre precisava acompanhar de perto a construção no canteiro, guiando e corrigindo os artesões a cada passo. Já utilizava desenhos parciais para guiar os passos da construção e facilitar que a equipe compreendesse o que estava pensando. Porém, estes desenhos não eram totalmente determinados, tinham um nível de abstração da informação que permitia a interpretação, e logo sua adaptação pelos artesãos (FERRO, 1982).

Brunelleschi, por sua vez, desenvolveu muitas ferramentas de construção e técnicas para organizar o trabalho e torná-lo mais efetivo, aproximando-o mais da manufatura (figura 11). Porém, foi somente com a recuperação das técnicas gregas de desenho em perspectiva que Brunelleschi pôde pela primeira vez comunicar, com maior grau de definição, e mais facilmente do que utilizando maquetes, qual o resultado desejado para o processo construtivo. Usando tais técnicas para desenhar sobre um painel com um furo e um espelho, viabilizou que se visualizasse como ficaria o lado ainda em construção da catedral de Florença (figura 12).

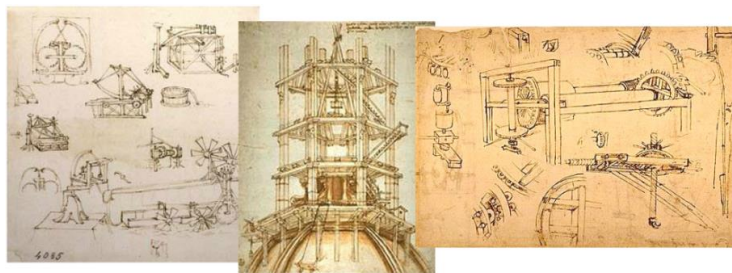


Figura 11 À esquerda e direita desenhos de Da Vinci que retratam as invenções de Brunelleschi. Ao centro um desenho de Brunelleschi para construção da cúpula de Florença. Fonte: MATTEOLI, 2002.²⁰

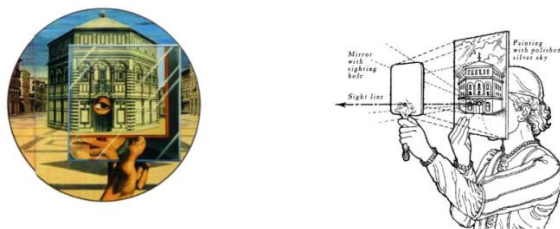


Figura 12 Sistema para visualização da perspectiva desenvolvido por Brunelleschi. Fonte: KUBOVY, TYLER, 1988, cap. III.²¹

²⁰ Disponível em: <<http://matteoli.iinet.net.au/html/Articles/Brunelleschi.html>>. Acesso em: 10 julho 2014.

Desde então a perspectiva se popularizou e ajudou os arquitetos a determinar e comunicar como os edifícios iam se parecer, por meio do desenho, antes que fossem construídos. Esta nova habilidade de comunicação poderia ser utilizada, em outro contexto, como uma ferramenta de diálogo tanto com clientes como com construtores. Porém, neste contexto surgiu e se desenvolveu como ferramenta de dominação. Tanto do cliente, como do construtor, escondiam-se os traços das ferramentas de desenho na tentativa de fazer com que estes desenhos parecessem janelas para o futuro: não uma construção, mas algo que veio de um mundo ideal que existiria na mente do arquiteto, desta maneira, negando-se a possibilidade do diálogo. Sua chegada, portanto, marca o surgimento da profissão intelectual do arquiteto e seu distanciamento do canteiro de obras. O arquiteto passa a trabalhar à parte da construção, atuando com suas ferramentas de desenho para determinar a superfície dos edifícios, deixando para os construtores somente a tarefa de preenchê-las apropriadamente (figura13). Esta maneira de trabalhar é, a princípio, mais lucrativa, já que fazer desenhos prescritivos é uma maneira de rapidamente gerar a informação a ser amplificada pelos construtores na forma de um edifício. O lucro é obtido, então, sobre o trabalho destes construtores que dependem do projeto para executar o edifício.

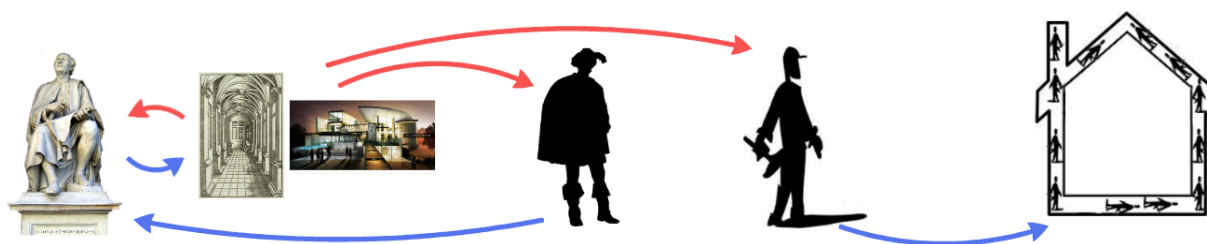


Figura 13 O diálogo do arquiteto com o desenho e com o cliente por meio do desenho. A submissão do artesão ao desenho e não mais ao arquiteto. Fonte: elaborada pelo autor.

Esta falta de diálogo empobreceu algumas habilidades tanto do arquiteto como dos construtores. O afastamento do canteiro implicou que os projetos dos arquitetos passassem a ter mais relação com as possibilidades das ferramentas de desenho do que com a tecnologia da construção. Já o construtor começa a ter sua criatividade limitada quando fica limitado a reproduzir a forma dos desenhos e passa a tomar cada vez menos decisões sobre a forma das edificações. O resultado é a limitação bilateral do que pode produzir este sistema arquiteto-

²¹ Disponível em: <<http://www.webexhibits.org/arrowintheeye/index.html>> Acesso em: 10 julho 2014.

construtor. A liberdade de criação fica sobre o arquiteto, porém seu distanciamento da construção implica que fique limitada ao que sabe construir o construtor. Enquanto isso o construtor não criará novos métodos por estar limitado a reproduzir o que cria o arquiteto. A limitação criativa deste sistema de produção só foi superada com o surgimento do engenheiro. Porém, aquele que faria novamente a ligação entre projeto e construção logo passa a determinar as técnicas e etapas de trabalho do construtor, dando origem a um novo sistema de limitação bilateral. Por fim a construção passa a ser dividida em especialidades cada vez menos abrangentes, unificadas pelo desenho, e o arquiteto, refém de sua própria ferramenta de controle, passa a ocupar uma destas profissões menores (STEVENS, 2003).

3.4 O impacto da manufatura no mercado

Garantido o controle sobre o trabalhador parcial pelo capitalista, seu objetivo passou a ser o aumento da jornada de trabalho de maneira a extrair o máximo de mais-valia. Trabalhadores com habilidades raras, por exemplo, são mais caros, portanto devem se dedicar somente à parcela mínima da produção, onde sua habilidade é imprescindível. As outras parcelas são preenchidas com trabalhadores menos qualificados. Assim se consolidam as diferentes classes de operários. Esta divisão também impõe que o número de trabalhadores que executa cada trabalho seja proporcional ao tempo necessário para sua execução, garantindo que todos ocupem seu expediente de maneira integral. Estas proporções da divisão do trabalho dentro da fábrica são controladas pelo capitalista ao longo do tempo para garantir que sua produtividade seja máxima (figura 14). Porém no momento da venda de sua mercadoria este capitalista entra em uma esfera da divisão do trabalho da qual não tem controle. Está sujeito junto aos outros produtores às variações do mercado. (MARX, O capital, vol.1, cap. XII).

O mercado é uma via coletiva de troca de mercadorias. Possui uma estrutura de controle distribuído entre seus participantes, enquanto consumidores e produtores, que autorregula a proporção necessária à sociedade de cada um dos trabalhos divididos socialmente. Essa regulação acontece por meio do preço, que diminui quando uma mercadoria existe em excesso e aumenta quando apresenta escassez. Isso pode ser explicado da seguinte maneira: quando a soma da produção das mercadorias de certa espécie ultrapassa as necessidades de consumo da sociedade a que tais mercadorias pertencem, parte do trabalho dedicado à sua produção não será útil à sociedade e não será pago. Este prejuízo se distribui

entre todos os produtores por meio de baixa no preço. Isto indica ao produtor que se deve produzir menos ou migrar para outros ramos da produção, restabelecendo o equilíbrio . O mesmo acontece no sentido inverso, quando a produção de uma mercadoria não consegue abranger as necessidades de consumo e seu preço aumenta, gerando uma alta do preço que indica aos outros produtores que devem aderir à produção desta mercadoria (figura 15). (MARX, O capital, vol.1, cap. III). Tal regulação funciona bem quando se tem um mercado composto por um número muito grande de produtores de cada tipo de mercadoria, transparência dos custos de produção das mesmas e não existem barreiras de entrada no mercado, facilitando assim o movimento entre as esferas de produção. (ZONINSEIN, 1986).

Manufatura

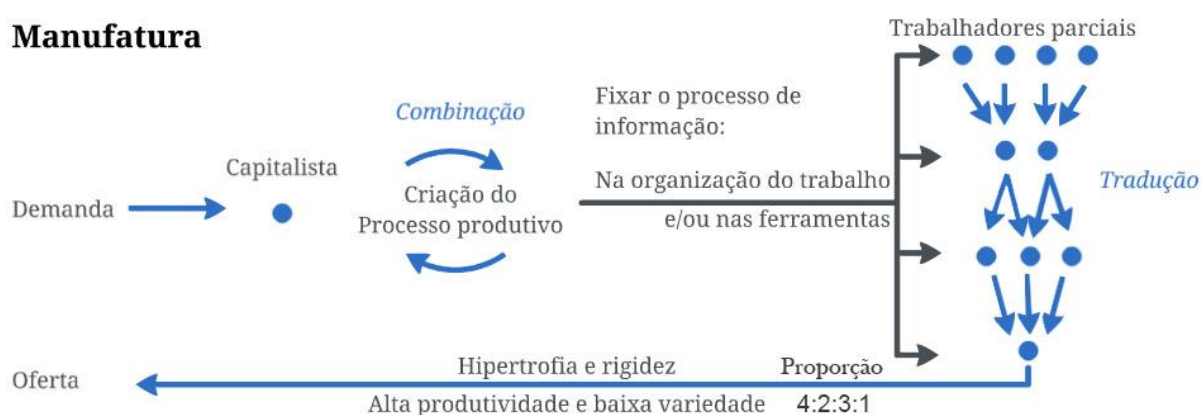


Figura 14 Esquema de funcionamento da manufatura. Fonte: elaborada pelo autor.

Autoregulação

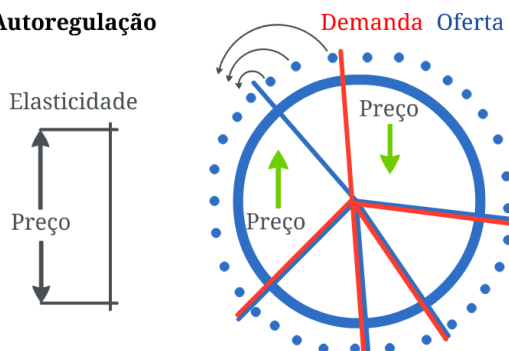


Figura 15 Esquema do sistema de autorregulação do mercado por meio do preço. Fonte: elaborada pelo autor.

Porém, por se basear o sistema de produção capitalista na acumulação e remuneração do capital, sua tendência é que os empreendimentos fiquem cada vez maiores. (ZONINSEIN, 1986). Este crescimento é apontado por Marx como uma necessidade da manufatura já que, quanto mais dividido é o trabalho, maior é o contingente mínimo que se deve empregar para obedecer à proporção necessária de cada trabalho dentro de sua produção. Por ter de

obedecer às proporções da divisão interna do trabalho, o empreendimento manufatureiro limita sua produtividade a aumentar ou diminuir em saltos entre múltiplos, tornando-se mais rígido. Quanto mais rígidos os empreendimentos, mais lentas são suas adaptações às regulações do mercado, como a necessidade de aumentar, diminuir ou variar a produção, resultando em descompassos entre a oferta e a demanda e prejuízos tanto para o capitalista como para a sociedade. Tal prejuízo é visível, por exemplo, quando é preciso despedir grandes levas de funcionários para diminuir a produção seguindo as proporções entre cada trabalho. O que, para o pequeno produtor é uma adaptação simples ao mercado, nos grandes empreendimentos leva ao desencadeamento social de grandes crises.

Como alternativa à dificultosa adaptação da produção manufatureira às variações do mercado, existe a possibilidade de controlá-lo por meio do monopólio. Zoninsein aponta que a possibilidade de controlar a regulação da oferta e demanda propulsiona a concorrência monopolística entre os empreendimentos capitalistas que produzem uma mesma mercadoria. Esta concorrência alterna entre dois movimentos para garantir seu controle. O primeiro movimento consiste em eliminar a concorrência de produtores menores produzindo uma mercadoria em excesso, criando assim prejuízo para todos. O segundo movimento depois de estabelecido o monopólio é produzir a mercadoria em escassez, de maneira a aumentar seu preço e o lucro extraído da produção (ZONINSEIN, 1986). O bom funcionamento de um mercado com produção escassa se apoia sobre a existência de diferentes faixas de renda, à qual contribui a divisão hierárquica do trabalho na própria manufatura²².

A existência de grandes empreendimentos pode, também, estabelecer monopólio sobre a compra de força de trabalho. O monopólio de consumo é chamado de monopsônio. Neste caso a concorrência destrutiva acontece também entre empreendimentos produtores de mercadorias diferentes contanto que consumam um mesmo produto. Seu funcionamento é idêntico ao do monopólio, porém desta vez o controle do preço da mercadoria é feito pelo controle da demanda. Seu primeiro movimento consiste em eliminar a concorrência de consumidores menores por aumentar artificialmente a demanda. Isso é feito consumindo uma

²² A existência de diferentes faixas de renda é um dos determinantes da elasticidade preço-demanda das mercadorias. A elasticidade preço-demanda é a variação que a demanda de uma mercadoria sofre com a variação de seu preço. Mercadorias essenciais, como a água encanada ou a luz possuem uma elasticidade muito baixa. Já mercadorias de luxo possuem uma alta elasticidade, pois seu preço é quem determina a quais faixas de renda é acessível.

mercadoria em excesso e pagando altos preços, de forma a provocar escassez no mercado. O segundo movimento, depois de estabelecido o monopólio é diminuir o consumo da mercadoria de maneira a baixar seu preço e maximizar o lucro.

Como visto, a manufatura tende a criar unidades de produção hipertrofiadas e rígidas. Hipertrofiadas por contar com o poder produtivo combinado de muitos homens. E rígidas por todos estes homens não possuírem controle sobre a produção, mas pelo contrário, estarem presos a uma produção fixa imposta pela proporção otimizada da manufatura. Isto resulta em uma produção com baixa capacidade de variação, ou seja, as indústrias são sistemas de baixa variedade. O que no caso de um mercado concorrencial resultaria no seu descompasso com as demandas e seu colapso. Mas no caso de um monopólio, isto resulta na redução da variedade de toda a cultura à baixa capacidade de gerar variedade da indústria. Portanto o capitalismo (incluindo o capitalismo de estado), a divisão do trabalho na manufatura, o posterior controle artificial dos monopólios sobre a oferta e demanda, e a conseqüente divisão artificial do trabalho na sociedade estabelecem a base para o surgimento das patologias modernas. Entre elas a escassez, a desigualdade entre classes, a redução da variedade, o aumento da redundância e as crises.

3.5 Considerações à divisão do trabalho

Como vimos, a divisão do trabalho pode acontecer tanto por consequência da complementaridade e adaptação de trabalhos, como por indução do capitalismo. Estes diferentes processos consolidam diferentes situações quanto à produção de variedade, o primeiro aumentando e o segundo diminuindo. Por mais que saibamos disso, é difícil distinguir as origens de cada especialização dentro de uma sociedade complexa como a que vivemos, ainda mais quando estes dois processos de divisão se sobrepõem. Porém, mesmo que fosse fácil distinguir as origens das profissões, isto não mudaria o cenário atual de interdependência entre elas. Portanto, a abordagem das seções anteriores sobre a divisão social e manufatureira do trabalho tem o sentido de trazer informações para que se possa refletir sobre as posturas por trás da conformação das profissões, e não sobre elas.

Dando continuidade ao raciocínio, podemos salientar as diferenças e similaridades da divisão social do trabalho e da divisão do trabalho na manufatura colocando-as lado a lado. A divisão social do trabalho requer uma grande quantidade de trabalhadores em contato para que possam manter as proporções de produção de cada mercadoria consumida pela sociedade,

dando origem às cidades. A divisão do trabalho na manufatura requer uma grande quantidade de trabalhadores em contato para que se mantenham as proporções de produção de cada peça empregada na produção de uma mercadoria, dando origem às fábricas. Na sociedade, a produção é conduzida por um aglomerado de partes independentes, enquanto na manufatura a produção é feita por um aglomerado de partes restringidas por um capitalista. Na sociedade, cada produtor é dono de sua mercadoria e decide o que e o quanto produzir e vender, influenciando nos preços do mercado, mas, por influenciar somente uma fração mínima da produção deste mercado, não chega a determinar seu funcionamento. Já na manufatura, a quantidade necessária de cada espécie de trabalho não tem qualquer relação com o mercado, sendo proporcional ao tempo de produção de cada parte do produto final. O fato das proporções da divisão do trabalho, dentro da manufatura, serem definidas arbitrariamente *a priori* pelo capitalista, mas a sua mercadoria, como qualquer outra, estar sujeita às regulações que acontecem *a posteriori* no mercado, é que, supostamente, garante o equilíbrio da produção e consumo na sociedade (MARX, O capital, vol.1, cap. XII). Equilíbrio este que não pode ser garantido a partir do momento em que começam a surgir as grandes empresas e o monopólio. (ZONINSEIN, 1986).

Como vimos, a distinção entre os produtos da divisão social e manufatureira do trabalho é difícil, já que tanto mercados podem se tornar fábricas, como fábricas podem dar origem às cidades. Porém, podemos distinguir quais são os mecanismos que geram os diferentes tipos de divisão do trabalho e a relação resultante entre as partes divididas. Existem os mecanismos de controle, que atuam fragmentando processos produtivos, que são opostos aos mecanismos de inovação, que atuam combinando diferentes processos produtivos. A dependência que surge também pode ser diferenciada em cada caso. Quando almeja o controle, a dependência nas ferramentas e na organização coletiva não acontece de maneira voluntária pelos produtores, mas é induzida pelo capitalista por meio do monopólio, desta maneira tomando a forma de longos processos lineares de reprodução. Quando se almeja a inovação, a dependência surge como uma contrapartida da escolha dos produtores de produzir algo novo a partir do trabalho existente de outros produtores, as múltiplas origens deste movimento faz mais suscetível o surgimento de redes do que de longos sistemas lineares de reprodução. Sumarizando: a busca pelo controle é a responsável pela simplificação do trabalho por meio da fragmentação, enquanto a busca pela inovação é a responsável pela complexificação dos resultados do trabalho por meio da combinação, ambas geram dependência, porém uma gera uma dependência monopolística e a outra gera uma dependência distribuída.

3.6 Da divisão do trabalho para as ferramentas

Na manufatura as ferramentas tomam formas específicas para cada parte do processo de produção. Este modelo é posteriormente utilizado pela indústria, apenas transferindo o acoplamento destas ferramentas de humanos para autômatos. Assim explica Marx:

A produtividade do trabalho depende não só da virtuosidade do trabalhador, mas também da perfeição de suas ferramentas. Ferramentas da mesma espécie, tais como facas, perfuradores, verrumas, martelos etc., são utilizadas em diferentes processos de trabalho, e a mesma ferramenta se presta para realizar operações diferentes no mesmo processo de trabalho. Mas, logo que as diversas operações de um mesmo processo de trabalho se dissociam e cada operação parcial assume nas mãos do trabalhador parcial a forma adequada possível e, portanto exclusiva, tornam-se necessárias modificações nos instrumentos anteriormente utilizados para múltiplos fins. O sentido dessa modificação de forma é determinado pela experiência das dificuldades especiais encontradas com a utilização da forma primitiva. A manufatura se caracteriza pela diferenciação das ferramentas, que imprime aos instrumentos da mesma espécie formas determinadas para cada emprego útil especial, e pela especialização, que só permite a cada uma dessas ferramentas operar plenamente em mãos do trabalhador parcial específico. Só em Birmingham se produzem umas quinhentas variedades de martelos, cada um destinado a um processo de produção particular, empregando-se, porém, grande número deles apenas em operações especializadas que fazem parte do mesmo processo. O período manufatureiro simplifica, aperfeiçoa e diversifica as ferramentas, adaptando-as às funções exclusivas especiais do trabalhador parcial. Com isso, cria uma das condições materiais para a existência da maquinaria, que consiste numa combinação de instrumentos simples.

(O capital, vol.1, cap. XII).

Como mostra Marx, a divisão do trabalho que surge na manufatura não tem o intuito de complexificar a produção, mas sim aumentar seu poder de reprodução por meio da simplificação das tarefas do trabalhador. A reprodução de uma mesma tarefa fica mais simples quanto mais a informação a ser impressa no material estiver presente na organização do trabalho e nas ferramentas do trabalhador. Por isso o trabalho é dividido em tantas etapas e para cada etapa existe uma ferramenta específica. A mecanização é nada mais que uma continuação deste movimento. Uma ferramenta mecanizada tem, além da informação contida em sua forma, outra parte da informação necessária ao trabalho contida em seus movimentos, o trabalhador somente completa as partes do processo mais difíceis de se automatizar.

Outro lugar onde as ferramentas exercem um papel importante é na divisão entre o trabalho de criação e de reprodução da informação. Isto é feito com utilização das ferramentas de representação. Estas ferramentas, como, por exemplo, as de desenho, servem para isolar o processo de criação da informação, enquanto o processo de reprodução continua a ser conduzido pelas mais diversas ferramentas sobre os mais diversos materiais. Desta maneira, o

trabalhador especializado em operar ferramentas de construção, corte, usinagem, entre outras, fica responsável somente pela reprodução da informação, não tendo acesso à lógica empregada no desenho dos produtos que fabrica. Já o trabalhador que sabe utilizar as ferramentas de representação, como o desenho, os *softwares* de modelagem, os editores de texto, entre outros, fica responsável somente por combinar diferentes demandas sociais e aspectos da produção para criar as prescrições necessárias para que o trabalhador especializado produza uma mercadoria, mas não é capaz de se tornar independente porque não sabe reproduzir isoladamente esta informação em sua forma útil para a sociedade.

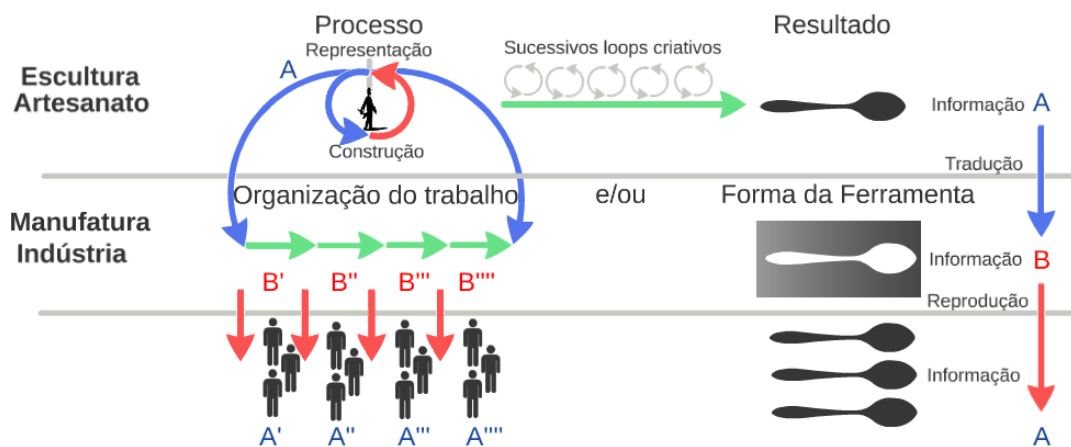


Figura 16 Esquema de reprodução da informação pela indústria. Fonte: elaborada pelo autor.

A figura 16 mostra o esquema de reprodução da informação pela indústria: certas experiências, obtidas por métodos baseados na tentativa e erro, são usadas de molde para criar regras de organização do trabalho e ferramentas específicas que restringirão os trabalhadores, dentro do contexto da fábrica, a reproduzir os resultados destas experiências.

Como vimos nas seções anteriores, as crises na indústria acontecem quando ela não consegue variar sua produção para atender ao mercado. Vimos também que ela contorna este problema muitas vezes mudando os requisitos do próprio mercado pelo monopólio. Quando controlar o mercado é impossível, a indústria precisa se adaptar, o que pode ser feito variando a produção ou reduzindo seu tamanho de acordo com as proporções de sua divisão do trabalho. As indústrias que utilizam maquinário e funcionários muito especializados não tem a possibilidade de variar sua produção, sendo obrigadas a reduzir seu tamanho. Este é um prejuízo para os trabalhadores especializados que ficam sem ofício e para a indústria que além de ter que vender as ferramentas e máquinas ociosas, diminui seu lucro ao diminuir sua arrecadação de mais-valia. A seguir, em subseção à parte, será discutida uma tecnologia que

vem sendo aplicada para resolver estes problemas da indústria, a robótica e a fabricação digital.

3.6.1 A fabricação digital e novas possibilidades



Figura 17 Máquinas de fabricação digital. À esquerda uma fresadora, ao centro um braço robótico de corte, e à direita uma impressora 3D. Fonte: elaborada pelo autor.

A fabricação digital é uma tecnologia que serve para materializar projetos construídos digitalmente. Isto é feito com a utilização de máquinas que imprimem informação digital em um material aplicando diferentes métodos, categorizados em aditivos ou subtrativos.

Os métodos aditivos consistem em construir as formas digitais a partir da adição progressiva de material, sendo mais conhecidos como impressão 3D. Entre estes métodos os mais comuns são o de deposição e o de fusão. O método de deposição consiste em despejar camadas de algum material umas sobre as outras por meio de um bico injetor que se movimenta de acordo com o projeto. O método de fusão consiste em utilizar um laser para fundir as moléculas de um material em pó disposto sobre uma superfície. As zonas onde o laser incide se solidificam e as zonas que não recebem o laser continuam em pó, podendo ser facilmente removidas ao final. Com a construção camada a camada, o próprio pó que não é fundido serve de suporte às próximas camadas, possibilitando produzir objetos com peças soltas entre si.

Já os métodos subtrativos de fabricação digital consistem em esculpir as formas digitais em materiais rígidos. Os mais comuns são a fresagem, a escultura por jato d'água, o corte por laser e o corte por plasma. Existem ainda outros métodos de fabricação digital que utilizam braços robóticos para executar tarefas de maior complexidade, como assentar tijolos, soldar e pintar chapas, etc. Enfim, o que tem em comum todos estes métodos de fabricação, aditivos ou subtrativos, é que consistem na movimentação de uma ferramenta controlada pelo computador.

A diferença entre a natureza dos processos de produção da fabricação digital e da manufatura está, entre outras coisas, intimamente ligada à forma das ferramentas que utilizam. Na manufatura as ferramentas tomam formas específicas para cada parte do processo de produção. Neste ponto a fabricação digital caminha em sentido oposto. Nesta tecnologia a forma necessária a cada ferramenta se desmancha no percurso de um ponto no espaço. A serra-copo, ferramenta circular usada na manufatura para recortar um cilindro, na fabricação digital se transforma no movimento circular de uma fresa, esculpindo o cilindro, ou de um injetor, compondo o cilindro, ou de um laser, sintetizando o cilindro, etc. Existem muitos métodos de fabricação digital, mas seja usando uma fresa, um injetor ou um laser, sua capacidade de gerar variadas formas se fixa sobre a pontualidade de sua ferramenta e sua precisão em atingir um ponto específico no espaço. Quanto menor o ponto que consegue atingir com precisão, maior a variedade de formas que pode produzir²³ (figura 18). Ao mesmo tempo, limitações de velocidade implicam que seja ineficiente a produção de objetos grandes por uma ferramenta muito pequena, obrigando a ferramenta a manter relações de escala com seu objeto. Isto aproxima esta tecnologia da escultura tradicional onde o escultor, apesar de utilizar vários cinzéis para aumentar a produtividade, consegue esculpir uma variedade maior de formas quanto mais pontual for sua ferramenta. Porém, quanto menos da forma está presente em sua ferramenta, maior tem que ser a habilidade do escultor para reproduzi-la em percurso.

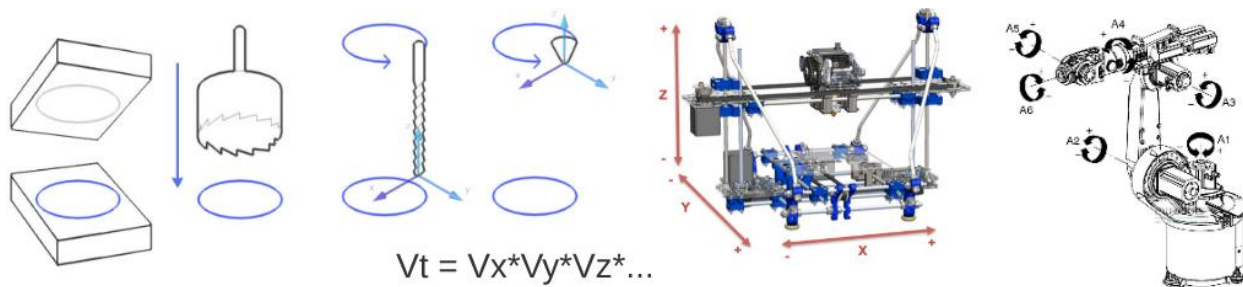


Figura 18 A relação entre a variedade das máquinas e a combinação da variedade de movimentos em cada eixo. Fonte: elaborada pelo autor.

²³ Para se ter noção de onde estão estes limites: Em abril de 2013, cientistas da universidade de Oxford imprimiram células artificiais com comportamento similar às biológicas utilizando uma impressora 3D carregada com lipídios. <http://www.geekosystem.com/3d-printing-life-like-tissue/>. Em janeiro de 2013, o Instituto Europeu de Bioinformática usou uma sintetizadora de oligonucleotídeos (impressora 2D) para imprimir a sinfonia de Bethoven no formato de dna. <http://ultimosegundo.ig.com.br/ciencia/2013-01-23/em-10-anos-dna-podera-ser-o-novo-pendrive.html>.

A forma ao não ter abrigo na ferramenta precisa ser armazenada em outro lugar. No caso da escultura a informação que não está presente na ferramenta se encontra no sistema nervoso do escultor. Na fabricação digital ela se encontra na memória do computador, e pode ser acessada pelo software. Porém, o escultor trabalha de maneira diferente do software de fabricação digital. No software a forma da escultura e o percurso da ferramenta são totalmente determinados antes de se começar a trabalhar no material. Modela-se a forma inteira no software e manda-se para a máquina a sequência completa de movimentos a serem executados. Já para o escultor a forma encontra-se turva e o percurso que pode determinar é somente o de alguns gestos técnicos incorporados com a experiência, como o de riscar um círculo. Desta maneira, o escultor trabalha reavaliando tanto a forma pré-concebida como o percurso de sua ferramenta a partir da forma que surge no material a cada cinzelada. Em linguagem cibernética estas rodadas de reavaliação da forma e do percurso que o escultor faz a cada cinzelada podem ser chamadas de *loops*, ou ciclos²⁴, pois terminam onde começaram.

Nas máquinas de fabricação digital o sistema de verificar o que está sendo produzido é chamado de *closed loop*²⁵. Mas neste caso o *loop* serve somente para adequar o percurso da máquina às variações que venham a surgir durante a fabricação. Como explicado anteriormente, no controle entre dois sistemas só a variedade pode responder à variedade. Portanto se surge uma nova variedade, como uma parte mais espessa numa madeira sendo cortada, mas a máquina tem somente uma variedade de resposta predefinida, cortar a uma velocidade x, o sistema colapsa e a fresa se quebra. O sistema de *closed loop* serve para responder a estas variações e garantir a integridade do trabalho. Como visto este sistema é muito mais simples que o utilizado pelo escultor, somente regula a velocidade e verifica se o percurso está sendo obedecido. Ele não possui autonomia para modificar a forma, somente imprime o que está armazenado na memória do computador. Isto ocorre porque as máquinas de fabricação digital são ferramentas de tradução, como músculos, ou seja, são processos um-para-um, onde uma variedade de informação que recebe do software sob forma de impulso elétrico é reproduzida em uma variedade de movimento de sua ferramenta pontual, criando uma variedade de forma. Porém a forma indefinida, pontual, de sua ferramenta, somada à sua

²⁴ Tradução livre feita pelo autor.

²⁵ O processo de trabalho das máquinas que não possuem estes sensores é chamado *open loop*. Pois trabalha linearmente sem nunca verificar os resultados de sua produção.

capacidade de movimentação em vários eixos a difere das ferramentas um-para-um da fábrica de relógios. Pois apesar de não ser um instrumento de criação de variedade como a ferramenta do escultor, oferece menos limites de tradução às formas criadas no software do que oferecem as ferramentas da fábrica às formas que queiram criar seus trabalhadores.

Os softwares de modelagem digital apareceram muito antes da popularização das máquinas de fabricação digital. A materialização de formas desenhadas em softwares por meio de manufatura é comum no campo da arquitetura. Porém, as máquinas de fabricação digital vão além do limite de complexidade que se consegue materializar com a manufatura. Como visto, materializar formas complexas utilizando-se trabalho manual exige ferramentas com formas muito específicas ou artesões com muita habilidade. A produção de ferramentas específicas não é viável a não ser na produção de objetos em série. A contratação de artesões é inviável na produção industrial por sua escassez²⁶ e por que são necessárias muitas horas para executar uma forma complexa. Desta maneira, a primeira contribuição que a fabricação digital traz à variedade, para os arquitetos, é o poder de tradução que dá às formas que podiam ser visualizadas nos softwares, mas até sua chegada não podiam ser materializadas.

A tradução das formas digitais em matéria só é possível considerando o material a ser trabalhado como homogêneo, sem variedade. Para que a tradução de uma informação seja feita sem ruídos, é necessário que não seja afetada por informações externas. Algumas máquinas de impressão 3D utilizam até quinze injetores para construir objetos heterogêneos, mas cada injetor contém somente materiais homogêneos²⁷. Neste ponto, a fabricação digital segue a tendência da manufatura e da indústria. A tecnologia industrial consiste em “abstrair as características úteis dos materiais de suas conexões naturais. O que normalmente constitui uma simplificação radical destes materiais”²⁸ (FEENBERG, 2010, pág.10). Seguindo esta lógica as máquinas de fabricação digital utilizam materiais radicalmente simplificados para

²⁶ O trabalho artesanal de alta complexidade é largamente utilizado na produção de bens de luxo.

²⁷ Além da sintetização de materiais compostos, Neri Oxman (2011) propõe um novo método de fabricação que intitula prototipagem rápida de propriedades variáveis. Onde ao invés de imprimir sólidos, o objetivo deste método é utilizar disposições variadas de diferentes materiais no espaço para compor materiais com estruturas fibrosas. Assim como nos materiais encontrados na natureza, diferentes estruturações das fibras dariam origem a materiais com diferentes características físicas, gerando maior variedade.

²⁸ Tradução livre de: “creating a technology involves abstracting the useful aspects of materials from their natural connections. This constitutes a radical simplification of those materials”.

construir novamente a complexidade material a partir do zero, servindo-se da informação que recebem dos softwares. Portanto esta tecnologia desconsidera, ou pode-se dizer que substitui, as informações existentes no mundo material por informações processadas no mundo digital (figura 19).

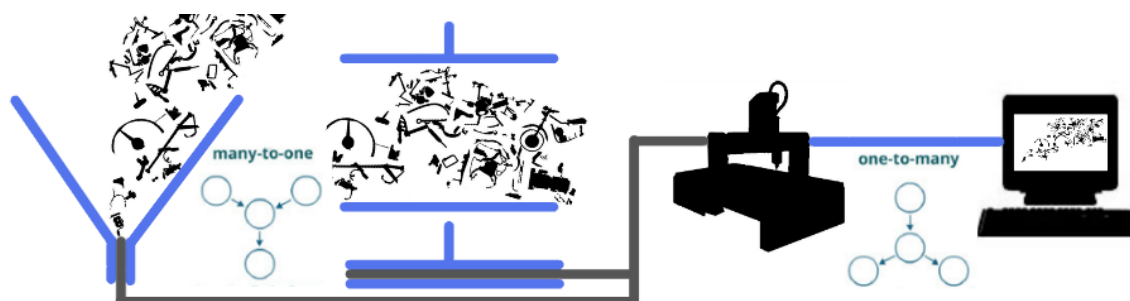


Figura 19 Processo de destruição e reconstrução da variedade. Fonte: elaborada pelo autor.

O afastamento entre o processo de informação e os materiais a serem informados vem acontecendo na arquitetura desde o renascimento com o desenho. Os construtores medievais combinavam a variedade presente nos materiais locais com suas habilidades utilizando ferramentas de projeto que riscavam diretamente sobre estes materiais (FERRO, 1982). Processo similar ainda é utilizado pelos marceneiros tradicionais. Dentro da fabricação digital a reconciliação entre projeto e construção é vista por Oxman como algo possível por meio da prototipagem rápida. Tanto Oxman (2006) como Kolarevik (2003) concordam que a prototipagem do processo construtivo é uma maneira de incorporá-lo à arquitetura. Porém Kolarevic foca na possibilidade de se prototipar todos os processos de construção dentro da ferramenta digital, tornando o arquiteto um mestre construtor da informação²⁹. Enquanto Oxman foca na possibilidade de se prototipar fisicamente a informação digital para testar processos de montagem e outras características materiais. A prototipagem física de modelos digitais, ainda que se utilizem materiais homogêneos que não agregam variedade, permite que surjam no mundo digital informações geradas pela interação corporal com as formas.

Para que a variedade existente no mundo material seja combinada com a variedade do mundo digital, em vez de substituída, precisa ser traduzida e interpretada pelo software. Uma maneira de fazer isso é digitalizar a variedade de informação contida nos objetos utilizando-se de *scanners*. Assim, a versão digital da informação contida nos objetos é combinada com

²⁹ Tradução livre do termo “*Information Master Builder*”.

outras informações contidas nos modelos digitais e a variedade resultante pode ser impressa sobre estes objetos novamente. Esta situação pode ser exemplificada pelo “mobiliário brinquedo”³⁰ criado pelo arquiteto Greg Lynn. Lynn cria mesas a partir de brinquedos doados. Faz isso primeiramente digitalizando a forma dos brinquedos com um *scanner*. Depois aglomera e sobrepõe as representações dos brinquedos usando um software de modelagem para que constituam o formato da mesa. Feito isto, cria no software recortes nos modelos dos brinquedos para que se encaixem perfeitamente na posição desejada. As modificações feitas nas representações são traduzidas aos brinquedos utilizando uma fresadora. Ao final os brinquedos são montados e colados uns aos outros na posição desejada, conformando as mesas desenhadas no software³¹ (figura 20).

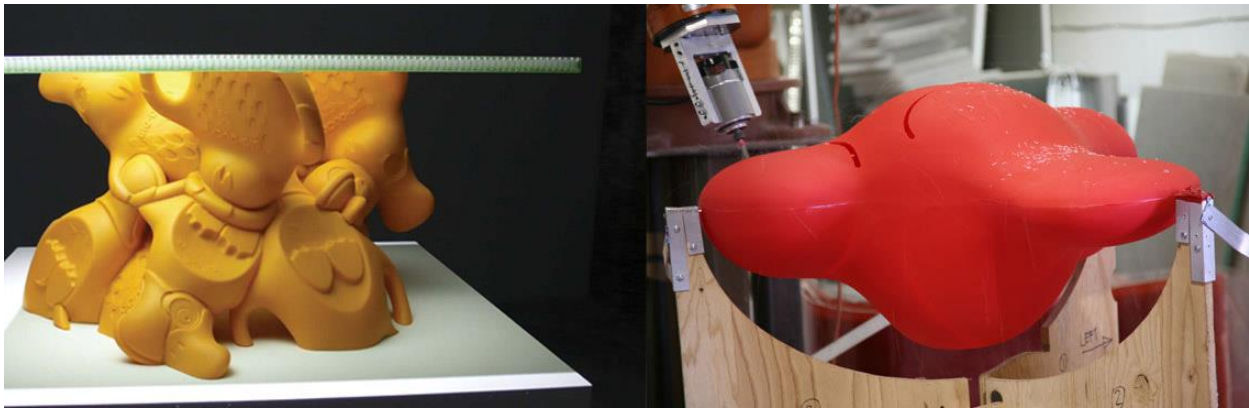


Figura 20 À esquerda a mesa de Lynn montada. À direita outra obra de Lynn sendo produzida no mesmo sistema. Fonte: Página Designophy³².

3.6.1.1 Do Software à forma

Como visto até agora, na fabricação digital a forma não é gerada durante o percurso da ferramenta física, mas utilizando-se a simulação de ferramentas digitalmente por meio do software. O software simula um espaço cartesiano que diferentemente da oficina não tem limite de tamanho. Dentro deste espaço ele fornece ferramentas para criar pontos, linhas, planos e volumes, assim como ferramentas para modelar estes objetos torcendo, esticando, furando,

³⁰ Tradução livre do termo “Toy Furniture”. Um vídeo demonstrando a proposta e o processo de fabricação pode ser encontrado em: <http://www.youtube.com/watch?v=tDbr4WYgP3o>

³¹ Disponível em: <<http://www.glform.com/ducktable1.pdf>> Acesso em: 10 ago 2014.

³² Disponível em : <<http://www.designophy.com/designpedia/photoalbum.php?pn=f1&pid=1000000063>> Acesso em: 10 out 2014.

etc. É neste momento que o artesão digital trabalha em *closed loop*, experimentando cada “cinzelada” das ferramentas que o software disponibiliza e verificando seu resultado até chegar a uma forma que lhe interesse. Tanto se pode utilizar uma mesma ferramenta para produzir muitas formas como combinar várias ferramentas para produzir uma única forma. Neste caso o software serve de ambiente de trabalho onde o usuário combina variedades de ferramentas criando variedades de formas, caracterizando um processo de muitos-para-muitos. Valem para as ferramentas de seu software as mesmas regras das ferramentas da escultura. Quanto mais livre de dimensões a ferramenta maior o número de possibilidades que oferece, como é o caso da ferramenta de desenho livre. Porém, também é maior a necessidade de obter a forma de outro lugar, no caso, da habilidade em controlar o cursor.

Enquanto alguns softwares fazem referência às ferramentas da manufatura, outros se despregam deste contexto e aderem a uma lógica mais abstrata, da matemática. Isto pode ser observado nos softwares que fornecem ferramentas para inserir parâmetros numéricos e ferramentas matemáticas para articulá-los criando a forma, como o *Grasshopper*. A forma neste caso não surge de nenhum gesto, como no caso de controlar o mouse ou o cinzel. A forma surge do cálculo programado no software, neste caso por um usuário mais próximo a um matemático do que a um artesão (figura 21).

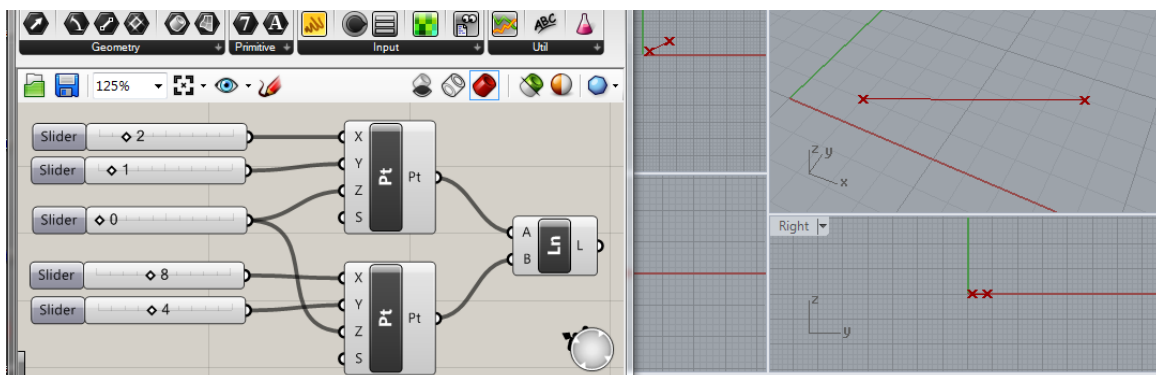


Figura 21 Captura de tela que ilustra o funcionamento matemático do software *Grasshopper*. Fonte: elaborada pelo autor.

O que faz diferir, primeiramente, este software dos que são voltados somente à modelagem é que suas ferramentas podem se combinar criando outras ferramentas da mesma natureza. Ou seja, no *Grasshopper* o usuário tem acesso a uma transição meta-sistêmica para uma camada onde é possível modelar as próprias ferramentas usadas para modelar. Isto acontece porque este software fornece ao usuário ferramentas de programação com uma natureza similar às que o fazem funcionar. O custo desta transição é uma interface mais

abstrata, necessitando conhecimento de um novo código para que seja utilizada por usuários que costumam trabalhar diretamente na forma. Outro fator que distância o usuário do contato direto com a forma são as ferramentas generativas. Utilizando-as o usuário formula regras gerais e utiliza o processamento do computador para gerar formas. Neste caso é o próprio computador quem combina variedades gerando novas variedades, o usuário só seleciona entre elas as que lhe interessa.

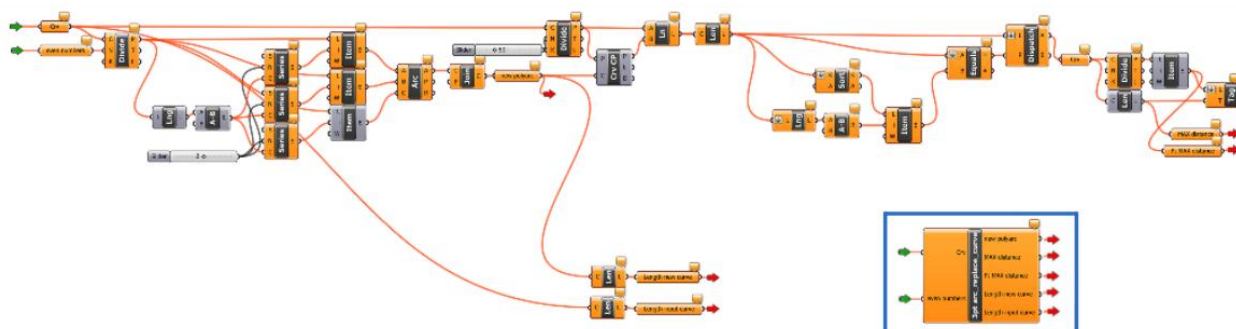


Figura 22 Esquema de compressão visual da programação em um *Cluster*. Fonte: elaborada pelo autor.

A figura 22 mostra o funcionamento dos *Clusters*, as ferramentas do *grasshopper*. Neste exemplo toda a longa programação acima foi comprimida no cluster destacado à direita, preservando somente seus canais de entrada e saída de informação. Esta programação que existe agora dentro de um *Cluster* pode ser acessada clicando com o botão direito sobre ele.

3.6.1.2 Da forma ao software

Para uma informação chegar ao *software* ela tem que passar por um complexo porém rápido processo de codificação. Primeiramente esta informação deve ser traduzida em variação elétrica. São muitos os aparatos que fazem este tipo de tradução, por exemplo, *scanners*, câmeras digitais, teclados, microfones, leitores de cd, etc. Toda variação que pode ser traduzida em variação elétrica pode ser lida pelo computador, sendo que estes tradutores são chamados de sensores. Se for recortado um trecho das variações elétricas fluindo dentro do computador, poderá ser verificado que elas são o ponto mínimo de variedade do sistema, onde se podem distinguir somente dois estados: corrente fluindo e sem corrente³³. A conjunção de muitas combinações desta variação mínima constitui ferramentas que formam uma linguagem

³³ A modulação por largura de pulso (PWM) combina a variedade binária entre ligado e desligado em diferentes intervalos de tempo, criando uma nova camada de complexidade que são as variedades de tensão.

de base, também conhecida como linguagem de máquina por controlar diretamente o fluxo de eletricidade no computador. Por sua vez, esta linguagem serve para a construção de ferramentas que formam linguagens compostas, que daí por diante vão se sobrepondo e formando níveis de codificação cada vez mais complexos, passando por algo parecido com o inglês até chegar ao nível de codificação dos softwares de modelagem.

O processo de decodificação dos sensores é capaz de abstrair as dimensões de objetos concretos desmanchando-os em um aglomerado de partes com variedade mínima para que possam ser lidos pelo computador e ser recodificados novamente. No trabalho de Greg Lynn, por exemplo, o computador reconstrói e gera uma visualização da forma dos brinquedos que foram desmontados e traduzidos anteriormente em variação elétrica por meio de um scanner. É por passar por este ponto mínimo de variedade, o *quanta* da informação, que o computador consegue combinar informações de naturezas diversas. Com o encontro de variedades de diversas naturezas traduzidas em um código comum, por meio do computador, as possibilidades de combinação dão um salto astronômico à capacidade humana de gerar variedade. Porém não haveria o que fazer com esta variedade de impulsos elétricos se não existissem os aparatos que possibilitam retraduzir estas informações em fenômenos de outras naturezas, como as telas, as caixas de som, os motores e as máquinas de fabricação digital. Estes tradutores são chamados de atuadores (figura 23).

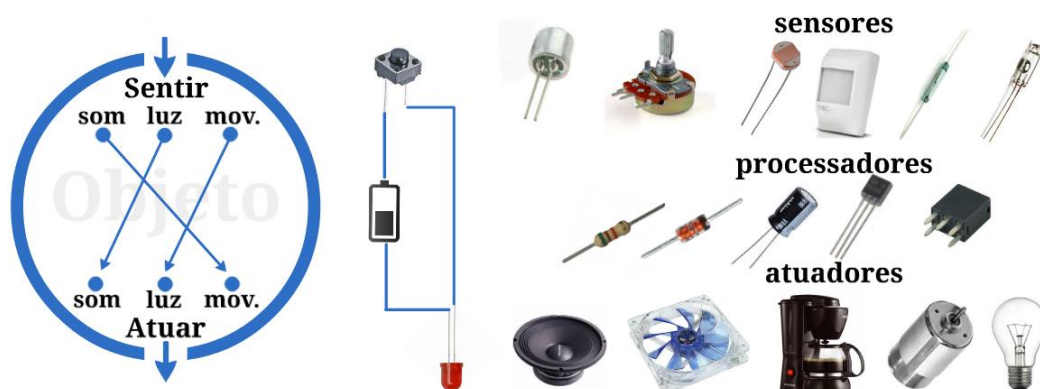


Figura 23 Esquema de funcionamento das máquinas eletrônicas com exemplos de sensores, processadores e atuadores de baixa complexidade. Fonte: elaborada pelo autor.

Outra tecnologia importante para o crescimento da variedade é a internet. Com a internet a informação pode ser trocada entre computadores conectados em rede por via de impulsos elétricos, de rádio, luz, eletromagnéticos, etc. Desta maneira tem-se em mãos tradutores de informação, como scanners, câmeras, teclados, microfones, máquinas de

fabricação digital, caixas de som, lâmpadas, etc, e redes de distribuição de informação, como antenas de rádio, satélites, cabos de fibra ótica, etc. Sendo assim, as informações podem ser traduzidas em variações elétricas, viajar longas distâncias e ser retraduzidas em sua forma original. Este sistema só não pode ser chamado de rede de teletransporte de informação porque a informação transportada é sempre uma duplicata, e não a original. Viabilizado o encontro de variedades distribuídas entre computadores em todo o planeta as possibilidades de combinação dão um segundo salto à capacidade humana de gerar variedade.

É importante ressaltar que, por mais que a tradução se torne muitas vezes um processo automático e transparente, tal processo é construído cientificamente a partir de explicações lógicas dos fenômenos. Mais uma vez, assim como as ferramentas da escultura, o código se torna mais limitado quanto mais informação se encontra predefinida em cada uma de suas ferramentas. Ao mesmo tempo em que, quanto mais simples seu código, mais informação é necessário se extrair de outro lugar, para ordená-lo de maneira útil. No computador este problema se resolve mantendo o acesso do usuário às suas diferentes camadas de codificação. Quando um usuário não consegue realizar uma tarefa em um software, faz uma transição meta-sistêmica para a próxima camada de codificação onde possa ter acesso a outras ferramentas ou modificar as existentes.

3.6.1.3 O uso industrial da fabricação digital

As características supracitadas dos softwares trouxeram novas possibilidades de diálogo ao processo de projeto na arquitetura. Primeiramente, existe uma gama de softwares, com diferentes ferramentas e universos de modelagem, por onde os desenhos podem transitar, combinando suas diferentes ferramentas de acordo com diferentes propósitos. Um dos sentidos em que estes softwares tornam o processo de modelagem mais dialógico, é que tornam mais fácil voltar e avançar, reconstruindo a informação, do que o tradicional desenho em papel. Outra propriedade dialógica dos softwares é o compartilhamento de modelos. Usando conexões em rede uma gama de profissionais pode dialogar utilizando o mesmo modelo, propondo mudanças uns aos outros, incrementando a variedade do que podem produzir por meio da interação (figura 24).



Figura 24 O potencial dos softwares de CAD como ferramenta de diálogo por meio do compartilhamento de um mesmo modelo entre vários profissionais. Fonte: elaborada pelo autor.

Porém da mesma maneira que a perspectiva, este compartilhamento do mesmo modelo é usado na indústria da construção como um aperfeiçoamento do sistema linear de restrição sucessiva, baixando a variedade do que pode fazer cada profissional ao longo da produção. Como visto no capítulo sobre fundamentação em cibernética, “A é melhor quando B é melhor” (FOERSTER, 1972) e o contrário também se aplica. Então o sistema linear de restrição sucessiva que parece um ganho de poder pelo arquiteto quando está no topo do processo de restrição, se torna uma perda de poder quando este arquiteto é restringido ao que pode fazer o trabalhador restrito (figura 25). O arquiteto tem um papel de pouca importância na indústria da construção, devido ao fato de o processo de construção ser tão determinado que não lhe sobra muita variedade com que trabalhar, ficando restrito a remanejar salas em um jogo de quebra-cabeças de grandes peças.

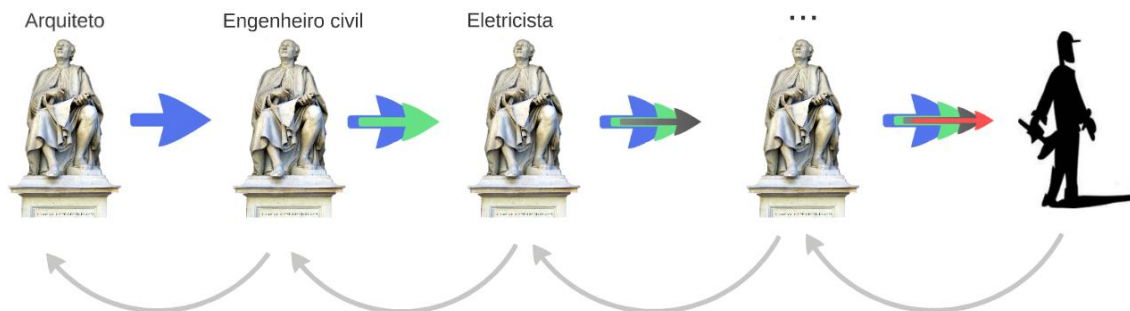


Figura 25 Processo linear de restrição sucessiva e a reciprocidade restritiva: A é pior quando B é pior. Fonte: elaborada pelo autor.

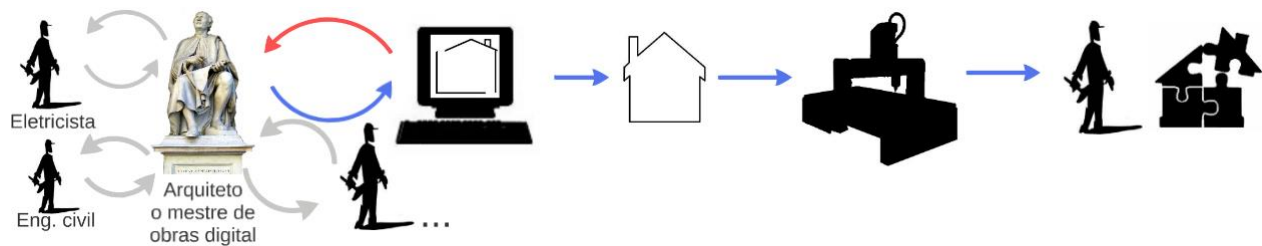


Figura 26 O arquiteto como peça central de organização da informação. A submissão do trabalhador à máquina e não mais ao desenho. Fonte: elaborada pelo autor.

Kolarevic chama a atenção para as tecnologias digitais como os componentes principais para uma arquitetura de maior variedade. Mas se analisada a indústria automobilística, onde esta tecnologia ganhou aplicação industrial desde 1980, é possível perceber que a nova tecnologia abre oportunidade para um maior requerimento de variedade do que a organização do trabalho de seus operadores pode requerer. A fabricação digital aumentou a flexibilidade do que pode produzir o capital constante, as máquinas industriais, pois com uso da reprogramação a indústria pode variar sua produção mais facilmente, sem fazer alterações no equipamento (MARQUES, 1990). Quanto às etapas de tradução da informação prescritiva dos produtos sobre os materiais, esta tecnologia liberta totalmente a indústria das limitações de variedade que traziam o trabalhador parcial na manufatura e a máquina trivial da revolução industrial. Porém, o problema passa a ser a criação da informação a ser traduzida. Em busca da amplificação da produtividade e do controle, a indústria robotizada mantém o modelo centralizado de criação da informação por meio da organização do trabalho em linhas de restrição sucessiva do processo decisório, o que continua restringindo a variedade do que pode produzir seu capital variável, os trabalhadores (figura 26). A variedade de informação que este sistema de trabalho consegue produzir é muito baixa. No entanto, a indústria automobilística cria periodicamente alguns modelos novos de carros e utiliza as máquinas de fabricação digital para reproduzi-los repetidamente aos milhões. Além da baixa variedade de produtos, os trabalhadores parciais continuam existindo já que, no Brasil, a automação robótica não diminuiu a quantidade de funcionários contratados nas empresas automobilísticas (MARQUES, 1990). Embora a manutenção do número de funcionários pareça uma vantagem, deve-se levar em conta que suas qualificações, e como consequência suas remunerações, sofreram redução.

“O ferramenteiro é um trabalhador que muito se aproxima do chamado trabalhador de *métier*, pois domina inteiramente a arte de usar, realizando a unidade entre a concepção e execução do trabalho. Sua atividade no interior da fábrica de automóveis constitui um dos poucos trabalhos que não sofreu aplicação dos princípios tayloristas e fordistas. Com a introdução do controle numérico ou de

eletro-erosão, no entanto, o saber de seu ofício é passado para o programa, deixando de ser necessário seu trabalho...

...O trabalhador coloca a peça a ser trabalhada em uma ponta e recolha a peça pronta de outro lado. A máquina faz todas as operações e ainda verifica, via computador, a questão da qualidade.

... É importante mencionar, entretanto, que a utilização destes equipamentos não desqualifica necessariamente o trabalhador. A perda de conteúdo do trabalho do ferramenteiro ou do trabalhador da usinagem é, na verdade, decorrente da concepção de organização do trabalho adotada na empresa. Só há desqualificação porque a gerência não permite que o trabalhador realize e altere os programas, apoiando-se no princípio básico da Organização Científica do Trabalho que é o de manter separadas a concepção e a execução...”

(MARQUES, 1990).

3.6.1.4 A rica rede e a pobre sociedade informática

Nas últimas seções foi levantado o seguinte panorama sobre a capacidade técnica de produzir variedade da tecnologia digital: Primeiro existe uma rede de computadores que troca variedades entre si. Esta troca é um processo um-para-um que não gera novas variedades, mas as distribui espacialmente. Cada um destes computadores está conectado a tradutores que podem incorporar variedades de outras naturezas ao computador sob a forma de eletricidade e vice-versa. Este processo de tradução também pode ser considerado um processo um-para-um que não gera novas variedades, mas possibilita que transitem entre várias naturezas. Porém as variedades que o computador acessa por meio das redes e dos tradutores podem ser combinadas utilizando-se seus softwares de forma programada, ou por um humano gerando novas variedades, o que pode ser caracterizado como um processo de muitos-para-muitos que gera novas variedades. Esta estrutura abre possibilidades para que variedades de diversas naturezas, em diversas localizações, possam ser combinadas e reproduzidas sobre diversas formas, de maneira automática ou não.

Por parte do aparato técnico, a capacidade desta combinação depende somente da capacidade de traduzir fenômenos em variações elétricas e da capacidade de traduzir variações elétricas em outros fenômenos. Dentro deste contexto foi visto que as máquinas de fabricação digital conseguem diminuir estes limites de tradução, ao substituir a ferramenta que possuía a forma materializada em si pelo movimento controlado de uma ferramenta a-dimensional. Por fim, foi visto também que esta tradução depende da decomposição e reconstrução da informação em níveis de crescente complexidade por meio da codificação. Esta estrutura parece ser um rico processador de variedades, ou como cita Flusser: “A rede informática da qual somos nós se apresenta como uma espécie de supercérebro composto de cérebros, ou uma espécie de supermente composta de mentes.” (FLUSSER, 2008, pág.95).

Porém, basta levar em conta que a tecnologia de fabricação digital, que chegou à arquitetura recentemente, é procedente da indústria automobilística e naval, onde caminhou para a produção repetitiva em massa, para entender que existem outros fatores determinantes no seu emprego para o aumento ou redução de diversidade. Continuando a fala de Flusser ele explica:

“A sociedade informática, por sua vez, se apresenta como construção deliberada de tal supercérebro e tal supermente. O resultado dessa construção deliberada é um supercérebro sumamente pobre, e uma supermente sumamente tola. Isto acontece porque a sociedade informática é supercérebro controlado a partir de um centro, quando o cérebro humano é na verdade dirigido por engrenagem complexa de funções dispersas e mutuamente substituíveis...] [...A sociedade informática revela-se então supercérebro e supermente infra-humanos”.

(FLUSSER, 2008, pág.95).

A tentativa de controle da sociedade por meio do capital, e seu desenvolvimento utilizando-se a organização do trabalho e as ferramentas, é sinônimo de um sistema de decisão, processo de combinação que gera variedade, centralizado. A partir deste centro ocorre somente a execução de ordens, processo um-para-um que não gera variedade, mesmo envolvendo pessoas com capacidade de processar informação.

Na arquitetura a situação é similar. A fabricação digital chegou trazendo muitas novas possibilidades de gerar variedade para os arquitetos. Mas utilizar esta tecnologia para dar aos usuários e construtores novas possibilidades não é um *insight* que muitos arquitetos tiveram. Como dito na introdução os arquitetos se preocupam em dar respostas arquitetônicas específicas para cada variedade de problema. Seu processo de produção se assemelha ao da linha automobilística onde, apesar de não produzir repetitivamente, congela o processo de decisão na fase de projeto. Resta à máquina e ao construtor fabricar e montar as peças de maneira determinada pelo projeto, em um processo um-para-um, que não gera variedade. Nesse momento, quando se poderia combinar na construção toda a variedade formal existente em materiais disponíveis localmente, o projeto fechado do arquiteto permite somente a utilização de materiais padronizados. Já o usuário se depara com uma forma complexa que contém suficiente informação incorporada para definir exatamente qual será o seu uso, como nas ferramentas da manufatura. Se fosse seguido o modelo que viabiliza o projeto e fabricação digital, ao invés de produzir respostas cristalizadas em formas, como as ferramentas da manufatura, a arquitetura ofereceria, por meio do movimento, uma estrutura que pudesse gerar diversas combinações com o uso. Desta maneira, ao invés de reduzir todos os processos

posteriores à variedade produzida no processo de projeto, a arquitetura daria continuidade ao processo de combinação de variedade.

Abrir o sistema, por meio do movimento ou da forma indefinida, para a influência do construtor, do usuário, ou dos materiais locais é claramente uma atitude não-determinística, que gera variedade desconhecida e portanto abre mão do controle. Esta atitude pode ser relacionada com as três posturas mencionadas anteriormente por Glanville(2002): A primeira postura, de atuar reduzindo a complexidade do sistema de controle à variedade de um dos sistemas participantes, pode ser relacionada ao projeto tradicional, onde a variedade da construção e uso é reduzida a variedade de projeto; a segunda postura, de restringir a variedade do sistema de controle à uma variedade comum, pode ser relacionada aos processos mais avançados de engenharia simultânea onde as etapas de projeto e construção se limitam mutuamente; e a terceira postura, de aceitar o descontrole, pode ser relacionada ao sistema de projeto *open-source*, onde não se tenta controlar as etapas anteriores ou posteriores dos processos em questão, tratando o projeto somente como uma sugestão ao construtor e a construção somente como sugestão de uso, de maneira a dar abertura para que tudo possa ser modificado. Para entender a natureza desta sugestão não controladora podemos recorrer ao imperativo ético de Foerster: “Aja no sentido de aumentar o número de escolhas”(FOERSTER, 1991). Onde o objetivo de cada etapa é sempre fornecer uma estrutura que possibilite mais escolhas ao próximo processo. Inclusive, Glanville explica que assim torna-se mais fácil para cada observador exercer suas próprias escolhas e ser responsável por elas. Se do contrário restar-lhe somente uma escolha, esta não será sua responsabilidade, estará somente comunicando uma mensagem. Enfim, como esta é uma discussão ética e não moral, cabe a cada um escolher sobre qual dos três caminhos desenvolver seu processo de trabalho e assumir a responsabilidade sobre sua escolha.

3.7 Cooperativas parciais e a produção industrial sem capitalismo

A cooperativa é uma associação autônoma de pessoas que colaboram voluntariamente para seu benefício mútuo. O principal diferencial da cooperativa em relação ao empreendimento capitalista, dentro da lei brasileira, é que o cooperativismo é um sistema fundamentado na reunião de pessoas e não no capital. Dessa forma, não visa às necessidades

do lucro, mas de seus componentes³⁴. A gestão de seus meios de produção é compartilhada pelas pessoas que utilizam sua estrutura, os cooperados, e sua adesão é livre, de maneira que não se torne um instrumento de benefício para poucos. Em sua versão mais revolucionária, as cooperativas são organizações integrais que congregam as mais diversas formas de cooperação, como é o caso dos Falanstérios idealizados por Charles Fourier ou a escola libertária “*La Ruche*” de Sébastien Faure. Em outra versão, menos revolucionária, as cooperativas são organizações parciais que agregam o interesse comum de indivíduos em torno de uma esfera específica, como a produção ou consumo de um ou mais tipos de mercadoria ou serviço, a provisão de moradia, a concessão de crédito, etc. As cooperativas parciais são divididas de acordo com a divisão social do trabalho, logo se relacionam por meio do mercado, tanto entre si como com empreendimentos capitalistas. A possível perspectiva revolucionária deste modelo dividido é a formação de um mercado cooperativo, o qual superaria o mercado capitalista.

Como vimos anteriormente, a divisão do trabalho permite a complexificação da produção. Dessa forma, a criação de uma rede de cooperativas seria uma maneira de superar a exploração do capital sem abdicar da complexidade da produção dividida socialmente. Porém, apesar da rede de colaboração entre cooperativas parciais ser uma alternativa ao capitalismo, não deixam de herdar a sua divisão do trabalho. Mesmo sendo as cooperativas entidades horizontais que dão ao cooperado o direito ao voto nas assembleias, suas pautas se limitam às decisões internas de sua produção especializada. Não se questiona o próprio enquadramento da cooperativa dentro da divisão do trabalho na sociedade. Enfim, ficam as cooperativas sujeitas aos mesmos problemas de que sofrem os empreendimentos manufatureiros capitalistas. Diante do exposto, conclui-se que o desenvolvimento de alternativas ao capitalismo, partindo da divisão do trabalho existente na manufatura, apesar de eliminar a origem dos problemas, a renda da propriedade, perpetua sua consequência, a dependência na propriedade.

Por esse lado, as cooperativas de habitação vão por um caminho muito mais revolucionário. Primeiramente porque levam à gestão coletiva da propriedade. E segundo porque, organizando mutirões, podem readequar a demanda técnica da construção à sua mão

³⁴ Mais informações sobre o cooperativismo no Brasil podem ser encontradas em: <<http://www.ocb.org.br/site/cooperativismo/index.asp>> Acessado em: 10 out. 2014.

de obra não especializada. Mas, para que tenham alguma relevância econômica, seria interessante que estendessem sua atuação à construção e gestão de espaços de produção coletiva, não se restringindo somente à construção e gestão de habitação, um meio de reprodução do trabalho. Outro apontamento é que estes espaços de produção coletiva não sejam especializados, como normalmente ocorre nas cooperativas, mas sim espaços multifuncionais com uma diversidade de ferramentas que acomode uma produção diversificada. Desta maneira, eliminando a determinação técnica dos meios de produção, abre-se espaço para que surja uma divisão do trabalho mais coerente com as demandas e ofertas que emanam do cotidiano presente em um território específico.

3.8 Sumário e considerações à tecnologia de ponta: os perigos do pensamento linear

Como visto, o desenvolvimento da arquitetura produzida em massa, no Brasil, predominantemente com base na manufatura capitalista, tende a ter uma geração de variedade muito limitada, com soluções padronizadas e repetidas. Isto se deve principalmente ao fato do trabalho na manufatura ser dividido em uma pequena parte decisória centralizada e uma grande parte que somente reproduz estas decisões. Assim, a baixa variedade resulta tanto da incapacidade dessa parte decisória muito pequena gerar informações novas para a reprodução, quanto da dificuldade desta grande parte reprodutiva em se adaptar às inovações geradas pela parte decisória, já que a adaptação, em si, também demanda um processo de decisão. Em suma, a baixa variedade se mostra resultado de uma mútua limitação entre a parte decisória e a reprodutiva, que por sua vez é fruto da concentração do poder de decisão.

No entanto, como esta concentração é um elemento essencial do modelo produtivo de quem toma as decisões, o problema da variedade só pode ser tratado em suas ramificações secundárias, que são: i) aumentar a capacidade de criação e gerenciamento da informação pela classe menor, onde na ponta estão os softwares e processos modernos de engenharia simultânea; ii) facilitar a tarefa de reprodução da informação pela classe maior, onde na ponta estão as máquinas de fabricação digital. Os resultados de se tentar resolver os problemas internos do sistema de produção industrial por meio do superdesenvolvimento de sua própria lógica de concentração levam à polarização da sociedade, ao surgimento de monopólios e, em suma, à redução da diversidade (ILLICH, 1974).

4 *Estruturas para a livre organização do trabalho*

No capítulo anterior foi visto que a utilização de novas tecnologias dentro do sistema industrial se mostra problemática. A existência de cooperativas que utilizam a mesma organização de trabalho da indústria demonstra, também, que a propriedade coletiva dos meios de produção não significa, em si, a adoção de um processo de trabalho mais dialógico e diverso. Porém, ambos os processos abrem possibilidade para que se desenvolvam outros tipos de organização fora do meio industrial. Neste sentido, os vários movimentos de colaboração e disseminação do conhecimento em rede, baseados nas tecnologias da informação e comunicação, apontam para novas possibilidades de reversão do processo de concentração do poder decisório que questionam tanto o conceito tradicional de propriedade, quanto a organização tradicional do trabalho (MASTNY et al, 2012). Contrapondo-se à produção industrial os movimentos de desenvolvimento e compartilhamento online de *open hardware*, como o *Open Source Ecology*, *Wikihouse*, *Thingiverse*, *Yeggi*, *Instructables*, *SketchChair*, *Open Desk*, entre tantos outros, aliados a espaços de produção compartilhada, como os *FabLabs*, *Tool Libraries*, *Free Farms*, *Comunity Workshops*, estão crescendo no mundo todo e trazem a promessa de uma nova revolução industrial descentralizada (CARSON, 2010).

4.1 **Redes de compartilhamento e colaboração**

Um modelo de cooperação alternativo às empresas e às cooperativas parciais são as economias de compartilhamento, ou economias colaborativas. A economia colaborativa é uma categoria criada para as transações econômicas que se baseiam na prerrogativa do acesso para além da propriedade. Conceitua-se como prática que possibilita o acesso a bens e serviços sem que haja, necessariamente, aquisição de um produto ou troca monetária entre as partes envolvidas neste processo. Por meio de redes de compartilhamento pode-se acessar, durante o tempo necessário, a utilidade dos bens e serviços da qual se necessita, sem o fardo da propriedade e da competição. Portanto a troca, no sentido da troca de propriedade, se torna desnecessária (MASTNY, PHILLEO, LEE, 2012).

“O compartilhamento é uma tendência em crescimento. Mundialmente, são feitas cerca de 2.2 milhões de viagens por bicicletas compartilhadas todo mês, enquanto mais de 3 milhões de pessoas em 235 países tem feito *couch-surfing* através do compartilhamento de casas e apartamentos. O compartilhamento é uma

economia de mais de \$110 bilhões de acordo com a advogada e especialista Rachel Botsman.”

(MASTNY, PHILLEO, LEE, 2012).

O conceito de economia colaborativa tem origem na popularização das redes de colaboração entre pares, ou *peer-to-peer*, no início dos anos 2000. Já o conceito de *peer-to-peer* surgiu em 1960, antes mesmo do surgimento da internet, para definir redes de troca de informação entre computadores que têm suas necessidades de funcionamento distribuídas entre os participantes. Cada computador participante é responsável por parte igual do processamento, armazenagem e comunicação necessários ao funcionamento da rede. A inovação que levou à popularização deste sistema nos anos 2000 foi o recurso de cada computador poder acessar um índice de todas as informações compartilhadas por cada um dos outros computadores na rede. Tal índice forma uma central virtual de informação de onde os participantes da rede podem usar ferramentas de busca para acessar o conteúdo disponível sem precisar saber exatamente de onde vem (STEINMETZ, 2005).

Os conceitos de economia colaborativa e economia solidária se interseccionam, porém não estão contidos um no outro. A economia solidária abrange processos de trabalho cooperativo a partir de uma estrutura centralizada que não necessariamente usam a lógica *peer-to-peer*. O conceito de economia colaborativa, por sua vez, abrange processos de colaboração *peer-to-peer* que não necessariamente deixam de remunerar o capital como, por exemplo, a locação de bens com obtenção de lucro, utilizando-se sistemas de gerenciamento *peer-to-peer*. O que acontece nestes casos é um processo misto de colaboração e capitalismo muito comum. Isto pode ser exemplificado no uso de táxis: o preço do táxi pode remunerar o capital, a diferença entre o serviço de táxi e o serviço de motorista particular é que o táxi se apoia sobre o compartilhamento para aumentar sua eficiência e diminuir seus custos. Os táxis atendem prioritariamente às chamadas de locais mais próximos e preferem levar passageiros a locais de onde possam retornar com outros passageiros como, por exemplo, aeroportos, economizando, assim, tempo e gasolina. Neste caso mais uma vez os aplicativos de rastreamento *peer-to-peer* vieram para intensificar o compartilhamento através de redes de comunicação exclusivas para isso. Similares ao exemplo do táxi, são os inúmeros processos de colaboração que fazem uma cidade funcionar. O compartilhamento sempre trás um uso mais eficiente do bem, seja por diminuir o custo de manutenção relativo ao uso, seja por motivos específicos como o apontado no caso dos táxis. Porém, a pesquisa tem como foco a exemplificação e compreensão do grupo de atividades que existe na intersecção dos dois conceitos, economias colaborativas e solidárias.

As economias colaborativas vêm crescendo por meio de interfaces de gerenciamento que, não só amplificam movimentos de compartilhamento que já existiam mas, trazem ao compartilhamento novas categorias de bens e serviços antes limitados ao uso privado. Por meio de tais interfaces as pessoas compartilham bens e serviços, como ferramentas, terras, casas, bicicletas, carros, trabalho, conhecimento, projetos, entre outros. Tal crescimento vem se construindo sobre raízes conceituais antigas, porém tomando vantagem de novas tecnologias que favorecem a descentralização, entre elas a internet e os *smartphones*. São diversos os conceitos novos que surgiram a partir da popularização deste movimento na internet, entre eles o de *free e open source softwares*, *open design* e *open hardwares*, *open e mass collaboration*, *wikinomics*, *peer production*, etc. Na maioria destes casos a internet serve não só, em primeira ordem, de plataforma para o funcionamento das redes de compartilhamento, mas também, em segunda ordem, para que se compartilhem informações importantes para a criação de novas redes. Existem muitas cartilhas com dicas, estruturação básica, modelos de documentação, entre outras utilidades que podem ajudar as pessoas a se organizar comunitariamente para fazer hortas, oficinas, armazéns, entre outros sistemas locais de compartilhamento, inclusive bancos sociais.

As redes de compartilhamento podem ser contrapostas às cooperativas no sentido em que não demandam trabalho ou produção periódica de seus participantes. O conceito de colaboração aberta, apesar de não ser o mais antigo, é o mais amplo dentro das economias colaborativas. Este conceito é utilizado para definir sistemas de inovação ou produção que se baseiam na livre organização do trabalho entre participantes com um objetivo em comum, para criar um bem ou serviço de valor econômico, o qual é disponibilizado entre colaboradores e não colaboradores da mesma maneira (LEVINE e PRIETULA, 2013). Portanto, diferentemente das cooperativas, a colaboração aberta também não acomoda a obtenção de retornos proporcionais aos capitais investidos por cada participante. O conceito de colaboração aberta, ou originalmente *open collaboration*, é uma expansão do movimento pelo código aberto, ou *open source*. Apesar da diversidade de objetivos, culturas e infraestruturas que suportam a colaboração aberta, esta se apoia sobre um conjunto de quatro características comuns: (i) suportar a produção coletiva de algum artefato; (ii) fazer isso utilizando uma plataforma de mediação construída sobre alguma tecnologia; (iii) apresentar poucos obstáculos para a participação e omissão e; (iv) suportar a emergência de estruturas persistentes, porém maleáveis. Combinadas, estas características formam um sistema socio-técnico complexo que oferece novas oportunidades para o desenvolvimento do trabalho cooperativo (FORTE, 2013).

A não obrigatoriedade faz das redes de compartilhamento faz delas organizações muito mais orgânicas que os empreendimentos cooperativos tradicionais. As oficinas comunitárias, por exemplo, usualmente são espaços onde as ferramentas são compartilhadas sem uma finalidade específica. Permite, desta maneira, que durante seu funcionamento se desenvolvam tanto trabalhos em benefício individual como da comunidade, com finalidade de uso ou de comércio, workshops cobrados ou gratuitos e, inclusive, sistemas de produção cooperativos tradicionais (figura 27). O objetivo do compartilhamento é abrir possibilidades, sem necessariamente manter o controle dos fins para os quais estão sendo usados os bens compartilhados. Neste caso, contando apenas com sua devolução em bom estado.³⁵

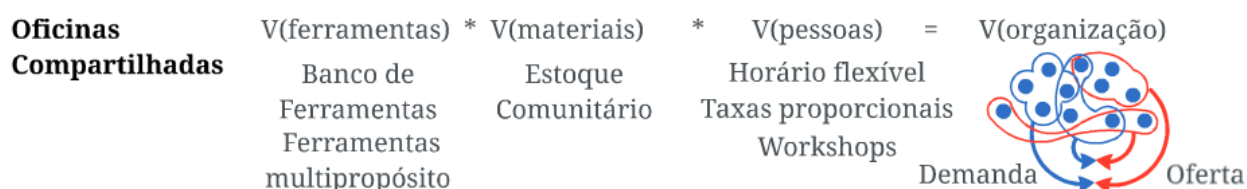


Figura 27 Esquema das oficinas comunitárias para suportar múltiplas organizações do trabalho de acordo com as demandas e ofertas que surgem no cotidiano. Fonte: elaborada pelo autor.

As diferentes redes de compartilhamento também podem constituir uma economia que englobe todas as esferas da vida cotidiana, como se pretende com utilização das redes de economia solidária. A iniciativa de construir espaços de produção comunitários vem crescendo nos Estados Unidos, e da mesma maneira vem crescendo no Brasil, principalmente no ano de 2014, o que, acredita-se, tem grande influência do TED (tecnologia, entretenimento e design), um sistema de conferências e divulgação de ideias inovadoras na internet. A ideologia do compartilhamento vem contribuindo para o surgimento no Brasil de *hacker spaces*, *Fab Labs*, oficinas comunitárias de bicicleta, cozinhas comunitárias, entre outros. O benefício desses espaços comunitários, entre outros, inclui a provisão de acesso para todos a uma vasta gama

³⁵ O couch surfing, outro exemplo, é uma interface online para o compartilhamento de acomodação onde não é necessário que se tenha fornecido acomodação para se solicitar acomodação de alguém. Muitas pessoas nunca acomodaram ninguém, e mesmo assim conseguem frequentemente acomodações de outros usuários. Existe uma economia implícita de capital cultural e social, pela qual o interesse, guiado pelo habitus de classe de cada usuário, é determinante na aceitação de outros usuários. Porém o ato de acomodar e ser acomodado, em si, não constitui nenhuma troca.

de ferramentas, a diminuição das barreiras no caminho do reparo e melhoramento da casa e da vizinhança, diminuição do impacto ambiental através da redução do consumo, aumento da capacidade de inovação e o fortalecimento da organização comunitária.

4.2 Compartilhamento de ferramentas: *Tool Libraries*

Esta seção tratará de uma proposição prática de sistema de produção que tenta, dentro do possível, congrega as superações econômicas, sociais e tecnológicas discutidas nos capítulos anteriores. Este sistema se baseia nas ofertas e demandas delimitadas por um território para superar economicamente as determinações do capitalismo sobre a divisão social do trabalho. Baseia-se, ainda, na autogestão, cooperação e compartilhamento dos meios de produção como superação das determinações sociais impostas pela renda da propriedade. E se baseia, também, na utilização de um espaço de produção não especializado e com ferramentas multi-uso para a superação das determinações tecnológicas das ferramentas da manufatura.

Como exemplo de aplicação deste sistema produtivo, será analisado o exemplo da North Station Tool Library, uma biblioteca de ferramentas e oficina compartilhada de Baltimore, estado de Maryland, nos Estados Unidos³⁶. As *Tool Libraries*, ou bibliotecas de ferramentas, são espaços que fornecem serviços comunitários de armazenagem e empréstimo de ferramentas. As *Tool Libraries*, muitas vezes, evoluem para os *Shared Workshops*, ou oficinas compartilhadas. As oficinas compartilhadas são espaços onde os associados podem utilizar uma variedade de ferramentas de grande porte para realizar uma produção diversificada, frequentar cursos e construir projetos em colaboração com outros membros da comunidade. As oficinas compartilhadas que conseguem atingir um grande porte em sua maioria dispõem de ferramentas de fabricação digital. A principal necessidade para viabilizar estas iniciativas é um sistema de controle de empréstimos, o que veremos na primeira subseção.

³⁶ Os dados a serem apresentados foram obtidos através de algumas visitas e uma longa entrevista com os fundadores da biblioteca, John e Piper. Eles contaram, passo a passo, como funciona a biblioteca e a oficina e também como foi o processo de desenvolvimento até a abertura. Ao fim da entrevista, os fundadores, de forma a estimular a criação de espaços similares, disponibilizaram também os contratos e formulários que utilizam para cadastro de novos usuários.

4.2.1 Gerenciador de compartilhamento: *Local Tools*

Local Tools, um serviço da empresa *myTurn*, é um sistema gratuito de gerenciamento para centrais de compartilhamento. O serviço, baseado na web, possibilita que se administre as finanças, afiliações e o inventário das centrais (fotos, descrições, disponibilidade, etc) de qualquer lugar onde se tenha acesso à internet (com exceção de celulares, para os quais se está desenvolvendo um aplicativo específico). Para atender às especificidades de cada central, os consultores do *Local Tools* recebem as demandas e customizam qualquer dos padrões do sistema sem custo para os usuários. Porém, com o aumento do número de centrais utilizando o programa, os desenvolvedores do sistema estão criando um *API*³⁷ aberto para que cada central tenha maior autonomia na solução de seus problemas.

A *myTurn.com* é uma *PBC – Public Benefit Corporation*, ou em português “corporação de benefício público”³⁸, que existe nos Estados Unidos. Esta corporação trabalha no sentido de facilitar que as pessoas aluguem, compartilhem e gerenciem bens. A intenção é de ter um impacto positivo sobre o meio ambiente e a sociedade facilitando-se o acesso a bens duráveis e reparáveis, assim como diminuir o consumo excessivo e o lixo. Segundo a corporação, a plataforma *Local Tools* vem sendo utilizada por empresas, universidades e organizações para tornar seus produtos mais visíveis e facilmente reservados, rastreados e por fim, utilizados pelos usuários. Já algumas municipalidades e comunidades estão usando a plataforma para criar novos centros de compartilhamento e aumentar sua resiliência.

A utilização do aplicativo é gratuita até uma quantidade limitada de ferramentas e usuários, porém, estas quantidades não são especificadas. Também não são especificados os custos, e se existe alguma isenção dependendo das condições da livraria.

³⁷ *API - Application Programming Interface*, ou Interface de Programação de Aplicações, é uma biblioteca de ferramentas que um grupo de programadores fornece para facilitar que mais programadores possam customizar seu software, anexar seu funcionamento a outros programas, entre outros.

³⁸ No Brasil a definição de organização mais equivalente é a de OSCIP – Organização da Sociedade Civil de Interesse Público. Podem qualificar-se como OSCIP as pessoas jurídicas de direito privado, sem fins lucrativos, desde que os respectivos objetivos sociais e normas estatutárias atendam aos requisitos instituídos na Lei nº 9.790. de 23.3.1999.

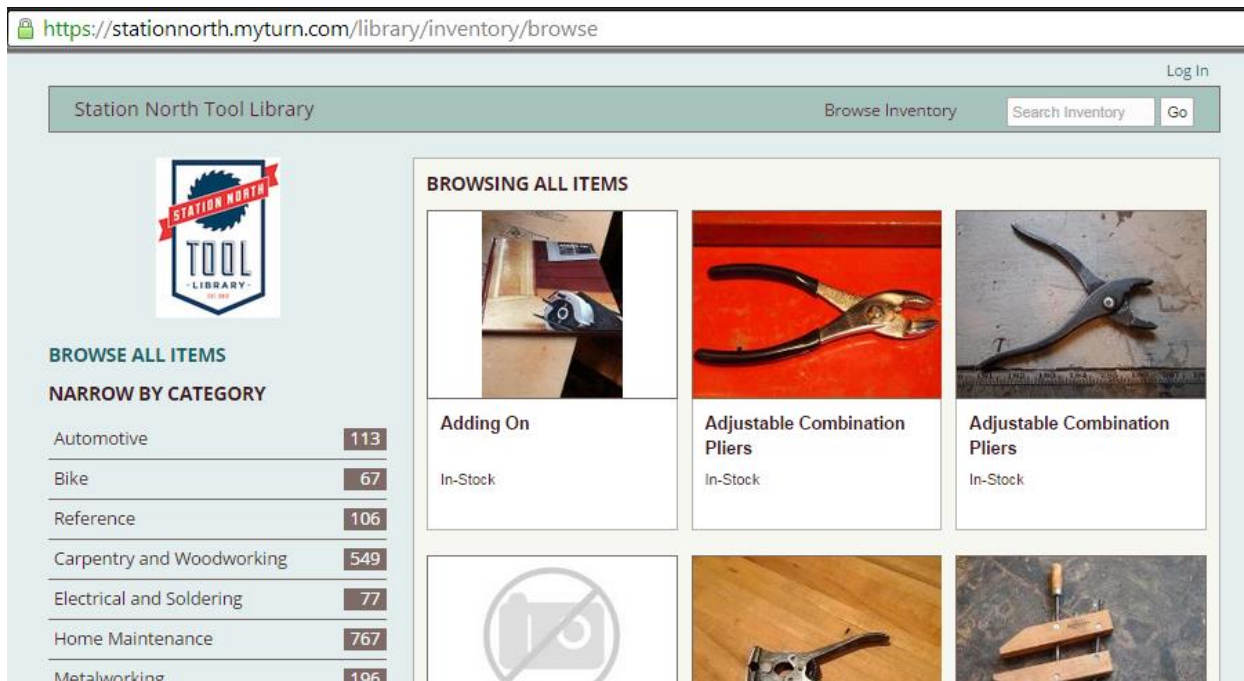


Figura 27 Inventário da *Station North Tool Library*. Fonte: Inventário online da Station North Tool Library.³⁹

Categories for Oficina da Vizinhança

New MembershipType New Status New Category Home

Id	Name	
470	Automotiva	Edit
471	Bicicleta	Edit
472	Carpintaria e Marcenaria	Edit
473	Eletrica e Eletrônica	Edit
476	Encanamento	Edit
474	Manutenção da casa	Edit
479	Quintal e jardim	Edit
477	Remodelagem	Edit
475	Serralharia	Edit
478	Sustentabilidade	Edit

Id	Name	Allow Checkout?	Allow Reservations	
84	Em Manutenção			Edit
501	Funcionando	✓	✓	Edit
83	Quebrado			Edit

Id	Name	Full Membership	Description		
102	Pagamento Mensal - Renda até 1 salário mínimo	✓		Show	Edit
589	Pagamento Mensal - Renda de 1,1 até 2	✓		Show	Edit
590	Pagamento Mensal - Renda de 2,1 a 3 salários	✓		Show	Edit
591	Pagamento Mensal - Renda de 3,1 a 4 salários mínimos	✓		Show	Edit
592	Pagamento Mensal - Renda de 4,1 a 5 salários mínimos	✓		Show	Edit
593	Pagamento Mensal - Renda de 5,1 a 6 salários mínimos	✓		Show	Edit

Figura 28 Janela de customização das categorias, status das ferramentas e tipos de associação. Fonte: página para gerenciamento de oficina obtida a partir de registro teste feito pelo autor.

³⁹ Disponível em: <<https://stationnorth.myturn.com/library/inventory/browse>> Acesso em: 10 out. 2014.

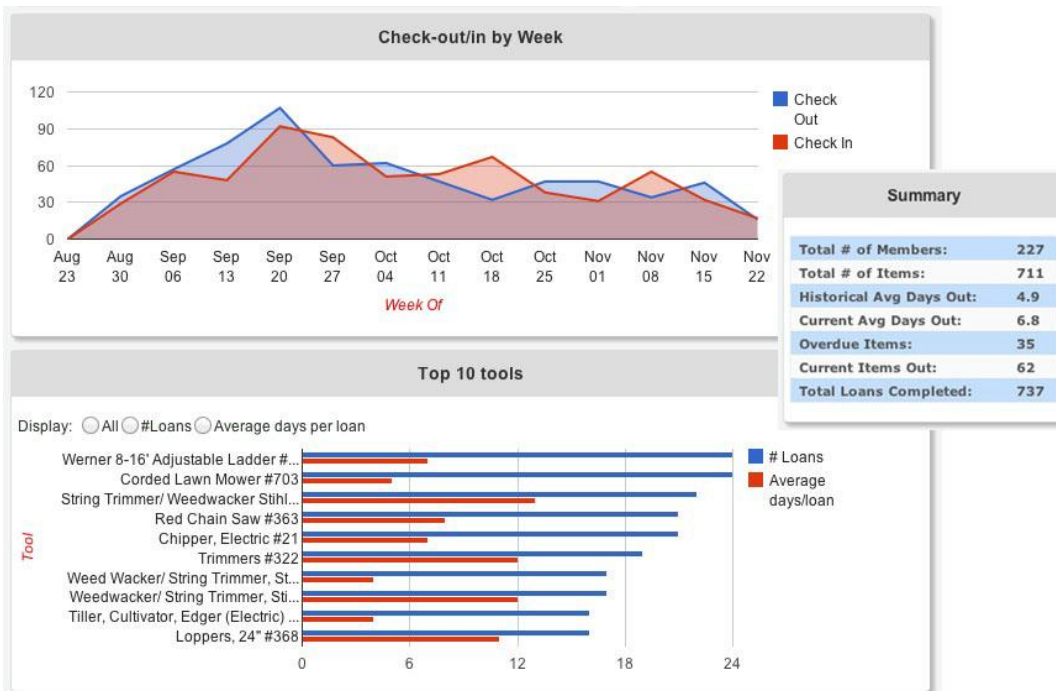


Figura 29 No topo um exemplo de gráfico do uso mensal das ferramentas. À direita um sumário dos status da oficina quanto a membros, inventário, média de tempo ausente dos itens desde a fundação, média de tempo ausente atualmente, número de itens atrasados, número de itens emprestados e total de empréstimos desde a fundação. Na parte inferior um gráfico dos itens mais emprestados, e o período médio de seus empréstimos. Fonte: Site do aplicativo LocalTools.⁴⁰

4.2.2 North Station Tool Library

A North Station Tool Library é um serviço de empréstimo sem fins lucrativos para a cidade de Baltimore (figura 30). Tem mais de duas mil ferramentas e tenta empoderar as pessoas com acesso a estas ferramentas. Para ser sócio da biblioteca é necessário pagar uma anuidade de um dólar para cada mil dólares de renda anual, mas esta renda não é verificada. Feito o pagamento e assinados os termos de responsabilidade pode-se tomar emprestado até oito ferramentas simultaneamente. O período de empréstimo é de uma semana e os empréstimos podem ser renovados apenas uma vez. Depois de duas semanas, as ferramentas devem voltar para a biblioteca e ficar por dois dias antes que o mesmo usuário possa tomá-las de novo. A oficina comunitária é uma marcenaria que abre nos fins de semana para uso gratuito durante o dia todo. Mas, para utilizá-la, é necessário receber, previamente, instruções

⁴⁰ Disponível em: <<http://localtools.org/features/>> Acesso em: 10 out. 2014

sobre segurança e técnicas de utilização dos equipamentos, frequentando uma aula que custa 25 dólares e tem duas horas de duração.

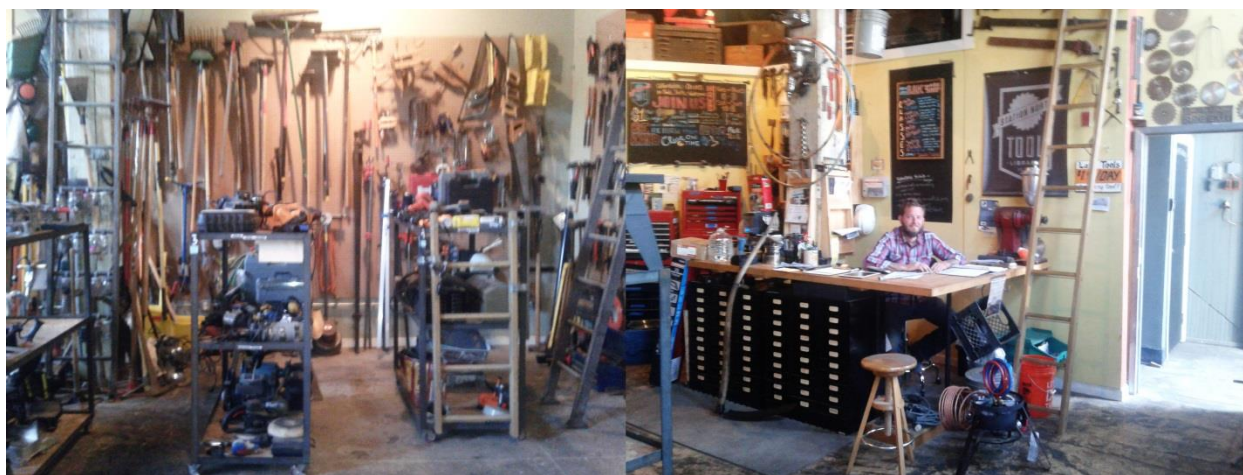


Figura 30 Espaço onde fica a biblioteca de ferramentas, logo na entrada da oficina. Fonte: elaborada pelo autor.

A ideia da biblioteca surgiu em 2012, por iniciativa de um casal, e a inauguração aconteceu em fevereiro de 2013. O processo começou com a busca por informações sobre a comunidade por meio de uma consulta direta junto aos moradores do bairro. Tal consulta foi efetuada conversando com as pessoas com objetivo de descobrir quais ferramentas cada um iria precisar nos projetos em que estivesse trabalhando, porém, constatou-se que ferramentas não eram a única necessidade, mas conhecimento e espaço para usá-las, dando origem à ideia da oficina compartilhada. Para divulgar o projeto da biblioteca distribuíram-se panfletos, ofereceu-se um serviço de "amolador gratuito" e uma reunião aberta aos interessados. A gestão originalmente acontecia através de um conselho formado por membros da comunidade, porém com o tempo este se dissolveu e a maioria das decisões administrativas ficaram a cargo do casal, apesar de grande parte das tarefas administrativas da oficina serem delegadas por eles a voluntários.

A biblioteca, com o dinheiro das anuidades e multas de atraso, consegue pagar somente o aluguel do espaço e as contas, mas não o salário do bibliotecário. O projeto é financiado pela fundação R. W. Deutch, a qual pagou pela reforma do espaço e compra dos primeiros equipamentos além de apoiar a oficina nos dois primeiros anos, até que se torne financeiramente autônoma. A biblioteca funciona utilizando-se do *status* de função social, sem fins lucrativos, de uma organização já existente no bairro, de forma que pode aceitar financiamento de despesas e oferecer dedução de impostos para as empresas que doam.

Além destas doações, o espaço ocupado pela oficina somente é aberto ao uso gratuito nos fins de semana, nos demais dias é alugado para produção comercial de móveis por produtores locais. Outra iniciativa, a North East Portland Tool Lybrary, não tem auxílio financeiro e funciona com somente três mil dólares por ano, os quais são arrecadados em uma grande festa no início de todo ano. Portanto, são muitas as maneiras de sustentar uma biblioteca, cada uma respondendo melhor em um diferente contexto.



Figura 31 À esquerda um espaço onde os usuários da oficina podem doar materiais de consumo. À direita espaços onde a oficina armazena materiais arrecadados de obras. Fonte: elaborada pelo autor.

Quanto aos materiais de consumo, os usuários podem trazê-los de casa para que sejam utilizados na oficina, existe um “canto gratuito”, onde estes materiais são compartilhados entre os usuários (figura 31).

A biblioteca dispõe de algumas ferramentas robustas e de alta qualidade, semelhante às empregadas por construtoras especializadas. Utilizando estas ferramentas muitos usuários estão começando pequenos negócios de prestação de serviços, pequenas construtoras em vias de formalização. Em Baltimore existe uma grande diversidade de empreendimentos colaborativos que também recorrem à oficina constantemente. Durante o estudo de caso, organizadores de diversas daquelas redes de colaboração se reuniram para planejar atividades conjuntas de divulgação, compartilhamento de informação, entre outras formas de colaboração. Entre estas ideias, a com maior potencial para a formação de um ecossistema de colaboração autosuficiente era a construção de uma plataforma que unificasse os registros de usuários, os inventários e as escalas de funcionamento das treze organizações de compartilhamento da cidade (figura 32).



Figura 32 Quadro da reunião das redes de compartilhamento de Baltimore. A primeira coluna à esquerda tem os nomes das organizações, as outras contém ideias de colaboração levantadas durante a reunião. Fonte: elaborada pelo autor.

4.2.3 Contribuições da Fabricação Digital

As redes de compartilhamento de projetos entre adeptos do faça-você-mesmo ao redor do mundo é o contexto mais dialógico onde se pode encontrar a tecnologia de fabricação digital sendo utilizada. Visitando seus sites é possível se deparar com a quantidade de coisas que se pode fazer utilizando a mesma máquina, verificando a real utilidade de sua variedade. O diálogo é aparente quando uma pessoa facilita o melhoramento de seu próprio projeto pelos outros usuários explicando a lógica de sua programação, conversando nos fóruns, etc. Como visto anteriormente, este sistema de compartilhamento já existe e funciona muito bem no mundo imaterial, não só nos fóruns dos softwares de modelagem, mas usando aplicativos específicos, como o *kazaa*, *bitcomet* e *utorrent*, os usuários compartilham todo tipo de arquivo. Existem, entretanto, diversas iniciativas para adaptar este sistema para a produção material: uma delas chama-se *100k garages*. A *100k garages* é uma interface onde os usuários podem contratar o serviço de fabricação de seu projeto na oficina de outro usuário na rede (figura 33). A intenção do projeto é cadastrar 100.000 garagens de usuários ao longo dos Estados Unidos, dando ao compartilhamento digital um *output* material por meio da fabricação digital. O funcionamento das redes *P2P*, conectando usuários em diversas partes do mundo, demonstra que a tecnologia digital permite reduzir a escala do processo de produção sem reduzir seu tamanho e abrangência.



Figura 33 Lista com os principais *sites* onde modelos são compartilhados e onde fabricantes e consumidores se comunicam para trocar serviços. Fonte: elaborada pelo autor.

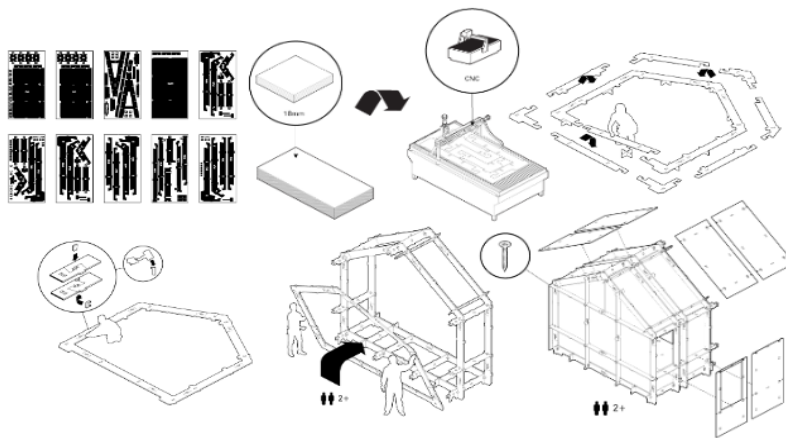


Figura 34 Modelo de funcionamento da *Wikihouse*. Fonte: elaborada pelo autor.



Figura 35 Exemplos de produtos com modelos disponíveis na internet que podem ser baixados e fabricados utilizando uma cortadora ou uma fresadora *CNC*.

5 *Diálogo entre diferentes realidades: experimentos e pesquisa-ação*

Apesar da demonstrada efetividade e crescimento das iniciativas citadas no capítulo IV dentro do contexto americano e europeu, elas não estão destacadas de suas realidades, mas sim convivendo em um ecossistema produtivo. Esses contextos citados tem um desenvolvimento industrial consolidado, dentro do qual se busca reverter a centralização do poder de decisão. Já no Brasil, convivendo com a produção industrial, existem muitos centros de recalcitrância de uma produção pré-industrial, onde a intentada descentralização do poder de decisão, e conseqüentemente da produção de informação, existe e pode ser fortalecida por meio de tais iniciativas.

Um destes centros de recalcitrância é a produção de moradias nas favelas. Neste contexto, o potencial da descentralização do poder de decisão sobre a produção de diversidade fica claro à primeira vista, diante da alta complexidade morfológica das casas, becos e vilas autoproduzidas. Uma leitura mais aprofundada, por sua vez, demonstra que esta diversidade morfológica é a expressão da diversidade de arranjos sociais que existe entre os moradores, a qual encontra na autoprodução uma maneira de se realizar.⁴¹

A alta complexidade, formal e social, das favelas dificulta que se usem as ferramentas e os processos de projeto e construção por controle centralizado, empregados pela indústria da construção. A dificuldade fica clara na resistência dos moradores durante os eventuais processos de reassentamento em conjuntos habitacionais. Muitos moradores não se adaptam às poucas soluções que as construtoras contratadas para a construção dos conjuntos conseguem oferecer. Neste contexto de autoconstrução, a fabricação digital e o compartilhamento de tecnologias *open source* parecem ser, quando utilizados em conjunto, uma resposta tecnológica interessante. Especialmente, se considerada a possibilidade de desenvolvimento amador de máquinas de fabricação digital, viabilizadas pela disponibilização de material instrucional na internet, e o uso compartilhado dessa tecnologia por meio de oficinas comunitárias.

Porém, como apontado anteriormente, existem diferenças entre o contexto brasileiro, principalmente da favela, e o contexto onde foram estudadas tais iniciativas, o que põe em

⁴¹ Mais detalhes desta relação serão expostos na seção 5.3.1, sobre as características de uma favela de Belo Horizonte onde foi desenvolvida a pesquisa-ação.

cheque a efetividade das mesmas neste contexto. Para investigar esta questão optou-se por levar a cabo experimentos laboratoriais conectados a uma pesquisa-ação extramuros: a reforma e ampliação de uma casa na favela num contexto de escassez de recursos.

Os experimentos laboratoriais tinham uma formulação prévia e um objetivo específico de verificar a possibilidade de disponibilizar uma ferramenta de fabricação digital fora do contexto industrial. O intuito destes experimentos foi, além de fornecer o maquinário para a reforma da casa em questão, disponibilizar toda a tecnologia de produção deste maquinário de maneira comentada (material instrucional) para viabilizar experimentos similares, dando sequência à investigação.

A pesquisa-ação, como explicado em mais detalhe na metodologia (página 26), não tinha um formato predeterminado mas, somente o objetivo de desenvolver ferramentas que contribuíssem para a eficiência e qualidade da construção dentro da favela sem prejudicar sua diversidade. Não prejudicar a diversidade da favela era um componente importante do objetivo, de forma que se fazia necessário que as soluções não fossem definidas *a priori*, mas sim por meio de crescente diálogo com todos os atores envolvidos, diante das características do contexto que se revelavam aos poucos. Entre estes atores podem-se citar: em primeiro plano, os moradores da favela onde se deu a pesquisa e estudantes de arquitetura da UFMG; e, em segundo plano, o setor de ação social de construtoras e funcionários da prefeitura, entre outros. Decorrida a pesquisa, foi possível identificar a conformação de quatro destas ferramentas: (i) a atuação como arquiteto e construtor no contexto da favela; (ii) a organização de mutirões; (iii) a adaptação da fabricação digital ao uso de madeira descartada após outros usos; e (iv) a criação de um espaço de compartilhamento de ferramentas. O objetivo de expor estas soluções é contribuir com opções, tanto para a atuação do arquiteto como para as organizações de moradores, que favoreçam a diversidade por meio do diálogo e da descentralização do controle sobre a produção do espaço.

5.1 Experimento de produção de uma fresadora CNC de baixo custo

O método de fabricação digital mais comum na arquitetura é a escultura de grandes peças utilizando-se a fresagem controlada por computador. A fresagem consiste em esculpir materiais por meio da execução de percursos por uma ferramenta de corte, a fresa, acoplada a um motor que a faz girar. Este método é o mais utilizado na arquitetura porque permite esculpir uma variedade de materiais, como isopor, plástico, madeira, alumínio, aço, etc. Para cada

material é necessário utilizar a fresa de material e formato adequados, porém podem ser trabalhados materiais com amplo intervalo de espessuras. O tamanho das fresas também varia de acordo com as necessidades do trabalho, das maiores, que proporcionam maior velocidade de execução, às menores, que permitem esculpir diminutos e precisos detalhes. Na fabricação digital, a ferramenta utilizada para movimentar a fresa é a fresadora CNC, uma ferramenta robótica que atua seguindo os comandos do software. O preço desta ferramenta varia de acordo com a exatidão e amplitude de seus movimentos, e também, com o número de eixos em que se movimenta e com o motor que utiliza para girar a fresa. Em sua versão mais básica, possui três eixos que movimentam a fresa nas três coordenadas cartesianas, x, y e z. Nas versões mais avançadas possui também eixos de rotação do ângulo da fresa, possibilitando o fresamento de formas mais complexas. O preço de mercado dessa ferramenta no Brasil, em 2014, na sua versão mais básica, com três eixos e uma amplitude de movimento suficiente para produzir, praticamente, qualquer mobiliário e razoável para se trabalhar com peças na escala da arquitetura, gira em torno de R\$90.000,00 (noventa mil reais) (figura 36).



Figura 36 Orçamento de uma fresadora de três eixos com movimentação de 250x130x15cm e um motor de 5kw (potência suficiente para girar fresas grandes que proporcionam velocidade ao trabalho) feito em 2013. Fonte: orçamento, feito via *email*, de uma máquina chinesa importada e montada no Brasil por empresa brasileira.

O alto custo da ferramenta, até então, dificulta a sua aplicação no contexto de um produtor individual ou de uma cooperativa de trabalhadores de baixo capital. Estando o capital concentrado nos grandes empreendimentos, a possibilidade de expandir a abrangência da fabricação digital para um contexto não industrial, é facilitada se estas ferramentas puderem ser obtidas a baixo custo. O primeiro passo tomado em relação a isto foi examinar a possibilidade de construir essas máquinas a baixo custo pelos adeptos do faça-você-mesmo no Brasil. Efetuando pesquisa na internet foram encontrados diversos exemplos de fresadoras de três eixos, feitas em casa, e a informação necessária para sua reprodução. Naquela época,

2012, nenhum destes exemplos estava localizado no Brasil. Então uma atitude pragmática foi tomada, desenvolvendo uma versão adaptada dessa máquina para as ferramentas e materiais disponíveis. Isto foi possível acessando informações disponíveis no site *cncroutersource.com*, que mais do que fornecer projetos prontos e exemplos concretos de máquinas caseiras, mostrava a lógica de funcionamento da máquina em um nível mais abstrato, tornando mais fácil que se adaptasse sua construção a outros contextos. Depois de construir dois protótipos completos chegou-se a uma máquina funcional de baixo custo, porém depois de um curto período de uso, ela mostrou problemas de manutenção a serem resolvidos em uma terceira versão. O procedimento experimental de projetar e construir estes protótipos será exposto nas subseções a seguir. A finalidade desta exposição é apresentar, de forma resumida, as dificuldades e características gerais envolvidas na produção de uma fresadora caseira. Além disso, pretende-se, em 2015, disponibilizar uma cartilha *online* de forma a adicionar detalhes do processo ao conhecimento de acesso gratuito sobre o tema, já disponível na internet.

5.1.1 Primeira versão

A elaboração da primeira versão da máquina começou pelos sistemas de movimentação, os quais são a base para a compreensão do funcionamento das fresadoras. A fresadora de três eixos se apoia sobre dois sistemas para se movimentar: o sistema de movimentação linear e o sistema de transmissão:

O sistema de movimentação linear é parecido com os trilhos de um trem, ele possui três funções: (i) apoiar os componentes móveis da máquina; (ii) guiar a movimentação destes componentes linearmente por meio de um eixo com o mínimo de atrito; (iii) conter as forças perpendiculares e cargas secundárias que surgem durante o processo de corte. Cada eixo de movimentação da ferramenta possui um sistema de movimentação linear constituído por guias, ou trilhos, e patins, que são as partes deslizantes que correm sobre os trilhos (figura 37). O sistema começa pelos trilhos fixados à mesa, que apoiam os patins fixados no pórtico do eixo Y permitindo que corra ao longo do eixo X. O pórtico do eixo Y, por sua vez, contém trilhos que apoiam os patins da peça do eixo Z, permitindo que corra ao longo do eixo Y. E a peça do eixo Z, finalmente, contém trilhos que apoiam os patins onde vai fixado o motor responsável pela fresagem, permitindo que se mova ao longo do eixo Z. Para construir o sistema de movimentação linear foram utilizadas cantoneiras de alumínio. As cantoneiras servem tanto

como guia como para construir os patins, que são feitos atarraxando quatro rolamentos de skate Cada sistema de movimentação é constituído por um par de guias e patins⁴².

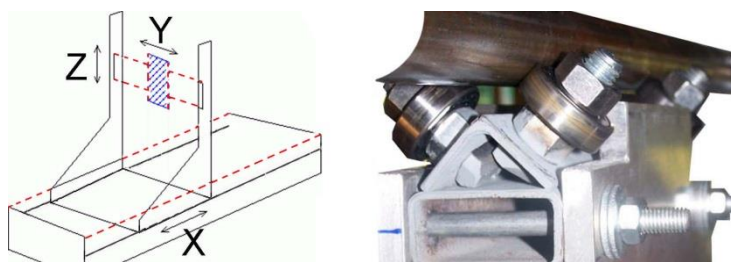


Figura 37 À esquerda, esquema de movimentação dos eixos da máquina, com as guias em pontilhado. À direita, sistema de movimentação linear de baixo custo “faça-você-mesmo” de Patrick Hood-Daniel. Fonte: Site CNCZONE – DIY cnc machines blog⁴³.

O sistema de transmissão serve para empurrar ou puxar as partes da máquina sobre seus respectivos eixos de movimentação linear. A locomoção pode acontecer de várias maneiras, por correntes ou correias, por fusos, ou por cremalheiras. Na primeira versão foi utilizado o sistema de movimentação por fuso.

O sistema de transmissão por fuso é constituído de três partes: (i) o motor, que gira rotacionando o fuso; (ii) o fuso, que consiste em uma longa barra roscada que gira fazendo a transmissão do movimento do motor para a flange e; (iii) o flange, que é um tipo de porca, acoplada ao componente da máquina a ser movimentado, que se movimenta ao longo do fuso quando este gira, transmitindo o movimento do motor para este componente da máquina. Detalhes sobre estes processos podem ser vistos nas figuras 38 e 39. A transmissão do movimento do motor para o fuso é feita utilizando-se de um acoplamento flexível. Este acoplamento flexível acomoda as variações que acontecem durante o giro imperfeito do fuso, que costuma não se manter perfeitamente linear durante a rotação. O acoplamento do motor à máquina também é flexível, dividindo com o acoplamento flexível a tarefa de acomodar as variações. Minimizar o giro imperfeito da barra por meio da dupla fixação de um de seus extremos é uma alternativa, porém uma montagem muito exata se faz necessário para que não dificulte o giro da barra. A flexibilidade, por sua vez, permite maior inexatidão na montagem e

⁴² Este sistema de movimentação por skates foi encontrado no vídeo de Patrick Hood-Daniel disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=uYPPC1_kgaw> acesso em: 10 out 2014.

⁴³ Disponível em: <<http://www.bg-cnc.com/wordpress/?s=linear+motion&x=0&y=0>> Acessado em: 02 out. 2014.

não influi na qualidade da máquina. O flange, por sua vez, é constituído por um sistema de porca anti-folga, que consiste em duas porcas, de espaçamento regulável entre si, que são distanciadas de maneira a eliminar a folga existente entre o fuso e cada uma das porcas. É importante ressaltar a diferença entre a folga, que é importante eliminar, e a flexibilidade, que é importante incluir. A folga é um erro cumulativo ao qual não se oferece resistência, cada vez que a máquina muda a direção de seu movimento, parte dele é absorvido pela folga. Já a flexibilidade é um erro absorvido temporariamente pela flexibilidade de um material, mas que resulta em uma força acumulada que desfaz este erro assim que encontra menos resistência.

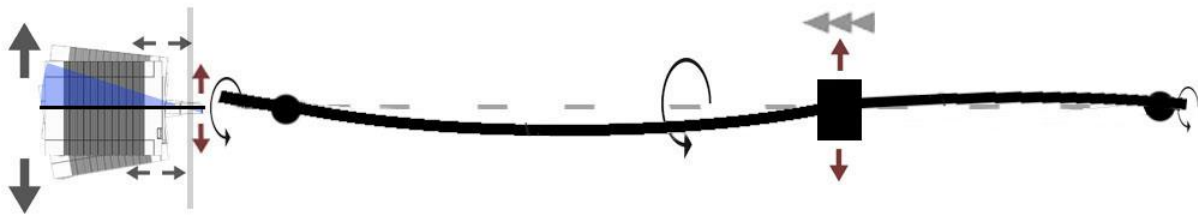


Figura 38 Esquema demonstrando as forças que o giro imperfeito da barra linear gera sobre o motor. Fonte: elaborada pelo autor.

A figura 38 mostra que quanto mais comprida e fina a barra, mais imperfeito seu giro, e portanto, maior a flexibilidade que precisa ser distribuída entre o acoplamento do motor com a barra e o acoplamento do motor com a máquina. Caso contrário o eixo do motor pode se quebrar.

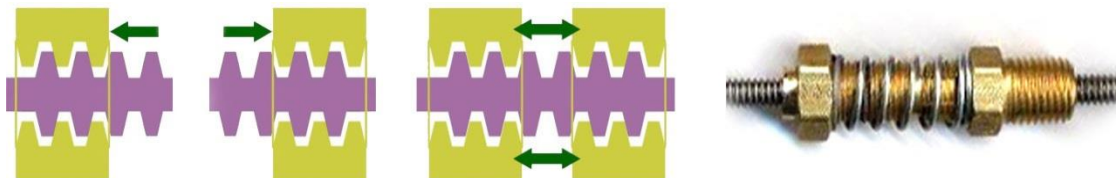


Figura 39 O problema da folga. Fonte: site *Building Stuff - Blog*.⁴⁴

A figura 39 mostra que mesmo que uma porca se encaixe perfeitamente ao fuso, o que é muito difícil, uma folga começaria a surgir com o desgaste de ambas as peças. Portanto, é preciso que se tenha uma regulagem que ajuste a porca anti-folga ao fuso sempre que necessário.

⁴⁴ Disponível em: <<http://muc1.wordpress.com/anti-backlash-for-cnc/>> Acessado em: 02 out. 2014

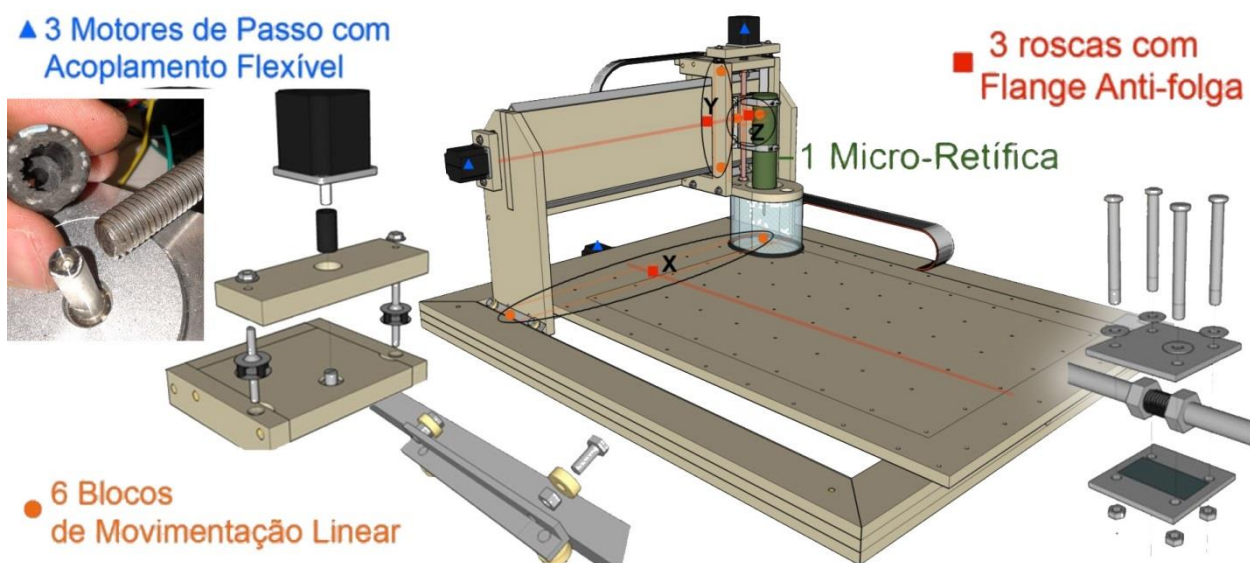


Figura 40 Primeiro projeto da fresadora e seus componentes. Fonte: elaborada pelo autor.

As flanges com porcas anti-folga foram planejadas utilizando-se, cada uma, duas porcas, uma mola, duas chapas de metal e quatro parafusos. A mola afasta as porcas eliminando a folga que existe entre elas e o fuso. As porcas são, então, presas nesta posição, ajustada por um sanduíche de duas chapas de metal aparafusadas (figura 40). Este sistema de flange foi encontrado no site <http://mesa-reprap.blogspot.com.br/search/label/anti-folga>. Os acoplamentos flexíveis entre os fusos e os motores foram planejados utilizando-se, para cada um, dois pedaços de mangueira de borracha de diferentes diâmetros e duas abraçadeiras. Um pedaço mais curto de mangueira de menor diâmetro é inserido dentro de um pedaço mais longo de mangueira de maior diâmetro, formado um pequeno cilindro com diferentes diâmetros internos em cada ponta. O lado com diâmetro menor é acoplado ao motor, que tem um eixo de menor diâmetro. O lado com diâmetro maior é acoplado ao fuso, que tem maior diâmetro (figura 40). Uma braçadeira em cada ponta fixa firmemente os acoplamentos em seus respectivos eixos. O fuso utilizado foi uma barra roscada de 10mm de diâmetro, a qual é vendida em lojas de parafusos.

A partir do projeto dos sistemas de movimentação foi elaborado o projeto da estrutura da máquina, levando em conta mais uma série de detalhes sobre a lógica estrutural e esforços envolvidos no processo de corte, a partir de indicações do site www.cncroutersource.com. A estrutura foi projetada para ser construída a partir de chapas de madeira de 18mm de espessura. Tanto os patins como o sistema de flange anti-folga foram testados isoladamente antes de serem incorporados ao projeto.

5.1.1.1 Primeiro protótipo

O primeiro protótipo construído foi feito utilizando restos de madeira encontrados no laboratório. A espessura das chapas de madeira encontradas variava, gerando ajustes no projeto durante a execução. O corte das chapas foi feito com uma serra tico-tico de mão, o que não garantia muita precisão. O sistema completo da máquina, com todos os sistemas descritos anteriormente, foi montado com a ajuda de uma visitante do laboratório que possuía mais experiência com a ferramenta de corte.

O protótipo revelou diversos problemas, principalmente uma folga nos sistemas de movimentação linear que gerava um “jogo” nos componentes. Foi concluído que esta folga resultava de três problemas principais no protótipo: (i) desalinhamento dos pares de guias devido à execução com pouco controle feita usando serra tico-tico e ao uso de madeira de má qualidade, que deformava; (ii) desalinhamento dos rolamentos dos patins devido à execução sem controle de ângulo com furadeira de mão e; (iii) falta de sistemas de ajuste dos patins às guias. Então partimos para a reelaboração do projeto de maneira a solucionar estes problemas.

5.1.2 Segunda versão

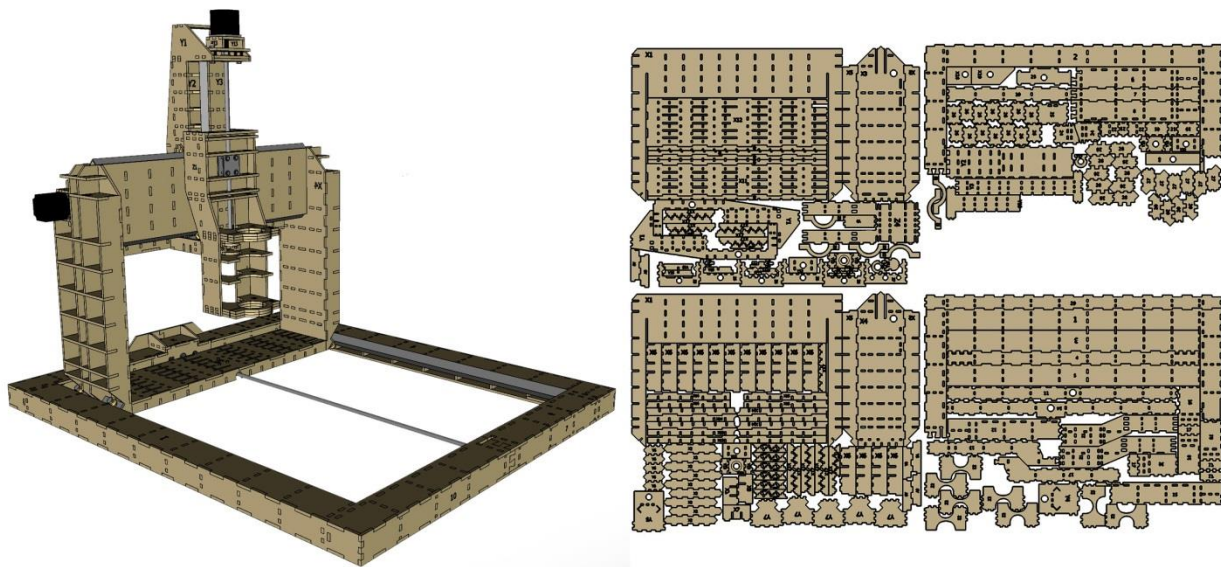


Figura 41 Segundo projeto da fresadora e suas peças. Fonte: elaborada pelo autor.

No meio tempo, entre o primeiro e o segundo projeto, o laboratório onde se desenvolvia a pesquisa, LAGEAR, adquiriu uma máquina de corte a laser. O corte perfeito das peças ajudaria a resolver o problema de má execução e pouparia tempo na fabricação do próximo protótipo, então se optou por fazer um projeto adequado ao método de corte a laser. O uso deste método

implica em uma vantagem e uma desvantagem em relação ao método de corte usando a tico-tico. A vantagem é que o corte a laser não possui restrições em cortar pequenos detalhes e recortes internos. A desvantagem é que a capacidade de corte do laser não consegue cortar chapas de madeira de espessura maior que um centímetro, sendo sua operação ótima no corte de chapas até 6 milímetros. Portanto, o projeto foi todo readequado para utilizar peças de 6 milímetros de espessura, além, claro, de incluir guias e patins ajustáveis (figura 41).

5.1.2.1 Segundo protótipo

A estrutura do segundo protótipo foi cortada a partir de chapas de MDF com 6 milímetros de espessura. Foram utilizadas cinco chapas de 110 por 90 centímetros, área de corte da cortadora a laser. As guias, flanges e rolamentos do protótipo anterior foram reutilizados, porém novos patins foram feitos utilizando uma furadeira de bancada para que ficassem mais alinhados (figura 42). Mesmo assim os rolamentos dos patins ainda ficavam alguns décimos de centímetro desalinhados, o que era suficiente para que não se encaixassem perfeitamente no trilho. Os sistemas de ajuste funcionaram na eliminação da folga, porém o processo se mostrou de complicada execução. Outro problema encontrado foi na moldura do eixo X, que não aguentou os esforços e criou uma flecha. Desta maneira, o eixo X cria uma folga crescente conforme o cavalete do eixo Y se aproxima do ponto máximo da flecha.

Nesta etapa, foram comprados os motores de passo de 15 kgf, parte que movimenta a máquina, seus *drivers*, parte eletrônica que manda energia para o motor, e a fonte, parte que supre eletricidade na tensão correta para os *drivers*. Os motores foram acoplados aos fusos utilizando o sistema de acoplagem flexível, que se mostrou eficiente. Os *drivers* foram conectados ao *Arduíno*, o microcontrolador que recebe os comandos de movimentação do computador e os envia aos *drivers*. Também no *arduíno* foram conectados os sensores de fim de curso, botões que protegem a máquina, desligando os motores, caso seus movimentos se aproximem de seus limites físicos. Com a estrutura eletrônica completa foram então executados os primeiros testes de movimentação da máquina utilizando o computador. Estes testes demonstraram que, mesmo na velocidade máxima de giro do motor, a estrutura se movimentava de maneira muito lenta. Foi constatado não ser problema do motor, mas do fuso utilizado. A barra roscada utilizada como fuso possuía um passo muito curto. O passo é a distância percorrida ao longo do eixo do fuso no decorrer de cada revolução que realiza. Um passo muito curto exige menos torque dos motores, mas requer que o motor gire mais rápido para movimentar a máquina.

Os problemas encontrados apontaram para a necessidade de projetar uma terceira versão, provavelmente substituindo o sistema de movimentação por fuso por um sistema de movimentação por correia. Porém, foi resolvido que era melhor testar, mesmo com a velocidade lenta, todos os aspectos do protótipo atual antes de se partir para o próximo protótipo. Assim seria possível detectar mais problemas. Desde então foi testada a exatidão de suas respostas ao longo dos eixos X e Y por meio de desenhos feitos com um lápis acoplado. Os testes demonstraram que apesar das folgas citadas o grau de inexatidão de 0.2 mm não comprometeria o trabalho de marcenaria que se propunha fazer com a máquina. Porém, depois de alguns meses, mesmo sem muita utilização, constatou-se que a flecha e as folgas aumentaram consideravelmente.

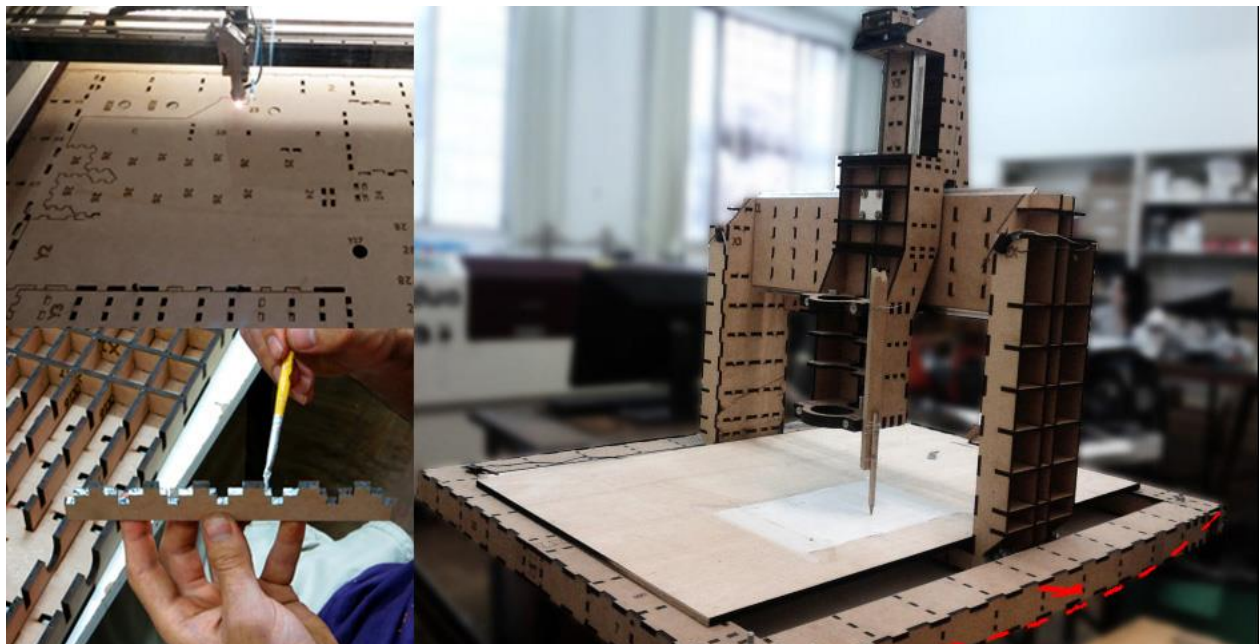


Figura 42 Segundo protótipo da fresadora. À esquerda as peças sendo cortadas e montadas usando cola. À direita a fresadora executando um círculo e um quadrado com um lápis. Pontilhado em vermelho o sentido da flecha que surgiu na estrutura com o tempo. Fonte: elaborada pelo autor.

5.1.3 Terceira versão

Na terceira versão da máquina, ainda em construção, foi decidido substituir o sistema transmissão por fuso pelo sistema de transmissão por corrente. Além de proporcionar mais velocidade à máquina, esta substituição daria liberdade para construir uma máquina de maiores dimensões. O tamanho da máquina antes era limitado devido ao fato de que o giro imperfeito do fuso era agravado quanto maior a distância entre seus apoios. A partir de certo ponto isto gerava vibrações excessivas e sobrecarregava os acoplamentos flexíveis. A

utilização de correntes, por sua vez, necessitou novamente o estudo dos componentes envolvidos neste sistema de transmissão.

O sistema de transmissão por correntes é constituído principalmente por três tipos de peça: (i) as polias dentadas fixas; (ii) as polias móveis, dentadas ou não e; (iii) a corrente, ou correia. As polias dentadas fixas são peças que transformam forças de rotação em movimento linear, e vice-versa, por meio da tração da corrente. As polias móveis não exercem tração ou resistência na corrente, servem somente para conduzi-la de maneira a assegurar seu esticamento e um bom contato desta com os dentes das polias fixas. E por fim a corrente é o equivalente ao fuso, serve para transmitir a movimentação dos motores às peças que se movimentam ao longo dos eixos x, y e z da máquina.

Este sistema pode ser feito por corrente fixa ou móvel. A corrente fixa é de mais fácil aplicação, pois facilita o tensionamento da corrente utilizando-se um sistema simples de esticador. A corrente móvel é ideal para a movimentação linear da máquina. A corrente móvel é de aplicação mais dificultosa, pois precisa de uma polia móvel e de posicionamento ajustável para esticar a corrente, porém se faz necessária quando se precisa transmitir a rotação de uma peça à rotação de outra peça.

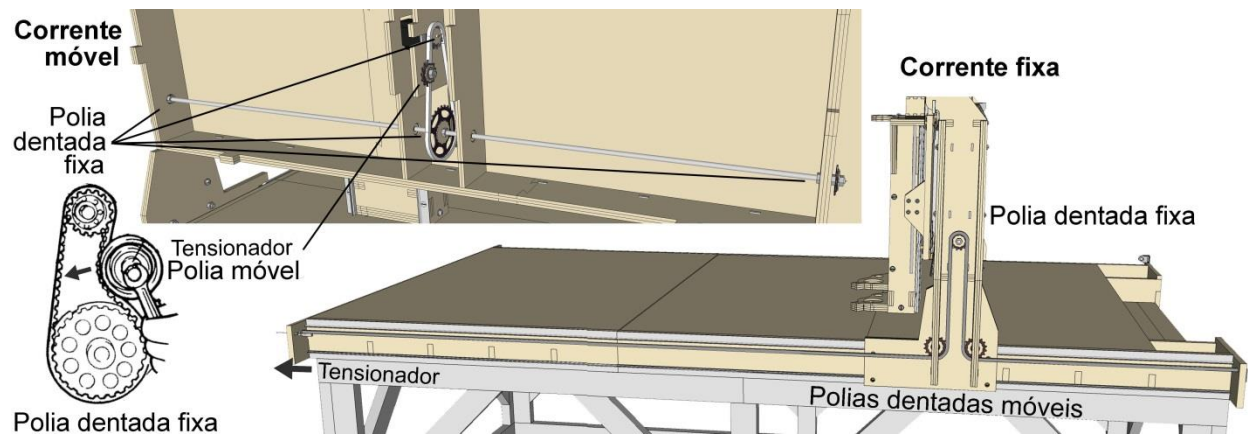


Figura 43 Sistema de movimentação por corrente. Fonte: elaborada pelo autor

O sistema de transmissão foi projetado e prototipado utilizando-se correntes e catracas de bicicleta usadas como polias (figura44). As catracas foram doadas por uma bicicletaria

comunitária⁴⁵ e adaptadas às suas funções por meio de peças cortadas à laser, como mostra a figura 43. Com a substituição do sistema de transmissão por fuso pelo sistema de transmissão por correntes diminuíram as limitações de tamanho da máquina. Portanto as dimensões de trabalho da máquina foram praticamente dobradas, de 120x70x15cm para 250x130x15 cm.

À esquerda da figura 43 pode-se observar o sistema de transmissão de rotação por corrente móvel que foi utilizado para transmitir a rotação do motor do eixo X à um eixo de transmissão que movimenta duas polias fixas laterais. À direita o sistema de movimentação por corrente fixa utilizado para a movimentação do cavalete do Eixo Y ao longo do eixo X. A polia dentada fixa é quem inicia o movimento, tracionando a corrente para se movimentar. As polias móveis conduzem a corrente assegurando que toque a maior quantidade possível de dentes da polia fixa, desta maneira evitando o surgimento de folgas.



Figura 44 Catracas de bicicleta adaptadas utilizando peças cortadas a laser a partir de chapas de MDF de seis milímetros. O encaixe exato entre as peças foi obtido através da digitalização das catracas utilizando um *scanner*. Fonte: elaborada pelo autor.

O sistema de movimentação linear também foi aprimorado, trocou-se o sistema de patins pelo sistema de rolamentos acoplados diretamente na máquina (figura 45). Este sistema utiliza menos espaço, é mais prático de se construir e resolve o problema do desalinhamento que acontecia entre os rolamentos do patim, pois cada rolamento tem sua altura ajustável.

E o último aprimoramento foi a fragmentação da máquina em componentes substituíveis por meio da utilização de parafusos e porcas, ao invés de cola, para a fixação entre os componentes (figura 46). Desta maneira facilita-se a manutenção e o aprimoramento de partes da máquina de acordo com novas necessidades. Para facilitar a montagem e desmontagem a

⁴⁵ A ciclo oficina é uma bicicletaria que compartilha suas ferramentas para que seus usuários possam fazer seus próprios consertos.

estrutura alveolar da segunda versão foi substituída por peças maciças de 18mm de espessura, reduzindo drasticamente o número de peças. A desmontabilidade da máquina também é importante para facilitar seu transporte em um carro popular, já que o objetivo do experimento é disponibilizar esta tecnologia a produtores não especializados.



Figura 45 À esquerda sistema de movimentação linear faça-você-mesmo mais eficiente que o sistema de patins, apesar de um pouco mais caro devido ao custo dos rolamentos côncavos. Ao centro uma opção de rolamento côncavo mais barato, utilizado em portas de correr, que já contém um sistema de ajuste embutido. À direita a um exemplo da aplicação do rolamento côncavo na máquina. Fonte da imagem à esquerda: Site CNCZONE – DIY cnc machines blog⁴⁶. Fonte das demais imagens: elaboradas pelo autor.

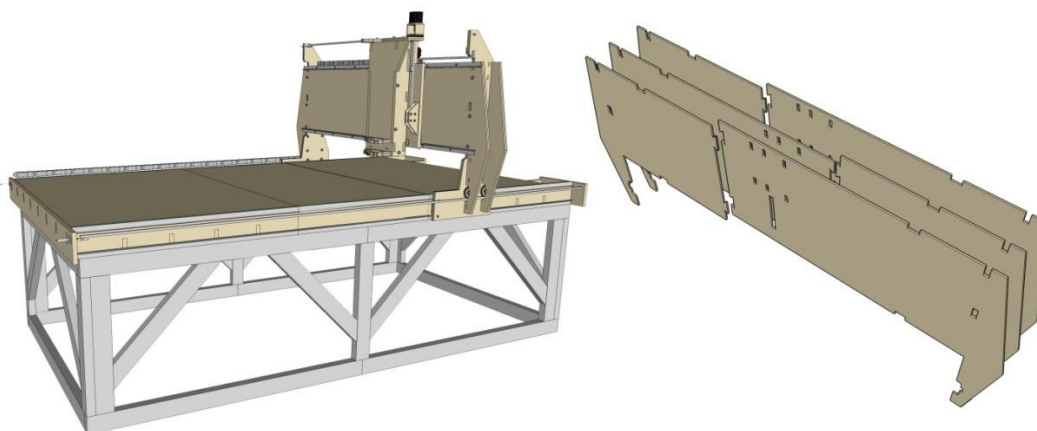


Figura 46 À esquerda a terceira versão da fresadora. À direita exemplo do sistema de colagem em sanduiche utilizado para produzir peças maiores que a área de trabalho da cortadora laser. Fonte: elaborada pelo autor.

Acredita-se que esta versão da máquina funcionará de maneira satisfatória, já que todos os sistemas foram testados individualmente, portanto o próximo passo é executar o corte

⁴⁶ Disponível em: <<http://www.bg-cnc.com/wordpress/?s=linear+motion&x=0&y=0>> Acessado em: 02 out. 2014.

e a montagem do protótipo completo. Porém, somente após esta montagem será possível atestar a velocidade e exatidão de seus movimentos.

5.1.4 Como disponibilizar a informação

Durante o processo de produção das três versões da fresadora foram observadas algumas questões sobre o conteúdo *opensource*. Vimos que são considerados produtos *opensource* aqueles que oferecem aos usuários a lógica por trás de sua produção. Porém, muitos dos projetos de fresadoras faça-você-mesmo que se compartilha na internet oferecem somente a lógica para sua reprodução. Isto é, um modelo tridimensional, os planos de corte para se obter as peças utilizando uma cortadora laser e instruções de montagem. No caso específico desta pesquisa isto a princípio não era um problema, já que não se tinha interesse em conhecer a lógica de produção da máquina, somente verificar a possibilidade de produzi-la a baixo custo. Porém, o problema com que se deparou é que sempre havia nos projetos algumas peças muito específicas só encontradas em caros kits para fabricação de fresadoras em casa que precisariam ser importados. O desconhecimento total da lógica de funcionamento da máquina, neste caso, trazia dois problemas: primeiro, não era possível adaptar outras peças do mercado para substituir as peças importadas; segundo, trazia uma grande insegurança quanto ao risco de gastar dinheiro reproduzindo as peças da máquina e comprando os kits de peças para ao final não conseguir fazê-la funcionar adequadamente. Assim, mais do que planos de corte e montagem completos, foram úteis à construção da máquina, no contexto brasileiro, as informações lógicas sobre seu funcionamento. Conhecendo a lógica de seu funcionamento, foi possível buscar informações sobre a produção isolada de cada parte da máquina. A multiplicidade de soluções encontradas, para um mesmo problema, a partir da disponibilidade de diferentes recursos, possibilitou escolher as de mais fácil execução para incorporar ao projeto. No caso destas soluções específicas, além das informações sobre a lógica de produção, foram úteis as informações sobre as experiências que levaram àquela conclusão lógica, presentes em relatos elaborados de maneira contínua durante a prototipagem da solução. E por fim, no caso específico da construção destas soluções, foram mais úteis os processos construtivos representados em vídeo do que os processos de montagem representados por meio de fotos. Os vídeos transparecem detalhes sobre os gestos feitos durante a construção e dificuldades do construtor em executá-los que são abstraídos das fotos. Já as fotos demonstram vantagem em relação aos desenhos, pois mostram a deformação dos materiais, irregularidades, arranhões, que trazem informações que o desenho normalmente abstrai. O desenho por sua vez, se mostrou didático na compreensão da lógica de

funcionamento da máquina, pois permitia visualizar somente as informações necessárias a cada argumento, evitando desorientação perante sua complexidade.

A partir desta experiência, foi possível sumarizar quatro pontos importantes para facilitar que a informação *open source* seja usada como ferramenta de diálogo: (i) expor a lógica que rege a relação entre os objetos, justificando sua existência, mais do que descrevê-los independentemente de um observador; (ii) ao expor soluções concretas, oferecer soluções parciais que possam ser combinadas por meio da lógica exposta; (iii) expor a trajetória de erros e acertos que levou a cada solução, e; (iv) utilizar meios de comunicação mais simples para representar informações de finalidade lógica, e mais complexos para informações de finalidade concreta. Estes pontos serão levados em conta na elaboração da cartilha para que, diferentemente dos projetos objetivos e rígidos criticados anteriormente, ela tenha flexibilidade para ser útil em diversos contextos.

5.2 Pesquisa-ação no âmbito da favela

5.2.1 Características do contexto

A casa e a família

A casa reformada na pesquisa ação se situa no Aglomerado Morro das Pedras, um bairro da região administrativa oeste de Belo Horizonte (figura 47). Esta casa foi adquirida pelos futuros moradores após sua antiga casa na vila vizinha ser desapropriada pela prefeitura para a construção de uma rua ligando a Av. Raja Gabáglia e a Av. Barão Homem de Melo. Porém devido a mudanças de projeto, hoje se encontra no local da antiga casa uma mini-quadra de futebol. Os moradores tinham o título de propriedade e uma escritura da casa onde moravam, porém não tinham registro, portanto foram indenizados somente pela benfeitoria da mesma. Com o dinheiro da indenização compraram esta nova casa na Vila Leonina.

A família é composta por um casal jovem, Marcos de 28 e Patrícia de 34 anos, com três filhos, Ana de 12, Rubens de 8 e Clarisse de 1 ano de idade. O pai de Patrícia, de 74 anos também mora com a família. No momento os moradores moram de aluguel em uma casa no beco ao lado da nova casa. Para que se mudem para a nova casa precisam de uma reforma na construção existente, já que a casa tem problemas de ventilação e infiltração. Também há necessidade de uma ampliação, já que a casa tem somente um quarto e a família conta com seis moradores.

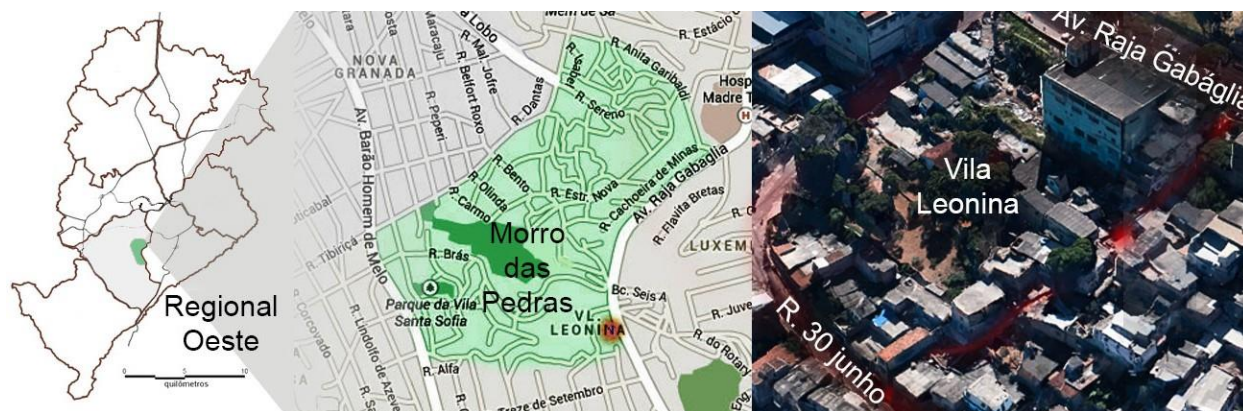


Figura 47 Localização do aglomerado na cidade, da vila no aglomerado, e da casa na vila. A avenida Raja Gabáglia é a cota mais alta do morro, e a avenida Barão Homem de Melo é sua cota mais baixa. Fontes: Mapa da esquerda: Site mapasparacolorir.com.br⁴⁷; mapa central e da direita: e [Google Maps](http://www.google.com.br/maps/)⁴⁸.

O casal Marcos e Patrícia já tem contato com a Escola de Arquitetura da UFMG desde 2011 por meio do laboratório Morar de Outras Maneiras(MOM). São integrantes do grupo “História em Construção”, criado em 2011, a partir de uma parceria firmada entre moradores da Vila das Antenas e o MOM para desenvolvimento de pesquisas sobre a experiência de autoconstrução de moradores. Esta parceria também promoveu uma pesquisa em torno da satisfação dos moradores da vila em relação aos processos de remoção e reassentamento encaminhados pela prefeitura no local e culminou com audiências públicas. Posteriormente o grupo tornou-se autônomo na tarefa de articular os moradores da vila e, atualmente, promove diversas atividades socioeducativas. Dentro dos eventos promovidos pelo grupo História em Construção, o casal é responsável por fazer semanalmente exposições gratuitas de filmes (figura 48). Após as sessões, aproveitam alguns temas para ler e discutir questões pertinentes à vida dos moradores, como a sustentabilidade ambiental e social, limpeza da vila, etc. Marcos também é fotógrafo e poeta, enquanto Patrícia produz documentários. Este pequeno histórico demonstra que o casal tem um perfil de ativismo político e uma abertura para a inovação muito particulares, o que faz do experimento de reforma de sua casa uma experiência fora do padrão do que seria reformar as casas de outras famílias na vila onde moram.

⁴⁷ Disponível em: <<http://www.mapasparacolorir.com.br/mapa/municipio/mg/municipio-belo-horizonte-regioes.jpg>> Acesso em: 10 set 2014.

⁴⁸ Disponível em: <www.google.com.br/maps/@-19.95364,-43.963816,290a,20y,39.88h,55.54t/data=!3m1!1e3> Acesso em: 10 set 2014.



Figura 48 Espaço onde o casal integrante do grupo História em Construção realiza suas exposições semanais. Fonte: Imagem da esquerda: elaborada pelo autor. Imagem da direita: Horacius de Jesus.

A casa que os moradores adquiriram se situa em um terreno de inclinação acentuada e sua planta possui uma forma geométrica próxima a um quadrado (figuras 49 e 50). Duas de suas paredes estão em contato direto com a terra, onde se encontram duas salas sem janelas. A frente é para o beco, que tem aproximadamente 1,2 metros de largura, e não possui janelas. E o outro lado, onde se encontram as janelas do quarto, da cozinha e do banheiro, se distancia cerca de cinquenta centímetros da construção vizinha. Tem acesso a serviços de fornecimento de luz, água e esgoto.



Figura 49 Casa adquirida pelos moradores com o dinheiro da indenização. Fonte: elaborada pelo autor.

A casa apresentava uma série de problemas construtivos, alguns vergalhões de sua laje feita in-loco chegaram a ser corroídos por completo nas áreas mais críticas, mas o superdimensionamento das ferragens ainda mantinha a situação segura.



Figura 50 À esquerda levantamento de medidas da casa. Ao centro a planta com a localização dos pilares em vermelho⁴⁹. À direita o processo de corrosão que vinha acontecendo na armadura da laje. Fonte: elaborada pelo autor.

A vila e a comunidade

Antes de descrever algumas características do aglomerado Morro das Pedras é importante delinear os limites do conhecimento desta pesquisa sobre esta área. Em nenhum momento a intenção desta pesquisa foi levantar características etnográficas do Aglomerado, com exceção das entrevistas feitas durante as remoções na Vila das Antenas, nenhuma pesquisa sistematizada e com uma amostra suficiente foi aplicada. Portanto, estes dados apresentam-se somente para contextualizar a pesquisa através de uma visão pessoal adquirida por convivência. O aglomerado Morro das Pedras é muito grande, contando com cerca de 20.000 moradores segundo a Urbel, sendo importante ressaltar que imagina-se que em cerca de 70% dos becos sequer se passou durante as pesquisas.

A primeira informação importante levantada durante as entrevistas na Vila das Antenas é que seus moradores, em sua maioria, não gostariam de sair do morro. As entrevistas apontaram que dos que gostariam de sair de lá a maioria vivia de aluguel, enquanto os proprietários e moradores mais antigos constituem a maioria dos que querem ficar. Além das entrevistas, tomou-se conhecimento, também, de algumas pessoas que mudaram para os conjuntos habitacionais e venderam informalmente seus apartamentos para voltar para a vila, além dos que receberam indenizações pelo valor da benfeitoria de suas casas e também estão morando na vila e construindo ampliações com o dinheiro. Em ambos os casos os moradores estão resolvendo a situação das desapropriações por meio da verticalização das casas. Os moradores preferem ficar em suas casas auto-construídas, mesmo quando precárias, do que

⁴⁹ O levantamento dos pilares foi feito utilizando uma furadeira. A partir da dureza e da coloração do pó que saía dos furos feitos em diferentes alturas de um ponto na parede era constatada a existência ou não de um pilar. Os pontos de perfuração eram feitos principalmente nas quinas e junções entre paredes. Mais tarde com a demolição de algumas paredes descobriu-se que haviam outros.

morar em um apartamento dos conjuntos habitacionais, mesmo quando estes se localizam no próprio aglomerado⁵⁰.

O que a convivência no aglomerado demonstrou, como resposta a esta curiosidade, é que os moradores de lá dependem das relações de vizinhança mediadas pela auto-construção que são atípicas às relações existentes na cidade formal. Os moradores construíram, ao longo do tempo, o nível exato de aproximação e distanciamento necessário para suas relações sociais. Um exemplo é a constituição de famílias grandes, que não podem ser juntadas em um apartamento pelas peculiaridades de cada uma, nem separadas em mais de um apartamento pela co-dependência entre os moradores, mas que convivem perfeitamente em terrenos compartilhados. Outro exemplo é a dependência no desenvolvimento conjugado entre atividades residenciais e produtivas ou comerciais, como granjas, hortas, oficinas mecânicas, bares, padarias, esteticistas, etc (figura 51). O resultado do envolvimento de diversos aspectos da vida na produção do espaço é um espaço repleto de relações sociais pelo qual os moradores tem uma forte relação afetiva.



Figura 51 À esquerda galinheiro no segundo andar de uma residência. À direita um dos típicos comércios na porta de casa. Fonte: Imagem da esquerda: elaborada pelo autor. Imagem da direita: Horacius de Jesus.

A liberdade de poder acomodar novas necessidades por meio da construção, inclusive servindo-se do baixo custo da precariedade, é muitas vezes a única alternativa dos moradores, diante de suas dificuldades financeiras. Instabilidade é a palavra que define a situação da maioria dos moradores, ela está presente quando se refere a emprego, renda, saúde, família,

⁵⁰ Em Belo Horizonte, muitos dos conjuntos habitacionais do programa Minha Casa Minha Vida para o reassentamento de parte dos removidos pelo programa Vila Viva são construídos nos mesmos bairros das remoções.

segurança e por fim à própria moradia. Para responder a este contexto de alta complexidade os auto-construtores têm um método de *pensar enquanto se faz e fazer enquanto se vive*, desta maneira adaptando-se às variações que surgem (figura 52). Apesar da problemática heteronomia pela qual este contexto complexo é imposto aos moradores, a maneira pela qual eles o respondem é de uma sofisticação que vai muito além da capacidade da indústria. Sendo assim, os esforços da pesquisa foram na direção de sistematizar este método, o que será demonstrado a seguir. Claro, mantendo em mente que esta seria uma construção abstrata e não um retrato da realidade, portanto uma generalização de caráter conceitual que suprime muitas peculiaridades.



Figura 52 Retratos da autoconstrução e seu papel cotidiano no aglomerado Morro das Pedras. Fonte: Horacius de Jesus.

O primeiro aspecto observável do método de autoconstrução da favela, por este ser diferente do que acontece na cidade formal, é a maneira como ocuparam o território. Segundo as histórias dos moradores mais antigos, a ocupação e formalização dos limites aconteceu gradualmente, por negociação, em um processo de subdivisão, de acordo com as necessidades sociais que surgiam. Este processo se desenvolveu até o ponto onde as casas tocaram umas às outras e os únicos espaços restantes foram os becos para acessá-las. Estes becos foram formados de maneira a manter parentes e amigos em contato mais próximo. Quando não existia mais espaço para crescer na horizontal as casas começaram a crescer na vertical. Não existe regra fixa para delimitar os terrenos, isto depende de como acontecem as negociações, então é comum, por exemplo, que uma casa seja construída no segundo pavimento de outras duas casas. Enquanto neste método de gestão territorial distribuída as potencialidades do terreno são sempre exploradas na totalidade, no método de gestão centralizada da cidade formal os lotes ficam vazios enquanto não houver uma saturação total do loteamento (figura 53).

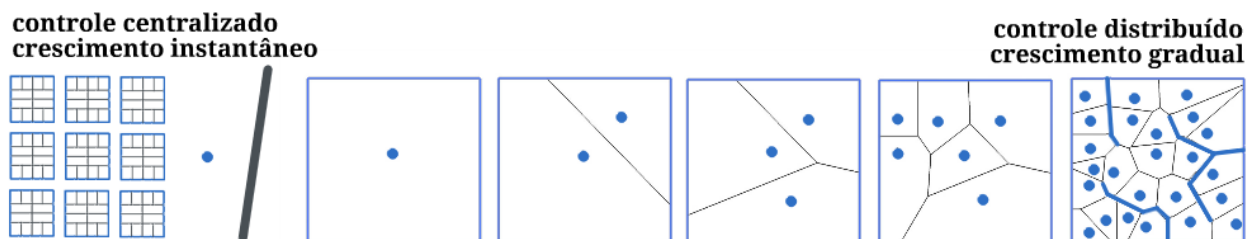


Figura 53 À esquerda o sistema tradicional de crescimento da cidade formal por meio de loteamentos, o processo é prescritivo e independente de relações sociais entre futuros moradores. À direita o sistema de crescimento por subdivisão negociada e acomodação de necessidades sociais da favela. O crescimento é gradual e os acessos são geridos por afinidade entre famílias e outros grupos sociais. Fonte: elaborada pelo autor.

Muitas das casas autoconstruídas ou autoproduzidas mantêm seu status de “em construção” por toda sua existência. De todas as casas contactadas visualmente durante as pesquisas, as únicas onde o armazenamento de materiais não pôde ser observado foi naquelas em que não se conseguiu ver o interior dos muros. Materiais de construção, barras de ferro, móveis sem espaço para ser acomodados, são usualmente armazenados, ou dependendo do capricho do morador empilhados, por entre os vãos remanescentes entre as construções, nos becos e calçadas. Essas pilhas de materiais, apesar de trazer inconvenientes, como a proliferação de ratos e baratas, dão aos autoconstrutores uma larga variedade de opções para resolver seus problemas construtivos: é só uma questão de procurar pela solução mais adequada aos seus problemas dentre a variedade de materiais estocados. Porém, a falta de organização destes materiais é um empecilho que os leva, muitas vezes, a não serem utilizados (figura 54). Não se sabe em que grau, o estado inacabado das casas é uma necessidade dos moradores para economizar na hora de fazer ampliações e, em que grau, decorre do fato de não saberem se vão ficar ali para sempre ou por mais uns dias devido aos processos de remoção. Com certeza, esses dois aspectos têm forte influência.



Figura 54 À esquerda madeira e canos empilhados na casa de uma moradora da Vila Leonina. Ao centro o beco que separa a casa a ser reformada e os vizinhos repleta de materiais e lixo. À direita os materiais do

beco vizinho e outros materiais empilhados no segundo pavimento da casa a ser reformada. Fonte: elaborada pelo autor.

Quanto ao método, pode-se dizer que os auto-construtores partem de informação existente nos materiais e utilizam sua capacidade de associação para endereçá-la na construção de acordo com seu propósito. Diferentemente, a indústria da construção parte de materiais radicalmente simplificados para imprimir sua informação construtiva de acordo com seu propósito (figura 55). Um processo envolve baixo gasto de energia e exige o potencial humano de processar informação durante todas as etapas (criatividade), enquanto o outro gasta muita energia mas não exige o potencial de um cérebro para processar informação na maior parte dos processos, podendo ser controlado de maneira centralizada e executado por máquinas mais simples.

Alguns dos processos construtivos observados no aglomerado não incorporavam nenhuma técnica de desenho para o planejamento dos ambientes, sendo estes planejados diretamente com os materiais durante a construção. Já outros construtores fazem alguns desenhos muito simples que ajudam no momento de obter conselhos de amigos e pedreiros mais experientes antes de se começar a construir, o que já é suficiente para evitar muitos erros. A vantagem da falta de planejamento, em relação ao projeto executivo altamente prescritivo usado na arquitetura, é que deixam a forma final em aberto para as oportunidades que oferecem os materiais durante a construção. Porém, a ausência total de planejamento leva a um descontrole que por vezes ameaça as condições de moradia do bem sendo construído. Neste sentido, parece interessante identificar quais são as restrições mínimas que devem ser alcançadas no planejamento para que se tenha liberdade na construção sem ameaçar as possibilidades de uso.



Figura 55 Esquema conceitual do processo de trabalho do auto-construtor. Ao analisar as demandas sociais sobre o espaço, o construtor modela um propósito a princípio muito abstrato. Analisa então os materiais que tem à mão e começa a associá-los de acordo com seu propósito. A cada rodada o construtor tem a oportunidade de agregar novas demandas sociais e novos materiais. Fonte: elaborada pelo autor.

No escopo micro, as técnicas de construção mais utilizadas na favela são a alvenaria cerâmica para vedação e o concreto moldado in loco para as colunas, vigas, lajes e escadas. Os telhados costumam ser improvisados com madeiramento de diferentes tamanhos e telhas de diferentes tipos. Portas e janelas costumam ser de ferro. Estas técnicas usam materiais baratos e são muito intensivas no trabalho, não requerem equipamento caro e não requerem muito planejamento, se comparadas com a madeira. Quanto à habilidade que requerem dos construtores, isto já é algo muito relacionado à qualidade. A experiência de construção da casa no aglomerado demonstrou que assentar tijolos de maneira a subir paredes alinhadas e aprumadas, fazer pilares aprumados, lajes e vigas sem deformações, e principalmente dar acabamentos como reboco, massa corrida, pintura e assentamento de cerâmica de maneira homogênea, são processos que requerem conhecimento e coordenação motora que só podem ser adquiridos com muita prática. Porém, levantar estruturas e paredes tortas e executar acabamentos desiguais de cerâmica e reboco reduzidos somente às áreas mais necessárias, são processos relativamente simples e suficientes para prover uma moradia satisfatória para muitos, graças à alta resistência do concreto e da alvenaria. Este diferencial de qualidade é aparente entre as casas visitadas que foram construídas por pedreiros experientes e aquelas que foram construídas por leigos. Constatou-se, assim, que a ausência de revestimento nas paredes em grande parte das casas, quando por razões econômicas, não decorre primariamente de economia de materiais, mas sim, de economia de trabalho, já que executar estas etapas, para alguém sem experiência, é algo muito trabalhoso e que dificilmente leva a bons resultados.

Durante os mutirões também foi interessante notar a diferença entre os vários perfis de profissionais da construção que moram na vila e construíram suas próprias casas. Estes profissionais eram, desde o pedreiro autônomo, um profissional completo que sabia executar todas as etapas da construção apesar de ter pouca habilidade com orçamentos, até o servente, que não sabia nada mais que os outros autoconstrutores, mas mesmo assim, por vezes, presta serviço de maneira autônoma compensando a baixa qualidade com um preço baixo. Entre eles havia, também, o armador, que sabia torcer arame, dobrar estribos e amarrar armaduras, mas não era habilidoso em nenhum dos outros processos, e o carpinteiro, cujo conhecimento abrangia uma matemática básica e ágil e os comportamentos da madeira e da serra. O carpinteiro já não morava mais na vila mas, com exceção da casa do pedreiro autônomo, as casas dos outros profissionais não tinha maior qualidade de execução que as casas dos autoconstrutores sem envolvimento com a indústria da construção. A qualidade das auto-

construções varia sim, mas o envolvimento dos auto-construtores em atividades parciais na indústria da construção não se mostrou como critério. A queixa do pedreiro autônomo sobre o trabalho nas construtoras indica claramente a responsabilidade do sistema manufatureiro na extinção das habilidades destes profissionais da construção: “eu não pego serviço de construtora não, lá eles não querem saber se você vai fazer bem feito ou vai fazer mal feito, todo mundo ganha igual... ..jogar massa, ninguém precisa saber disso, lá tem uma máquina que joga a massa, e já tá tudo montado, as réguas, tudo... ..você chega pra levantar uma parede tá tudo pronto, o escantilhão com a linha de cada fiada ”, Silvano Reis, em conversa com pesquisador, julho 2014 (figura 56). Apesar da queixa, o pedreiro afirma que existe muito trabalho disponível fora das construtoras com uma boa remuneração: “é só uma questão de contatos, pra saberem que seu trabalho é bom, porque hoje qualquer um compra uma colher no depósito e fala que é pedreiro né.”



Figura 56 À esquerda o pedreiro autônomo que participou de um dos mutirões. À direita um projetor de massa em operação⁵¹. Fonte: Imagem à esquerda: Horacius de Jesus, Imagem à direita: www.Anvi.com.br, fabricante de projetores de massa.

⁵¹ Foi feita uma média e a habilidade deste pedreiro autônomo experiente provia um rendimento 12 vezes maior que o daqueles que tinham uma experiência de apenas nove meses na construção da casa, e 40 vezes maior que o rendimento daqueles que manipulavam argamassa pela primeira vez. Segundo os fabricantes, o projetor de

Durante as visitas às casas dos moradores da vila foram observados muitos problemas construtivos, claro que, por uma visão de arquiteto, o que não significa que aqueles problemas existam na pauta dos moradores. Esta é uma questão que poderia ser verificada por meio de entrevistas. Portanto utilizando como base os critérios da construção formal foram listados os seguintes problemas: ausência de planejamento construtivo, levando à compra de materiais em excesso; perda de materiais por armazenamento mal feito e por necessidade de reconstrução de espaços devido ao dimensionamento mal calculado; superdimensionamento e subdimensionamento de estruturas devido ao desconhecimento da lógica e de cálculos estruturais; empedramento de pilares devido ao lançamento do concreto de alturas elevadas; deformação de pilares, vigas e lajes devido ao travamento e escoramento precário das formas; corrosão de armaduras por execução de concretagem sem o uso de espaçadores; infiltração de umidade nos ambientes devido a ausência de medidas de impermeabilização; queima de eletrodomésticos e baixas de luz devido a sistemas elétricos mal dimensionados; construção de ambientes sem qualquer tipo de ventilação devido à impossibilidade de se construir janelas; sistemas de esgoto com mau cheiro devido à falta de respiro na tubulação e; mau escoamento da água e do lixo que cai nos becos devido à ausência de calhas e de lixeiras.

Imagina-se que muitos destes problemas existam por falta de tempo de alguns moradores para solucioná-los, pois trabalham por vezes dois períodos, e também de dinheiro, pois alguns estão desempregados, quando não uma combinação dos dois. Mas, o que é comum a todos os casos é a falta de conhecimento técnico, já que na maioria das estruturas construídas na vila se gasta muito mais concreto que em uma obra da indústria da construção civil. Muitas vezes são utilizadas grandes vigas quadradas, que têm menor eficiência estrutural que as retangulares. São utilizados caros vergalhões de aço em partes da viga onde não são solicitados, como na linha neutra. E por fim, são feitas fundações por tubulão tão largas e profundas que suportariam a carga de um prédio. Ao mesmo tempo em que se gasta tanto onde é desnecessário, não se usam armaduras negativas nas intersecções viga/pilar, gerando trincas. Não se usam espaçadores de armadura no momento da concretagem, levando as armaduras a ficarem expostas ao oxigênio dando origem à corrosão e à condenação de estruturas. Entre outras coisas, como o mau dimensionamento elétrico que leva à queima de

massa, por sua vez, tem um rendimento seis vezes maior que o lançamento manual por um profissional. Os mais simples custam cerca de 800 reais.

eletrodomésticos e a um gasto maior posteriormente. Ou mesmo, a má impermeabilização e ventilação de ambientes internos que leva ao mofo e aos problemas de saúde dele provenientes. Por fim, o próprio sistema construtivo que utilizam, da alvenaria, se torna muito dispendioso. Este, apesar de ser de fácil construção, não acomoda bem as mudanças necessárias à uma vida em constante evolução como a que levam, exigindo grandes gastos para mudança e gerando muitos resíduos.

A cidade e as instituições

Alguns aspectos relevantes da cidade para a pesquisa foram: a dinâmica da construção civil, o descarte dos resíduos da construção, com uso de caçambas, na rua e das unidades de coleta de resíduos, URPVs; a presença de grandes construtoras; e as atividades de urbanização e reassentamento nas favelas que vêm acontecendo aos cuidados da Urbel.

Belo Horizonte teve um vigoroso crescimento do número de empregos na construção civil e forte expansão do mercado imobiliário desde os anos 2000 (MENDONÇA e col, 2014). Esse crescimento é aparente na grande quantidade de caçambas nas ruas da cidade. Ao longo de toda a pesquisa foi feito um levantamento fotográfico dos materiais, ainda úteis à construção civil, que podiam ser encontrados em algumas destas caçambas. No centro é mais comum encontrar divisórias de madeira, tábuas de andaime, canos, louças sanitárias, entre outros materiais provenientes de pequenas reformas, e em alguns casos específicos onde houve demolições de casas para construção de hotéis podiam ser encontradas telhas, madeiramento de telhado, vigas de madeira de lei, etc. Já no Belvedere, um bairro de classe média alta em pleno crescimento com a construção de grandes edificações verticais, era possível encontrar muitas peças de mármore, granito e porcelanato, retiradas do apartamento padrão, entregue pela construtora, para a execução de projetos arquitetônicos personalizados. Concluiu-se, por meio destas observações, que com o auxílio de um carro utilitário e um espaço de armazenamento seria possível coletar quase todos os materiais necessários para a construção e reforma de casas.

A coleta de materiais residuais da construção seria mais fácil se os materiais estivessem concentrados em um só lugar e não distribuídos pela cidade. O interesse por aqueles materiais deu origem à pesquisa sobre o destino dos materiais coletados em caçambas. O que se descobriu é que as caçambas particulares são destinadas diretamente para os aterros centrais, aos quais não se tem acesso público. Porém, os rejeitos de pequenas obras podem também ser destinados para as URPVs. As Unidades de Recebimento de

Pequenos Volumes (URPV) são equipamentos públicos destinados a receber materiais como entulho, resíduos de poda, pneus, colchões, eletrodomésticos e móveis velhos, até o limite diário de 1m³ por obra. A população pode entregar o material gratuitamente naqueles locais ou contratar um carroceiro para buscá-lo. As URPVs não recebem lixo doméstico e de sacolão, resíduos industriais ou de serviços de saúde, nem animais mortos. O material recebido nas URPVs é separado em caçambas e recolhido regularmente pela Prefeitura. Após a triagem, os rejeitos vão para o aterro sanitário e o entulho vai para uma das duas Estações de Reciclagem de Entulho, onde é transformado em agregado reciclado, que pode novamente ser reintroduzido na cadeia da construção civil. Pneus vão para uma central onde são armazenados até serem coletados por empresas que utilizam a matéria prima derivada da borracha.

Foi visitada a URPV do bairro Cachoeirinha, onde o conteúdo sendo descartado deve ser separado pelos usuários de acordo com as categorias, pneus, madeira, pedras grandes, azulejos, galhos, caixas tetrapak e uma grande pilha central de diversos. Um engenheiro ambiental encarregado de gerenciar o funcionamento das URPVs estava presente e foi muito receptivo, autorizando a coleta de material livremente (figura 57).



Figura 57 À esquerda carroceiros saindo de uma URPV para buscar materiais descartados. À direita caçambas na URPV do Bairro Cachoeirinha. Fonte: Imagem à esquerda: Portal online da prefeitura de Belo Horizonte⁵². Imagens à direita: elaboradas pelo autor.

Houve um momento em que as pesquisas demonstravam que madeira e pedaços de cerâmica, granito e mármore eram coisas que estavam disponíveis em abundância, contanto que se disponha de um meio de transporte, porém para a construção de uma casa, ainda

⁵² Disponível em: <http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/images.do?evento=imagem&urlPlc=pagina_-_urpv.jpg> Acesso em: 17 Jul. 2014.

faltavam materiais básicos como cimento, argamassa colante, massa corrida, tintas, etc. Imaginava-se que, pelo sistema de produção padronizado das construtoras, deveria haver restos de materiais ao fim de cada obra, que dificilmente seriam reutilizados. Por isso a pesquisa caminhou para fazer contato com construtoras para confirmar ou não esta hipótese. A primeira construtora com a qual se conseguiu fazer contato possuía um grande depósito de materiais que sobravam das obras, os quais eram pouco utilizados, segundo o encarregado. Este afirmou que já não havia muito espaço para armazenar as coisas, já que só eram utilizados pela empresa casualmente para efetuar reparos (figura 58). Apesar da disponibilidade dos materiais, até o final da pesquisa não se conseguiu firmar uma parceria para receber doações desta construtora.



Figura 58 Depósito de sobras da construtora Líder. Fonte: elaborada pelo autor.

O contato e parceria que conseguiu se firmar com alguma construtora aconteceu por iniciativa dela mesma. Durante a pesquisa, uma construtora estava construindo dois grandes edifícios comerciais de 12 andares na Avenida Raja Gabáglia e, devido ao impacto desta obra sobre a Vila Leonina, firmou um Termo de Ajuste de Conduta (TAC) com a prefeitura. O TAC é um termo onde a empresa se compromete a compensar o impacto ambiental de sua obra promovendo medidas reparadoras. Neste caso específico, a construtora estava buscando projetos em andamento na vila para apoiar financeiramente.

Por último, na lista de instituições da cidade de Belo Horizonte importantes para o contexto em questão, aparece a Companhia Urbanizadora e de Habitação de Belo Horizonte, Urbel. Esta instituição foi criada para implementar a política municipal de habitação popular, cujo objetivo é melhorar a situação da habitação de baixa renda na cidade. Desta maneira, atua nas vilas e favelas implementando diversos programas. O Vila-viva é um programa que tem atuado na vila removendo famílias predominantemente para passar ruas e construir quadras de esportes. Já o PEAR, programa estrutural para áreas de risco, tem atuado removendo famílias em áreas onde os laudos apontam que existem riscos muito altos para elas e estes não podem

ser eliminados por uma obra tecnicamente viável, principalmente casos de estruturas avariadas, casas em encostas e lugares próximos à uma rede de alta tensão. Não se sabe quais são os critérios de viabilidade técnica destes laudos, porém não se conhece nenhum caso de intervenção do PEAR na vila por outro meio que não a remoção. Dentre as famílias removidas algumas são reassentadas em alguns condomínios de apartamentos construídos no próprio aglomerado pelo programa Minha Casa Minha Vida, outras são indenizadas com o valor de suas benfeitorias por meio de um programa chamado PROAS. Os moradores alegam que os valores sempre são estimados abaixo da realidade. Existem ainda alguns raros casos que recebem também o valor do terreno, quando existe o registro do imóvel em cartório.

Apesar do objetivo de melhorar a situação da habitação de baixa renda, o que a atuação do órgão tem feito, predominantemente, é eliminar a habitação de baixa renda da cidade:

“Consta em informações trazidas pelo Ministério Público Federal que, de 7.957 remoções realizadas pelo programa Vila Viva em Belo Horizonte, somente 3.950 remoções importaram em reassentamento em unidade habitacional construída por esse programa. Do restante, 496 dos removidos conseguiram adquirir a compra de casa com recursos advindo do PROAS e, a grande maioria dos removidos, 4.310, receberam indenização pela remoção compulsória...”

(LINHARES, 2013)

Não se tem conhecimento do destino de muitos moradores removidos, mas do que se conhece, este destino varia muito. Em alguns casos, mudaram-se para cidades na região metropolitana, como Vespasiano e Ribeirão das Neves, mas, como citado anteriormente, outros voltaram a morar na vila por meio da verticalização, o que a Urbel tem tentado prevenir utilizando-se de fiscalização pelo Programa de Controle Urbano⁵³. A dificuldade do programa em controlar o crescimento da vila decorre, principalmente, da reocupação dos terrenos onde foram demolidas casas pelo PEAR, os quais tem localizações pontuais mais difíceis de se acessar para a fiscalização. Imagina-se que a preservação dos escombros nos locais das demolições feitas pelo programa é, além de uma economia, uma tentativa de inibir esta reocupação.

53

Disponível em: http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pIdPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=urbel&tax=17452&lang=pt_BR&pg=5580&taxp=0& acesso em: 10 ago 2014.

O contato com a Urbel se deu por meio do CRAS (Centro de Referência de Assistência Social) da Vila das Antenas. Esta é uma unidade estatal de assistência social que promove na vila a doação de cestas básicas, acesso à internet, cursos gratuitos, entre outros. Buscava-se no CRAS a informação sobre espaços públicos na vila onde poderia-se implantar uma Oficina Comunitária, e este então encaminhou o grupo para a unidade local da Urbel, responsável pelo atendimento à comunidade envolvida nas ações do Vila Viva/PAC no Aglomerado Morro das Pedras. Nesta unidade os funcionários da Urbel mostraram no mapa do Aglomerado a situação das áreas de preservação ambiental, frutos de remoções, que estavam novamente sendo ocupadas. A preocupação dos funcionários é que sem capacidade de fiscalizar estas propriedades não teriam condições de manter seu caráter público até o momento de se construir os parques que se propunham para elas. Desta maneira, estavam procurando estabelecer parcerias com ONGs e outros grupos de ação social que atuavam na vila para que fosse dado uso coletivo a estes espaços, desta maneira atribuindo a eles um valor de uso para os moradores e evitando as ocupações. Estas negociações foram importantes para o desenvolvimento da pesquisa, resultando em uma grande abertura para que organizações auto-geridas da Vila pudessem ter acesso e gerenciar o espaço público.

5.2.2 Atuando como arquiteto e construtor no contexto da favela

O intuito desta subseção é descrever a atuação experimental do autor como arquiteto e construtor no contexto da favela de maneira a sugerir novas possibilidades de atuação para outros arquitetos.

Projetando espaços

Projetando os ambientes da casa do Marcos e da Patrícia

Os moradores já possuíam uma proposta inicial para a casa. Tratava-se da construção de três quartos e um banheiro no piso superior, sobre os quais haveria um terraço para lazer, e da reforma e abertura de janelas no piso inferior. A tecnologia a ser adotada para a construção ficou aberta à variedade dos materiais doados. Mas a ideia era fazer uma estrutura independente e, para a vedação, painéis leves. Desta maneira a casa ficaria mais flexível para acomodar mudanças na estrutura da família, inclusive utilizando-se a construção de móveis retráteis, como camas, estantes e mesas, aproveitando da fabricação digital para construir as peças de maior complexidade exigidas neste tipo de mobiliário.

Para solucionar a planta buscou-se uma estrutura que possibilitasse aos próprios moradores projetar a casa. Para isto foi escolhida uma estrutura já utilizada pelo MOM⁵⁴, composta por uma prancheta de metal onde se fixava a planta impressa e se movia o mobiliário por cima. O mobiliário adería ao metal, pois possuía uma folha de imã. O mobiliário foi impresso na escala 1:50 e colado em uma folha de imã, depois recortado cada móvel. Depois de impressa a planta foi fixada na prancheta e começaram os testes. O método de se projetar os ambientes a partir dos móveis, e não das paredes, funcionava muito bem, facilmente surgiam mais de uma solução satisfatória (figura 60).



Figura 59 Planta desenvolvida pelo pesquisador junto aos moradores utilizando uma prancheta de metal e mobiliário impresso e colado em ímãs. Fonte: elaborada pelo autor

Nos encontramos para definir a planta em conjunto mas os moradores não interagiram com a prancheta, somente deram algumas sugestões. Uma hipótese explanatória é que tenham achado infantil, com cara de brinquedo. Outra é que tenham achado frágil, alguns ímãs caíam durante a manipulação. Ou, por último, acharam que, mesmo eu não sabendo nada sobre suas particularidades, saberia o que é melhor para eles pois sou arquiteto. Talvez uma opção interessante fosse deixar a prancheta com eles, mas antes que houvesse tempo para isso, os próprios moradores começaram a mostrar suas ideias por meio da simulação de ambientes diretamente com o corpo, e este se mostrou um método mais interessante.

Vendo o potencial deste método agendamos uma próxima visita para simular os ambientes e formalizá-los utilizando-se desenhos feitos diretamente sobre a casa. Para esta visita foi levado barbante, giz e fita crepe. A fita seria a mais adequada, pois poderia ser facilmente realocada, porém a superfície do piso tinha muitas partículas soltas, o que dificultava sua aderência. O barbante funcionava bem, porém a intenção era fazer algo que durasse mais tempo, para que eles pudessem depois, com mais calma, passear pelos ambientes e imaginar

⁵⁴ Morar de Outras Maneiras, núcleo de pesquisa da Escola de Arquitetura da UFMG.

se era isso mesmo que queriam. Por fim, os ambientes foram desenhados com giz, utilizando a trena como régua, o que era um pouco trabalhoso. Depois de desenhada a planta, continuou-se circulando por cada cômodo imaginário descrevendo os móveis que estariam dentro (figura 61).



Figura 60 Projeto desenhado sobre o próprio espaço com giz. Fonte: elaborada pelo autor.

As medidas dos desenhos foram tiradas com a trena e, posteriormente, feito um modelo tridimensional a partir delas. Este projeto inicial serviu de base para iniciar o processo de reforma, porém, a vivência nos ambientes da casa ao longo da construção levou ao surgimento de algumas alterações: a perspectiva sobre os ambientes mudava a cada parede derrubada; surgiram pilares que não haviam sido localizados e; descobrimos um espaço vazio entre o muro de arrimo e a parede da sala, o qual utilizamos para depositar entulho e fazer um armário embutido (figura62)



Figura 61 A descoberta do espaço vazio, entre a parede da sala e o muro de arrimo, quando se estava tentando regularizar a dimensão dos degraus da escada. Fonte: elaborada pelo autor.

Quando o projeto tridimensional foi feito sabíamos que não seria definitivo, assim sendo, utilizamos algumas ferramentas do Sketch Up, chamadas *dynamic components*, para produzir paredes paramétricas ajustáveis. Tais paredes podiam ser esticadas, para se tornar mais compridas ou mais altas, sem que os montantes que as constituem se deformassem. Desta maneira, tínhamos uma estimativa do total de madeira que seria gasto na estrutura, por

meio de contagem automática do número de montantes no desenho, atualizada em tempo real (figura 63).



Figura 62 Projeto preliminar feito após a visita onde foram desenhados os ambientes diretamente no piso, a organização dos ambientes mudou um pouco. Fonte: elaborada pelo autor.

Auxílios cotidianos de projeto em outras casas da favela

Durante o experimento principal de reforma e construção, muitas vezes outros moradores pediam auxílio para solucionar problemas em suas casas. As dúvidas mais comuns sobre construção envolviam impermeabilização, mas a maioria das questões eram sobre como resolver o *layout* em reformas. As primeiras vezes foi difícil sugerir algo utilizando como ferramenta somente a imaginação, o diálogo com os moradores e uma trena de forma esporádica. A maneira pela qual aprendi a projetar requeria a medição, desenho e reflexão demorada sobre ele. As soluções obtidas não podem ser comparadas com as soluções que se obtém utilizando-se do minucioso processo de projeto tradicional, porém as visitas não passavam de vinte minutos, o que realmente barateia o custo de reprodução deste serviço.

Projetando uma casa de emergência

Quando estávamos trabalhando na casa do Marcos e da Patrícia, surgiu também a necessidade de elaborar uma solução de emergência para uma moradora do Morro das Pedras que encontrava-se desabrigada, a dona Tereza. Os moradores nos procuraram e nos levaram para ver sua situação: a moradora, muito idosa, dormia enrolada em uma lona no chão. Começamos uma busca por materiais e um dia conseguimos repentinamente uma doação de caibros de oito por oito, utilizados em escoramento de lajes e vigas, de uma construtora, mas para receber a doação precisávamos elaborar um orçamento da quantidade de madeira necessária na construção e coletá-la no mesmo dia. Devido à pressa em resolver a situação foi utilizado o *Lunchbox*, um *plugin* do *Grasshopper*, para gerar o desenho de uma estrutura

treliçada de forma rápida. Outro *plugin*, chamado *Karamba*, foi utilizado para fazer o cálculo estrutural e escolher a altura das vigas. A estrutura desenhada era simples e poderia ter sido pensada usando uma folha de papel e lápis, porém, a definição tinha algumas vantagens, as dimensões da casa podiam ser modificadas, caso mudássemos de planos na hora, sem perder nenhuma informação (figura 64). Estas mudanças nas dimensões eram fáceis de se manipular, possibilitando que o projeto fosse reutilizado e adaptado por outras pessoas. A desvantagem, é que na pressa só foi possível desenhar as linhas principais do projeto de forma paramétrica. O projeto detalhado para construção foi feito no *Google Sketch Up* de forma desassociada. Mais adiante falaremos como se deu esta construção de emergência.

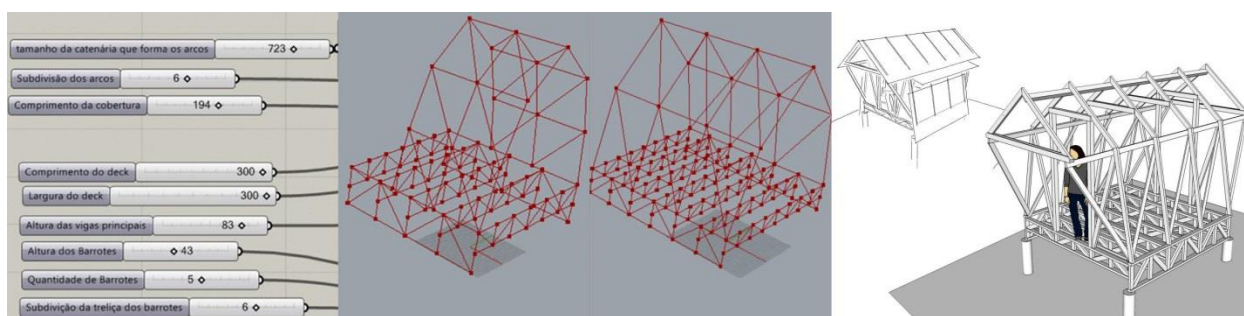


Figura 63 Projeto para a casa de emergência da Dona Tereza. Fonte: elaborada pelo autor.

Construindo e projetando construção

Em uma avaliação inicial, chegamos à conclusão de que a reforma da casa consistiria em dois passos. O primeiro seria demolir algumas paredes e recuperar a estrutura que estava bem corroída, devido à falta de impermeabilização da laje e do uso de espaçadores. E a segunda etapa seria construir todo o segundo piso utilizando madeira descartada e a fresadora. Enquanto era feita a reforma do primeiro piso eram coletados materiais para construir o segundo.

Coletando materiais

Quanto aos materiais para a construção, a iniciativa que tomamos foi a reutilização de materiais descartados pela indústria da construção, a qual, devido a seu compromisso com a eficiência e sua baixa capacidade de responder à variedade, recorre sempre a materiais novos e homogêneos. Isto fica evidente na quantidade de materiais em bom estado que verificamos nas caçambas e centros de coleta da cidade (figura 65).

A partir desta ideia elaboramos o projeto “Circuito Morro-Asfalto: Tecnologia e organização em prol do aperfeiçoamento dos ciclos produtivos”. Um projeto que distribuimos entre algumas construtoras para conseguir doações de materiais. Neste projeto mostramos o

trabalho que vínhamos fazendo por meio da seleção dos materiais ainda úteis para o nosso contexto produtivo dentre os materiais descartados em caçambas e centros de coleta de resíduos e o desenvolvimento de técnicas para sua reutilização. O objetivo dessa iniciativa era utilizar a tecnologia e a organização em prol do aperfeiçoamento dos ciclos produtivos na construção civil, retirando materiais de onde são inconvenientes e destinando-os para onde são convenientes. Desta maneira reduz-se o gasto das grandes empresas com a destinação de resíduos e contribui-se para a construção de casas de melhor qualidade pelos pequenos construtores que encontram-se em situação de escassez financeira. O *slogan* do projeto para unir os interesses dos participantes foi baseado nos princípios da economia circular. Isto é, promover a sustentabilidade ambiental, social e econômica por meio da criação de novas conexões entre os produtores e a sociedade. Conexões que sirvam para emendar pontas soltas no ciclo produtivo, como o descarte de um lado e a escassez material de outro, ajudando a sociedade a evoluir em consonância. Propusemos aos interessados em contribuir que participassem fazendo doações ou trabalho voluntário. O processo de coleta de materiais era documentado em vídeo. A proposta é que fossem elaborados *teasers* (vídeo publicitário de cerca de 3 min) e vídeos de média duração (cerca de 8 min) para serem compartilhados na internet.



Figura 64 À esquerda materiais sendo coletados na rua lateral de uma construção na av. Raja Gabágliá. À direita alguns dos materiais coletados empilhados no segundo pavimento da casa sendo reformada. Fonte: elaborada pelo autor.

No entanto, as construtoras contatadas não estavam interessadas em doar materiais usados. A primeira das explicações era que a doação de restos de materiais de uma obra para uma pessoa física poderia ser confundida com superestimação de orçamento para benefício particular. E quanto ao vídeo, não viram tanta autopromoção em doar o que consideram lixo, mas sim a possibilidade de ter que lidar futuramente com inúmeros pedidos de materiais. Portanto, as únicas doações que foram conseguidas a princípio foram de contatos particulares dos envolvidos na construção da casa que recentemente haviam reformado suas casas.

Decorridos nove meses desde a distribuição dos projetos entre as construtoras, conseguiu-se uma doação de uma delas, porém devido a uma situação específica. Esta construtora estava construindo um prédio ao lado da vila onde estava sendo reformada a casa, devido a isto, foi uma das primeiras a receber o projeto. Porém, devido aos fatos mencionados anteriormente, não era de interesse da construtora contribuir para a construção de um bem particular por meio de uma doação direta. A construtora buscava projetos sociais de visibilidade nos quais pudesse investir para cumprir seu TAC. Portanto, o interesse da construtora em doar materiais só foi obtido por meio de uma parceria para construir uma oficina comunitária na vila, processo que será explicado na seção 5.2.5. A partir desta parceria os problemas citados anteriormente foram solucionados. Primeiro, porque seria criado um CNPJ⁵⁵ de associação para o qual a empresa doaria, e não mais um nome particular. A associação sim, poderia utilizar o material para a construção de bens particulares dentro da vila (figura 66). Segundo, por que por meio desta parceria quebrou-se a resistência inicial e surgiu uma relação de colaboração com a construtora. O diálogo direto com os funcionários da construtora se mostrou determinante na obtenção destes resultados: promovendo-se diversas reuniões foi possível explicar melhor os detalhes das propostas, receber contra-argumentos e readequá-las de maneira a atender as necessidades de ambos.



Figura 65 Na foto acima, Marcos e moradores da vila carregando e descarregando materiais doados pela construtora que estava construindo ao lado da vila. Na foto abaixo uma das duas pilhas de madeira descartada pela construtora após a finalização da estrutura de concreto. Devido ao custo do carreto foram feitas somente duas viagens e recolhido menos de 10% do material. Fonte: elaborada pelo autor.

⁵⁵ Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica.

Primeiro Pavimento: técnicas tradicionais

A reforma do primeiro pavimento começou em Dezembro de 2013 com a promoção de duas sessões semanais de quatro horas onde participavam de dois a cinco colaboradores, entre eles um dos moradores. Mas, a partir de Junho de 2014 aceleramos o processo organizando mutirões de fim de semana utilizando uma página no Facebook. O processo de organização e o funcionamento destes mutirões pode ser visto com mais detalhe na seção 5.3. Esta etapa não chegou a ser concluída até o momento de entrega da dissertação, mas esta seção apresenta os resultados obtidos até este momento.

Durante as primeiras etapas da obra foram produzidos cerca de cento e vinte sacos de entulho, com aproximadamente quarenta quilos cada. Se livrar do entulho foi uma das questões mais problemáticas e trabalhosas da construção, requerendo soluções criativas para empregá-lo nos arredores da obra e não ter que movimentá-lo por grandes distâncias, pois o trabalho era desgastante (figura 67). Ao final ficou evidente o contraste entre a grande quantidade de trabalho necessária na demolição e a facilidade e rapidez na construção com alvenaria e concreto (figura 73).



Figura 66 Processo de limpeza, deposição de entulho, sua compactação e concretagem no vão existente entre a obra e casa vizinha. Fonte: elaborada pelo autor.

A disponibilidade de uma grande variedade de materiais na obra ajudou a economizar trabalho e dinheiro em muitos momentos: a armadura de uma sapata de fundação foi feita utilizando restos de vergalhões; um cano de esgoto de 150mm foi utilizado como forma para um pilar; alguns pedaços de *pallet* foram combinados com as peças de uma cama para fazer uma viga; os batentes de porta foram encontrados prontos; entre outras criações oportunistas (figuras 69 à 72).



Figura 67 Amarração de estribos dobrados na obra, abertura de buraco na laje e posicionamento da armadura. Fonte: elaborada pelo autor.

O conhecimento adquirido no curso de arquitetura se mostrou várias vezes insuficiente para solucionar os problemas práticos da construção com argamassa, o qual se ganhou predominantemente na prática e auxílio de moradores com mais experiência na construção.



Figura 68 Processo de concretagem do pilar. Fonte: elaborada pelo autor.



Figura 69 Vigas de madeira feitas com *pallets*. Para facilitar o aparafusamento entre as peças foi utilizado sabão. Por fim as vigas foram fixadas nos pilares utilizando parafusos de fixar telha. Fonte: elaborada pelo autor.

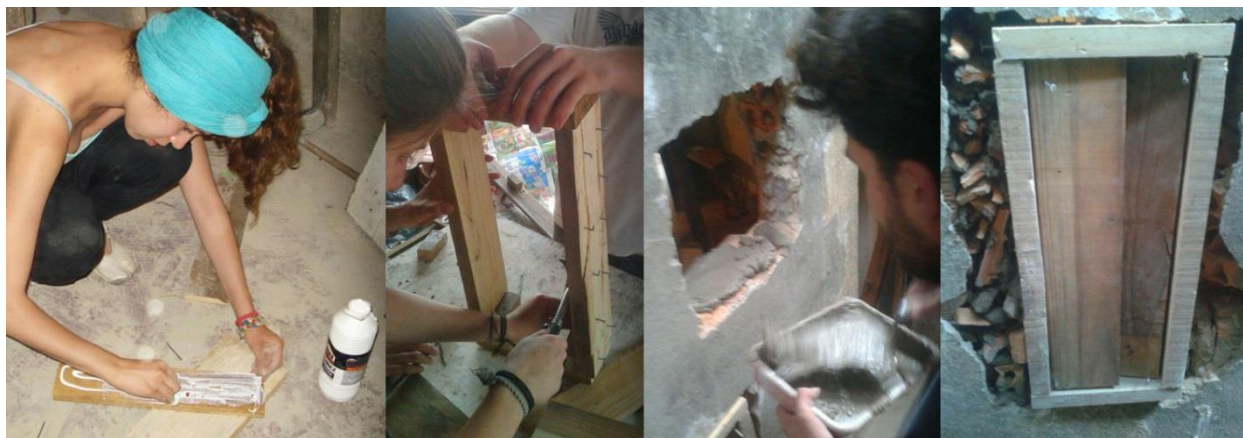


Figura 70 Construção dos marcos das janelas. Fonte: Viole Canevello.



Figura 71 Batente da nova porta do banheiro fixado por concreto. Fonte: elaborada pelo autor.



Figura 72 Argamassa sendo aplicada nas paredes e pilares durante os mutirões. Fonte: elaborada pelo autor.

Os próximos passos para o piso inferior foram de acabamento final do teto com gesso, e das paredes com massa corrida e tinta. As áreas molhadas e as paredes exteriores receberam mosaicos feitos com cacos de cerâmica, o piso do banheiro recebeu um mosaico feito de cacos de mármore e o armário embutido recebeu em sua primeira estante uma

bancada de granito, sendo todos estes materiais coletados em caçambas de uma área nobre. Para realizar o assentamento dos mosaicos de cerâmica tivemos a ideia de usar uma definição produzida por um usuário do *Grasshopper*, chamada *Generation*, para organizar os cacos de ladrilho automaticamente com o menor vão possível, processo chamado *nesting*⁵⁶. Começamos dispendo os cacos de ladrilho que tínhamos sobre um piso de cor contrastante, numeramos todos e tiramos uma foto. A foto foi tratada em um editor de fotografias para aumentar seu contraste com o fundo e depois vetorizada no *Illustrator*⁵⁷ utilizando uma ferramenta chamada *Livetrace*. O programa realiza a vetorização das linhas que reconhece a partir do contraste, mas devido a termos colocado alguns ladrilhos muito perto algumas peças se confundiram. O próximo passo foi numerar as peças. Para poupar trabalho de digitar todos os números uma estratégia seria vetoriza-los também. Tentamos fazer isso, mas o resultado não foi satisfatório, a vetorização gerou muito ruído porque para pegar os traços finos dos números tivemos aumentar muito a sensibilidade. Seria necessário, portanto, ter utilizado um canetão mais grosso. O arquivo com as peças ainda sem os números foi exportado no formato *.dwg*, o qual pode ser lido pelo *Rhinoceros*, o *software* que acomoda o funcionamento do *Grasshopper*. Uma vez aberto o arquivo no *Rhinoceros*, a definição de *nesting* foi aplicada gerando um resultado razoável, em dez minutos, porém a qualidade do resultado não ficou melhor do que o trabalho de um ser humano, e nem foi o processo mais rápido (figura 74). O principal motivo é que o formato das peças não tem importância no mosaico, elas podem ser quebradas para melhor se encaixar. Portanto não faz tanto sentido usar o *nesting* para fazer mosaicos como faz usá-lo para montar pranchas de corte.



Figura 73 Processo de vetorização e organização dos retalhos de ladrilho. À esquerda a foto tratada de maneira a ter o maior contraste figura-fundo. No centro um exemplo de má vetorização devido à proximidade

⁵⁶ *Nesting* é o nome dado ao processo de acomodação de peças em um espaço delimitado. Aplicativos de *nesting* são muito utilizados para acomodar no espaço chapas as peças a serem cortadas por fresadoras ou cortadoras a laser.

⁵⁷ *Illustrator* é um software voltado para a realização de trabalhos gráficos utilizando vetores.

de alguns retalhos. À direita os ladrilhos organizados em uma área de 80x80cm através do processo de *nesting*. Fonte: elaborada pelo autor.

Segundo pavimento: Fabricação digital

A construção do segundo pavimento não foi iniciada até a elaboração dessa dissertação, porém foram idealizadas, projetadas e prototipadas algumas soluções para sua futura construção. Uma necessidade geral entre estas soluções é que fossem leves, de maneira a não sobrecarregar a fundação da qual não se tinha conhecimento da estabilidade⁵⁸. Estas soluções serão apresentadas nas seguintes categorias: vedação; estrutura; revestimento e mobiliário.

Vedação

Depois de verificar no primeiro pavimento a dificuldade de se fazer uma alteração no *layout* de uma casa feita em alvenaria, decidimos que os moradores precisavam de uma estrutura que acomodasse uma variedade básica de alterações sem precisar ser destruída. Uma alteração que já podia ser programada era a divisão do quarto compartilhado entre as duas filhas quando elas crescessem, mas ainda outras poderiam surgir. Optamos então por construir em madeira, usando algum sistema que fosse móvel ou pudesse ser desmontado.

A primeira ideia que surgiu neste sentido foi a construção de paredes biombo. Estas paredes seriam compostas de vários segmentos unidos por articulações com rodinhas que correriam no chão e no teto, como mostra a figura 75. Desta maneira seria possível manejar as paredes pelo ambiente e afixá-las em seu lugar por meio de travas nas rodas mas, para isso, a diferença de altura entre o teto e o piso precisaria ser constante e, mesmo assim, seriam necessárias molas nas rodas para absorver pequenas variações. Estes painéis seriam construídos em madeira e revestidos de tetrapak, como mostra a figura 76. Apesar da ideia ser interessante, não conseguimos resolver a articulação entre os painéis mantendo a estanqueidade entre os ambientes. Devido a isto, optamos por construir painéis independentes, os quais seriam fixados no lugar por pressão.

⁵⁸ Muitos dados sobre a fundação da casa e detalhes sobre sua construção foram conseguidos com a vizinha para a qual se construiu a vala. Durante o processo de reforma do vão entre as casas ela contou que havia ajudado a construir a casa que estávamos reformando, revelando os detalhes deste processo passo a passo.

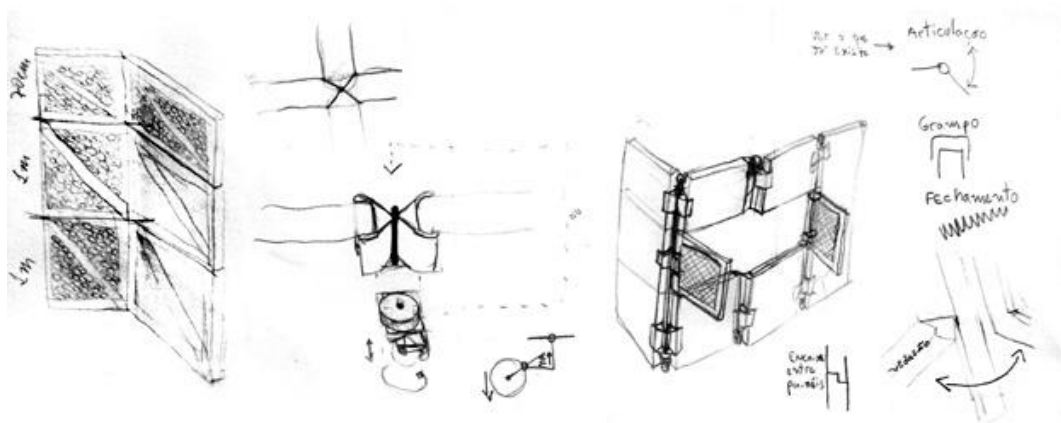


Figura 74 Primeiras ideias para o sistema de vedação móvel a ser feito na casa. Painéis articulados deslizantes. Fonte: elaborada pelo autor.

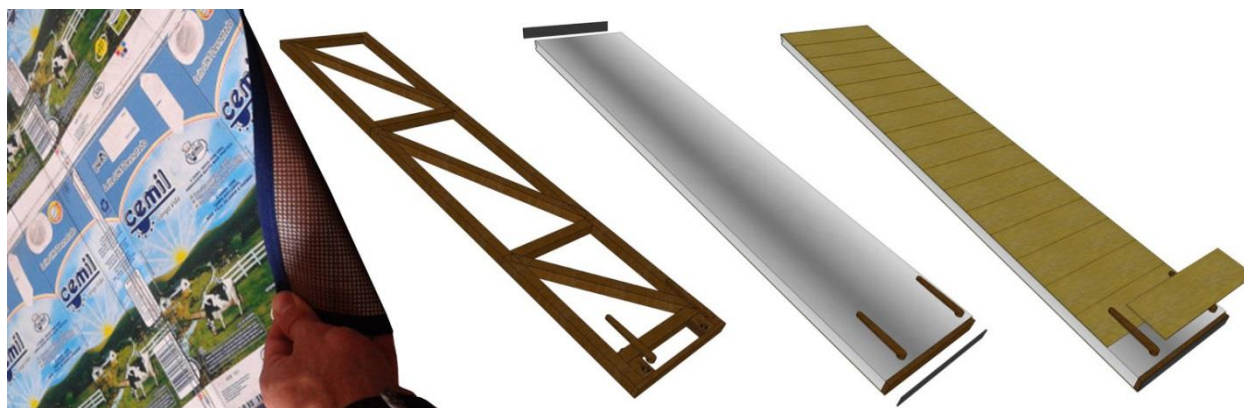


Figura 75 Segunda ideia para o sistema de vedação móvel a ser utilizado na casa. Painéis independentes fixados por pressão, revestidos de tetrapak com bordas vedadas por borrachas de geladeira. Fonte: elaborada pelo autor.

O revestimento com painéis de embalagens *tetrapak* vem sendo utilizado para melhorar o isolamento térmico e a estanqueidade de moradias de baixa renda no sul do Brasil⁵⁹. Com base em um vídeo na internet, tentamos produzir estes painéis de embalagem utilizando um ferro de passar como solda. O método produz um tecido perfeitamente estanque, pois o plástico contido na sua superfície de uma embalagem derrete e se funde com o da outra embalagem. Porém, esse processo é muito demorado, para cada trecho de solda precisa-se pressionar o ferro por cerca de vinte segundos. Por vezes o plástico derretido também gruda no ferro e ao puxá-lo a caixinha se rasga, expondo seu papel permeável. O alto gasto de energia e

⁵⁹ Ação realizada pelo projeto “Brasil sem frestas”. Mais informações disponíveis em: <http://caixadeleite-brasilsemfrestas.blogspot.com.br> acessado em: 10 ago 2014.

de tempo de trabalho torna este método inconsistente, ainda mais se pensado quão repetitivo e desqualificante é o trabalho. O método só faz sentido se elaborada uma máquina que faça a soldagem automaticamente com a aplicação de calor restrita ao necessário, como fazem as máquinas utilizadas na indústria para fechar as caixinhas de leite. Outra opção é simplesmente grampear as caixinhas umas nas outras, sobrepondo-as como telhas, de maneira que a água não consiga penetrar. Este método se mostrou muito mais fácil e barato.

Para fixar os painéis por pressão foram pensadas duas opções de dispositivos . A primeira opção seria por meio de travas similares às usadas para fixar bancos e rodas em bicicletas modernas. Trata-se de uma alavanca que ao rodar em torno de uma articulação pressiona uma superfície, travando o objeto na posição através de atrito (figura 77).



Figura 76 Protótipo, cortado a laser, da primeira ideia de fixadores por pressão para os painéis. Fonte: elaborada pelo autor.

Esta opção, apesar de prática, não funcionaria muito bem se o teto tivesse qualquer variação de altura, o que inviabiliza a proposta. Outra opção foi pensada utilizando um sistema parecido ao do macaco (figura 78). Uma alavanca acionaria uma engrenagem que empurraria outra alavanca, que por sua vez empurraria a parte inferior do painel contra o piso. A alavanca se manteria pressionando o piso por meio de uma trava automática, a qual poderia ser destravada por meio de uma pequena terceira alavanca. O sistema funcionou bem, exceto a trava que ficou muito rígida, não permitindo o movimento da alavanca, e precisaria ter sua forma modificada e prototipada outras vezes até chegar à flexibilidade ideal.

Por fim imaginamos que este sistema poderia ser mais simples e precisava também ser mais robusto. Começamos a estudar ideias de trava que pudessem ser acionadas com o pé, para que assim uma pessoa sozinha pudesse segurar o painel no lugar e acionar a trava. A viabilidade deste sistema só poderá ser verificada quando construído a estrutura do pavimento superior.

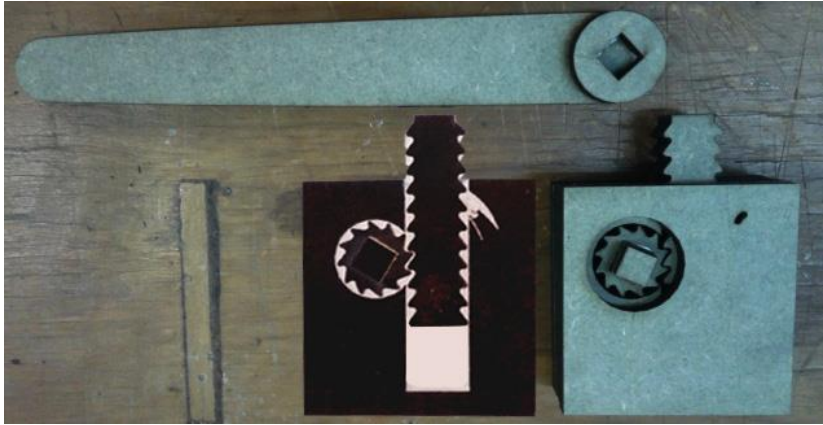


Figura 77 Protótipo da segunda ideia de fixadores por pressão para os painéis. A trava automática teve que ser quebrada para que o dispositivo fosse testado pois não tinha a flexibilidade planejada para permitir o movimento. Fonte: elaborada pelo autor.

Estrutura

As primeiras ideias para estruturar o segundo pavimento surgiram em torno das possibilidades que a fabricação digital oferecia por meio da escultura de moldes em isopor. Tendo a possibilidade de modelar os elementos estruturais em qualquer formato, não seria necessário utilizar a seção retangular normalmente empregada na construção. Desta maneira, a viga, por exemplo, poderia ter uma seção que variaria para responder exatamente aos esforços de flexão, torção e cisalhamento presentes em cada trecho, reduzindo assim seu peso. Um modelo de viga que exemplifica exatamente qual seria esta forma, no caso de uma viga biapoiada, foi construído pelo laboratório canadense CABE utilizando moldes de tecido (figura79). A utilização de moldes de tecido pareceu muito interessante por sua portabilidade, porém, necessitam de uma robusta estrutura de escoramento e travamento, recaindo nos mesmos problemas de desperdício de madeira presentes na construção em concreto armado tradicional⁶⁰. Por fim, mesmo com a forma otimizada (figura 80), uma viga de concreto pesaria cerca de quatro vezes mais que uma viga de madeira, portanto as soluções com concreto, apesar de muito interessantes, foram abandonadas para este caso específico e procuradas soluções com a madeira que tínhamos disponível.

⁶⁰ As grandes construtoras que trabalham com concreto armado já vem utilizando escoramento de metal regulável, o qual, devido a seu alto custo, é alugado juntamente aos andaimes em empresas especializadas. Esta poderia ser uma solução para o problema das formas de tecido. O tecido poderia substituir a utilização, ainda predominante, de formas de madeira descartáveis.

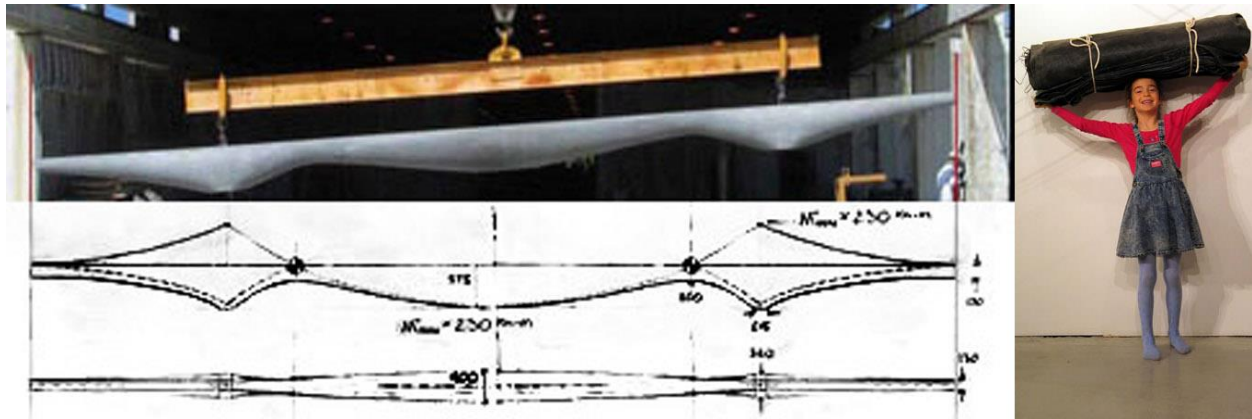


Figura 78 Viga de concreto feita com molde de tecido portátil. Porém são necessárias robustas estruturas para travamento do molde. Fonte: Site do CAST- Canadian Centre for Architectural Studies and Technology⁶¹.

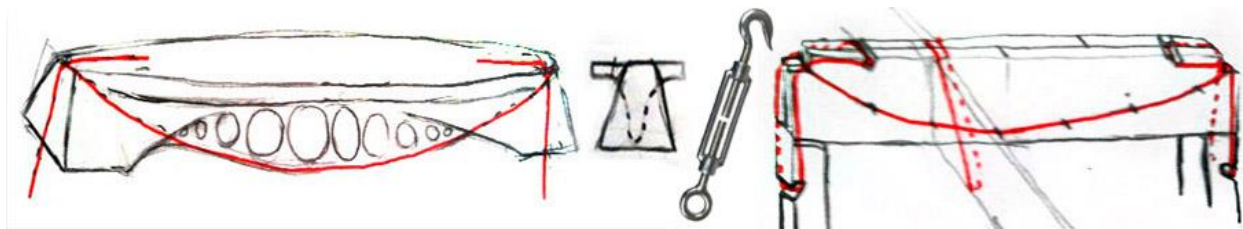


Figura 79 Esquemas para construção de vigas com otimização de material. À esquerda uma viga de concreto. À direita uma viga de tábuas de madeira coladas e atirantadas com cabos de aço. Fonte: elaborada pelo autor.

As próximas soluções estudadas foram a utilização de madeira atirantada com aço. Uma destas opções seria a construção de longas vigas, a partir de tábuas coladas alternadamente, e o atirantamento desta estrutura com cabos de aço. As vigas poderiam ser encaixadas nos pilares e engastadas por meio de cabos de aço. Estes cabos de aço seriam tensionados utilizando esticadores. Esta solução pareceu ser uma das mais simples de se executar, porém as tábuas que tínhamos disponíveis não eram suficientes para se produzir todas as vigas necessárias. Portanto, partimos para novas soluções que utilizassem os fragmentos menores de madeira, os quais tínhamos em abundância, as treliças.

Para compreender melhor o funcionamento das treliças foram analisadas as trajetórias dos esforços de compressão e tração dentro de uma viga. Este estudo possibilitou compreender a coligação entre os esforços de tração, compressão e cisalhamento. Os esforços

⁶¹ Disponível em: <http://www.umanitoba.ca/cast_building/research/fabric_formwork/beams.html> acesso em: 05 ago. 2014.

de compressão e tração não acontecem de forma isolada nas faces superior e inferior da viga, mas tem uma relação de reciprocidade, apoiando-se um no outro. Sendo assim, em qualquer parte da viga sempre existe tração em uma direção e compressão em outra direção perpendicular, o que dá origem aos esforços de cisalhamento (figura 81). Compreendendo esta estrutura é possível projetar treliças que atendam de maneira mais eficiente a estes esforços.

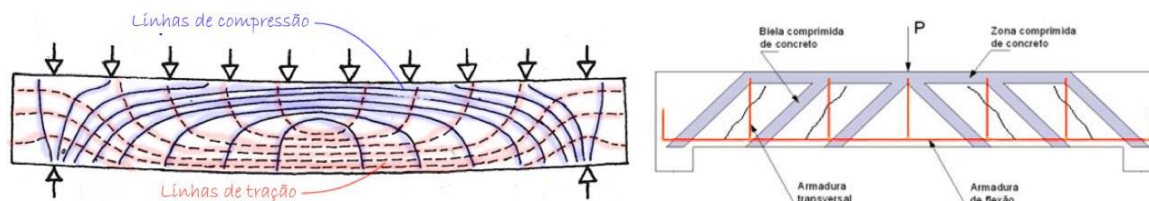


Figura 80 À esquerda esquema de troca entre as forças atuantes nas vigas. Fonte: Imagem à esquerda: Página Studyblue⁶². Imagem à direita: Página Alto Qi⁶³.

A figura 81 mostra como os esforços de compressão se concentram na face superior mas interagem por meio de diagonais com os esforços de tração concentrados na face inferior e vice versa. À direita o posicionamento da armadura na viga tradicional de concreto para suportar os esforços de tração perpendiculares. Com o diagrama de tração e compressão em mente, pensamos em duas soluções. A primeira seria uma viga modular composta por pórticos de madeira sobrepostos sucessivamente e atirantados com cabos de aço (figura 82). Esta estrutura foi ensaiada digitalmente utilizando um aplicativo chamado *Karamba*⁶⁴. O ensaio demonstrou que o momento fletor resultante no último arco, de maior vão, é o mesmo resultante no primeiro arco, de menor vão. Isto se deve ao fato de que cada arco tem sua rigidez garantida de maneira independente e apoia o vão do próximo arco, absorvendo seu momento fletor e o conduzindo até sua extremidade por meio de tração. A segunda solução

⁶² Disponível em: <<http://www.studyblue.com/notes/note/n/exam-2/deck/6771083>> Acesso em: 20 jul 2014.

⁶³ Disponível em: <http://faq.altoqi.com.br/content/268/653/pt-br/dimensionamento-de-vigas-ao-cisalhamento-_n-6118_2007.html> Acesso em: 20 jul 2014.

⁶⁴ *Karamba* é um *plugin* para o *Grasshopper* que traz ferramentas de análise estrutural. As ferramentas que traz se fazem muito úteis dentro do *Grasshopper*, porque podem fornecer informações para o *Galápagos*, uma ferramenta que utiliza o processamento do computador para variar parâmetros até obter o resultado mais próximo do desejado. Conectando os parâmetros que conformam o desenho de uma estrutura com os resultados de desempenho providos pelo *Karamba*, por meio do *Galápagos*, chega-se à melhor forma dentro de um limite de opções.

foi pensada para utilizar, como elemento principal, as madeiras de escoramento que haviam sido coletadas, mas se baseia no mesmo princípio. O problema que se constatou nas soluções utilizando tirantes de aço foi o custo destes tirantes (figura 82). Os tirantes precisam ser cabos de aço flexíveis para que possam ser tensionados adequadamente, e seu custo é maior que o dos vergalhões utilizados no concreto armado. Outro problema é o custo dos esticadores, o qual começa a se tornar expressivo quando se utilizam múltiplos tirantes. O custo não chega a ser alto, porém no contexto de escassez em questão não fazia sentido se existissem outras soluções que utilizassem somente madeira.

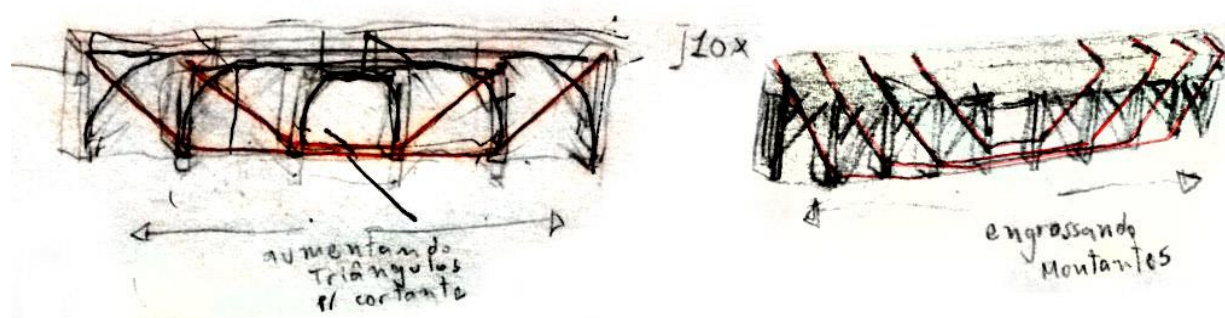


Figura 81 À esquerda esquema de viga modular de madeira atirantada. À direita esquema de viga treliçada atirantada com cabos de aço. Fonte: elaborada pelo autor.

A primeira solução pensada para utilizar somente madeira foi construir uma treliça espacial. O propósito de construir uma treliça espacial é que precisaríamos somente de pedaços curtos de madeira, os quais estão disponíveis em mais abundância nas caçambas. Nas treliças espaciais a união entre as peças é o maior desafio. Para isso pensamos em utilizar alguns dos encaixes desenhados pelo holandês Jochen Gross, e publicados na internet sob o título “50 digital wooden joints”⁶⁵. Estes encaixes são voltados ao uso da fabricação digital na sua confecção, portanto possuem formas que dificilmente seriam talhadas manualmente, mas trazem vantagens de desempenho e de montagem e desmontagem. Dentre estes encaixes nos interessamos pelos de plugar e desplugar, já que poderiam reduzir o trabalho de montagem (figura 83).

⁶⁵ Disponível em: <<http://www.flexiblestream.org/project/50-digital-wood-joints>> Acessado em: 10 Ago 2014.



Figura 82 Encaixes de plugar e desplugar prototipados a partir do manual “50 digital wood joints” de Jochen Gros. O segundo encaixe demonstrado também foi prototipado em sua versão fixa, a qual tem uma ponta quadrada no lugar da redonda. Fonte: elaboradas pelo autor.

A partir dos encaixes prototipados foi projetado um nó para a treliça espacial. (Figura 83). O qual precisaria ser prototipado algumas vezes até que se chegasse a uma solução viável. Enquanto isso, a treliça foi desenhada com o auxílio das ferramentas disponibilizadas por um *plugin* gratuito para *Grasshopper*, chamado *Lunchbox*. O cálculo estrutural da treliça espacial foi feito utilizando o *Karamba*. Utilizando uma ferramenta do *Karamba*, conseguimos endereçar, para cada componente da treliça, uma peça com a espessura necessária para resistir aos esforços de tração, compressão e flambagem (figura 84).

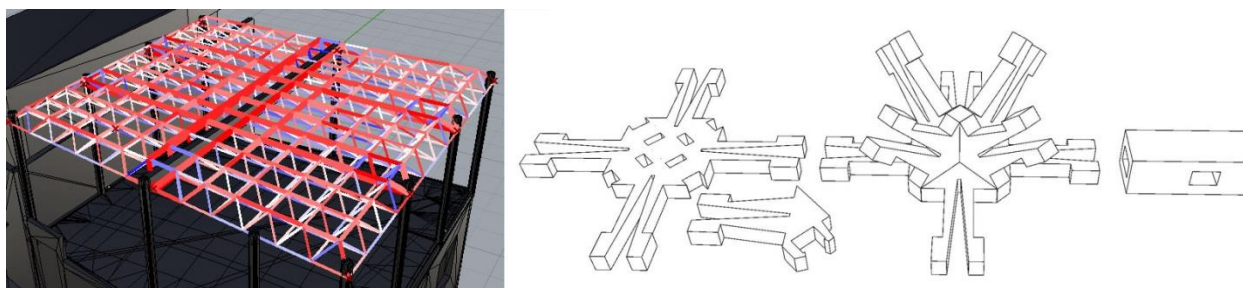


Figura 83 À esquerda estudo de esforços em treliça espacial endereçando peças mais espessas para os componentes mais sobrecarregados. À direita esquema de montagem dos nós da treliça. Fonte: elaborada pelo autor.

Apesar dos interessantes aspectos das treliças espaciais, a quantidade de peças era muito alta: mil cento e cinquenta barras, e trezentos e treze nós. Além da fresagem dos nós, cada barra teria que ter seus dois extremos fresados em dois sentidos diferentes. Chegamos a pensar na possibilidade de construir nós em plástico EPS⁶⁶ com parafusos embutidos, de maneira que as barras não precisassem ser trabalhadas antes da montagem, porém esta

⁶⁶ EPS é um polímero plástico muito comum utilizado na confecção capas de celulares, impressoras, mouses, brinquedos, entre outros. Este plástico pode ser derretido com facilidade para a confecção de novos produtos por extrusão ou injeção.

hipótese não foi verificada. Imaginamos que seria mais fácil solucionar o problema construindo uma treliça espacial mais simples. Um exemplo de treliça espacial que funciona por meio do engastamento direto entre as peças nos inspirou a prototipar uma solução parecida. (Figura 85).

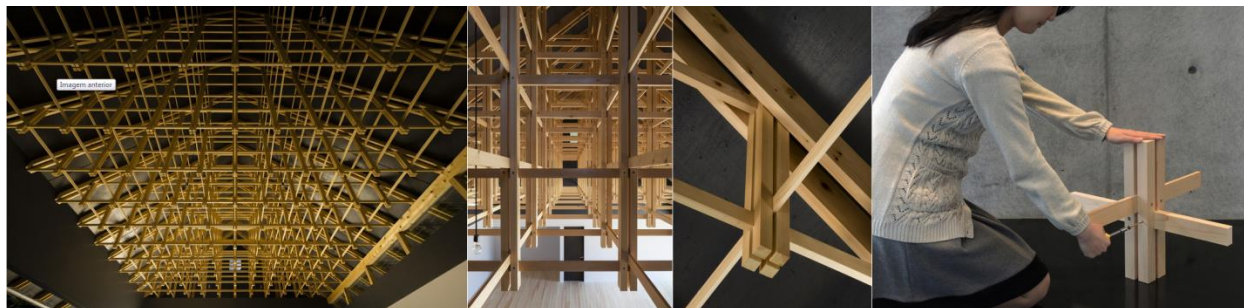


Figura 84 Sistema de treliças utilizado na construção da *Archery Hall and Boxing Club*, dentro da *Kogakuin University*, em Tóquio. Fonte: Revista virtual *Dezeen*⁶⁷

Projetamos uma treliça espacial que utilizaria os caibros de escoramento que havíamos coletado, de oito por oito centímetros de seção, como peças de interligação entre tábuas de *pallet* de noventa e dois centímetros. Estas tábuas seriam engastadas nos caibros utilizando dois parafusos trespassantes ou barras roscadas com porcas. (figura 86).

A única ferramenta necessária para fabricar esta treliça seria uma furadeira e uma serra para cortar os caibros, já que as tábuas tem tamanho padrão. Começamos a prototipar a solução utilizando uma furadeira de mão, porém não se tinha controle suficiente para executar furos perpendiculares às superfícies dos caibros, se mostrando necessário utilizar uma furadeira de bancada. (Figura 87). Outro problema era o tempo necessário para marcar a localização exata dos furos no centro dos caibros, o precisava ser feito milimetricamente. Para auxiliar este trabalho, utilizando um gabarito comum, se mostrou necessário aparelhar os caibros para que ficassem com exatos oito por oito centímetros de seção, ou produzir um gabarito ajustável. Por fim deixamos este processo de prototipagem em espera para quando a fresadora estivesse pronta. Neste meio tempo acabou por surgir outro problema, a quantidade de barra roscada que se gastaria. Seriam setecentas unidades, de vinte centímetros cada uma, totalizando cento e quarenta metros. Cada barra roscada, em uma loja de varejo, custa sete reais, somando um total de mil reais somente de barra roscada, sem contar as duas mil porcas.

⁶⁷ Disponível em: <<http://www.dezeen.com/2013/09/26/archery-hall-and-boxing-club-by-ft-architects/>> Acesso em: 10 março 2013.

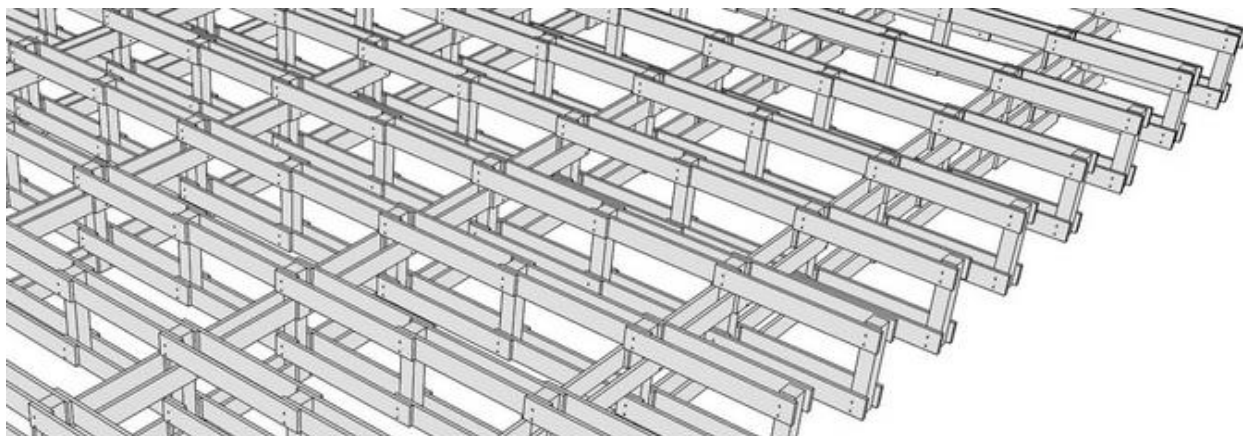


Figura 85 Treliça espacial com escoras de 8x8cm engastadas em tábuas de *pallets*. Fonte: elaborada pelo autor.

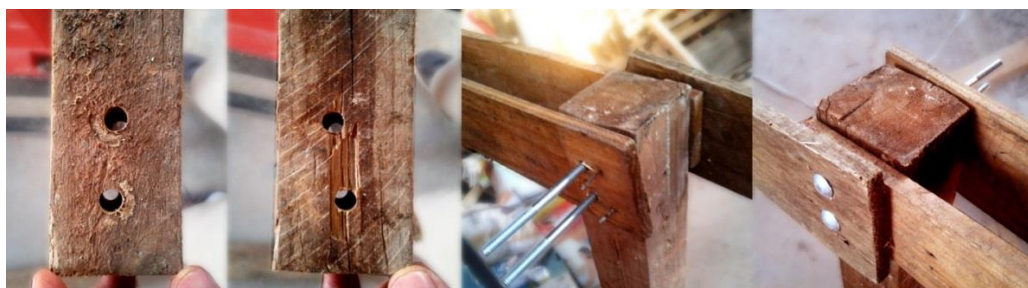


Figura 86 Tentativa de execução de um protótipo da treliça espacial. O alinhamento dos furos se mostrou um grande problema na execução com furadeira de mão. Fonte: elaborada pelo autor.

A partir das dificuldades que se avistavam começamos a pensar em algo mais simples, como treliças planas. A primeira solução pensada a partir de treliças planas foi utilizar tábuas de *pallets*, as quais todas possuem noventa e dois centímetros, unidas por pinos de madeira maciça ou canos de metal (figura 88). Primeiramente pensamos em fazer o travamento dos nós utilizando presilhas, porém, as presilhas, em pacotes de cinquenta, custam R\$1,50, precisaríamos de quatrocentas e trinta, somando um total de R\$645,00 reais. Sendo assim, imaginamos ser melhor travar os nós com cunhas triangulares de madeira feitas por nós mesmos. A solução foi prototipada em papelão para demonstrando boa rigidez contra flexão, porém, como já imaginado, facilmente torcia devido a seu perfil estreito e a ausência de travamentos laterais. Pretendia-se solucionar este problema por meio de algumas vigas transversais e pela fixação dos barrotes do piso e dos painéis do forro. Esta solução se mostrou uma das mais viáveis, por ser de fácil execução e utilizar somente materiais baratos. Porém, ao começar a solucionar a fixação dos barrotes na viga acabamos pensando também em outras opções.

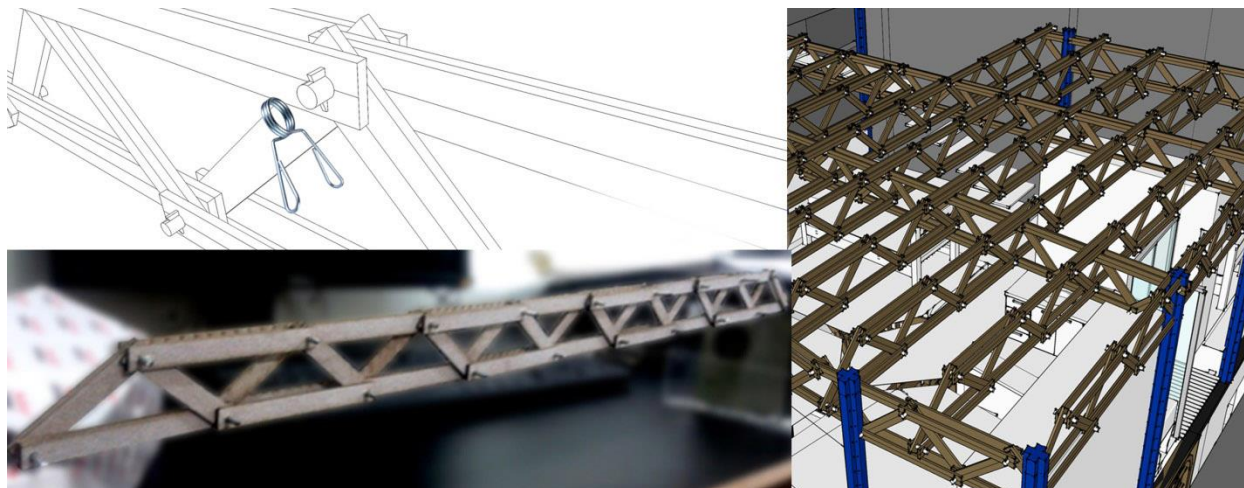


Figura 87 Viga treliçada de tábuas de *pallet* articuladas por nós rotulados. Os nós seriam fixados no local utilizando cunhas ou presilhas. Fonte: elaborada pelo autor.

A última solução a que chegamos foi a substituição dos nós cilíndricos por nós retangulares, os quais serviriam também para fixar os barrotes (figura 89). Esta ideia nos pareceu a mais interessante, pois utiliza somente um tipo de nó e um tipo de barra, a partir dos quais é possível montar uma treliça de qualquer tamanho. Porém, vãos maiores necessitariam mais reforço.



Figura 88 Protótipo de papel paraná de um sistema de treliças de tábuas de *pallet* intertravadas por peças de madeira fresadas. Fonte: elaborada pelo autor.

Mobiliário

Foi pensada em uma solução para construção de mobiliário flexível que otimizasse a utilização do espaço nos quartos, sendo estes os únicos espaços onde se poderá estudar e realizar outras atividades que requeiram isolamento. A ideia é produzir, a baixo custo, camas dobráveis que se transformam em prateleiras, as quais já existem no mercado a um custo inacessível aos moradores. O sistema de movimentação da cama sem mudar posição das prateleiras se baseia em um sistema pantográfico, o qual foi prototipado primeiramente

utilizando o *software* de modelagem *SketchUp* e um *plugin* chamado *Skechyphysics* (figura 90). O *Sketchphysics* é um simulador das leis da física dentro do *software* de modelagem, que permite que se teste sistemas de movimentação. O passo seguinte foi prototipar fisicamente o sistema, o que foi feito de maneira parcial chegando a um sistema funcional. Para o sistema de amortecimento do peso da cama, o qual precisa ser regulável de acordo com o peso nas prateleiras, pensamos em utilizar cordas torcidas, porém este sistema precisa ser prototipado para que se mostre funcional, assim como o tamanho e peso da base.

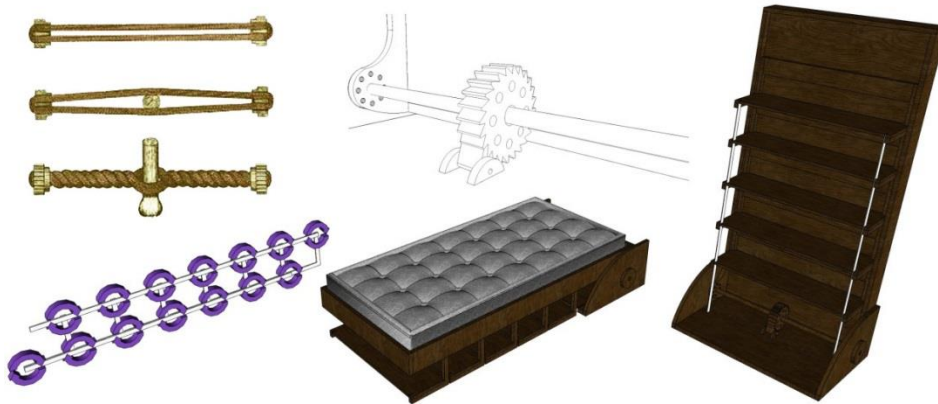


Figura 89 Uma das ideias de mobiliário flexível para otimizar a utilização do espaço. Fonte: elaborada pelo autor.

Construindo uma casa de emergência em madeira

Com o projeto da casa da Dona Tereza feito e os materiais arrecadados, os moradores marcaram um mutirão para construir a casa em um sábado. Sendo a construção em madeira desconhecida pelos moradores, neste caso era melhor sacrificar a flexibilidade do projeto paramétrico para melhor avançar na definição exata do tamanho de cada madeira que precisaria ser cortada. Foi então elaborado um manual com todos os procedimentos passo a passo para a construção, como um manual de manufatura (figura 91). Na ausência de outras técnicas, esta seria a única maneira de manter um grupo grande de pessoas trabalhando para montar a casa em um fim de semana. O manual continha todas as medidas, um passo a passo do que precisava ser feito e a divisão de tarefas em equipes.

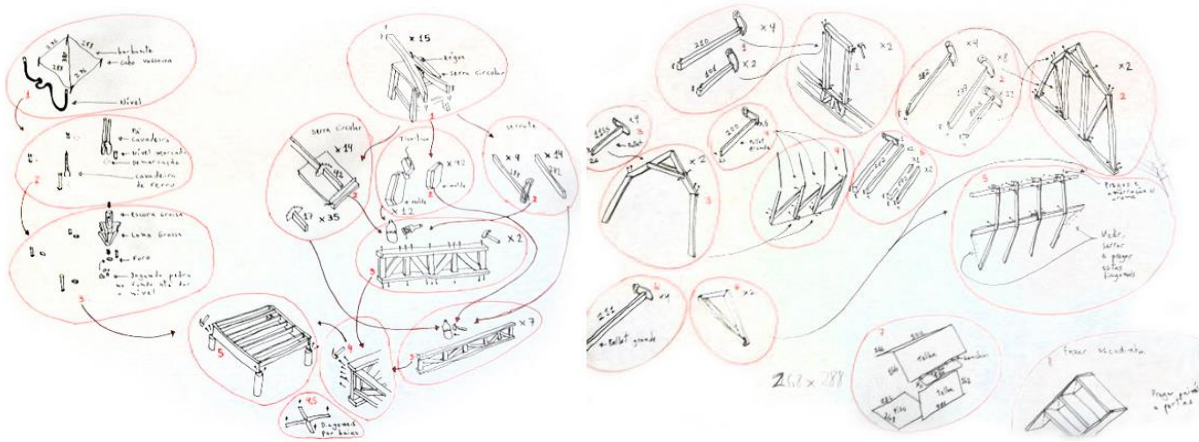


Figura 90 Instruções de montagem para a construção da casa. Cada área circulada é uma tarefa diferente numerada com sua ordem de execução. Fonte: elaborada pelo autor.

Durante todo o processo de construção (figuras 92 à 94) houve diálogo entre os participantes, porém as falas dos moradores se desenvolveram de maneira muito consultiva, como suspeitava-se no momento de elaboração do projeto. Já os estudantes de arquitetura e alguns moradores adolescentes tinham uma postura mais proativa.



Figura 91 Construção das treliças da base e alinhamento dos postes de fundação. Fonte: elaborada pelo autor.



Figura 92 Fixando a estrutura treçada nos postes de fundação e o piso nas vigas. A rigidez da estrutura após a fixação do piso aumentou surpreendentemente. Fonte: elaborada pelo autor.



Figura 93 Arcos montados uns sobre os outros, para assegurar sua semelhança, e estrutura completa faltando somente as diagonais e o revestimento. Fonte: elaborada pelo autor.



Figura 94 Casa da Dona Tereza depois de parcialmente revestida de madeira e coberta com lona. Fonte: elaborada pelo autor.

Meses depois da construção da casa voltamos ao local para ver como havia ficado as etapas de revestimento. Na casa havia um colchão e a moradora encontrava-se já abrigada no local (figura 95).

Considerações à atuação como arquiteto e construtor no contexto da favela

Esta subseção apresenta algumas considerações sobre a experiência descrita nas subseções anteriores, de atuação como arquiteto na realização de projetos, atendimentos e construções na favela durante a pesquisa-ação. O conhecimento existente no campo da arquitetura se demonstrou útil no contexto desta favela para criar soluções a partir de materiais reutilizados, para otimização do uso de materiais novos e para economizar trabalho, desta maneira diminuindo o custo da construção. Com a diminuição do custo da construção, é possível que o arquiteto e outros construtores envolvidos sejam bem remunerados, mesmo com o custo final da obra abaixo do preço de mercado. Isto pode tornar o trabalho do arquiteto acessível à uma classe de menor renda, contribuindo para a qualidade da construção e para uma melhor utilização do espaço. Porém, foram verificadas muitas barreiras técnicas para esta atuação do arquiteto neste contexto, mostrando a necessidade de utilizar novas soluções tecnológicas mais condizentes.

Como vimos, muitas vezes um atendimento rápido era o suficiente para sanar dúvidas de moradores que já tinham autonomia suficiente para solucionar a maior parte de seus problemas. Portanto, quanto maior a flexibilidade do arquiteto para oferecer desde atendimentos rápidos, como a solução de dúvidas, à serviços mais completos, envolvendo a construção, maior poderá ser a abrangência de sua atuação. Para que isto seja viável, novas técnicas de projeto e construção precisam ser desenvolvidas. Os métodos tradicionais de elaboração de plantas se mostraram muito rígidos, tendo pouca utilidade em razão de seu alto custo de produção. Outros métodos, como o projeto feito *in loco* com utilização de performance e desenho sobre a própria construção, apontam um caminho mais interessante neste contexto. Porém, a tecnologia para este tipo de produção de projeto também é pouco desenvolvida. Com a tecnologia digital voltada ao processo de projeto tradicional, faltam elementos que auxiliem o arquiteto a formalizar soluções durante as visitas, sem necessariamente utilizar o computador como prancheta digital. Uma opção que foi desenvolvida é a utilização de soluções paramétricas parciais, como modelos de vigas adaptáveis ao tamanho de um vão específico. Estes modelos podem servir para rapidamente solucionar alguns problemas utilizando-se de um método automatizado porém flexível. A partir do vão e da altura da viga seriam geradas as

medidas das peças para a fabricação, a qual seria ainda mais eficiente utilizando-se máquinas de fabricação digital. A inespecificidade do *Grasshopper* demonstrou a possibilidade de produzir estas soluções flexíveis voltadas aos problemas específicos do contexto em questão, já que a maioria das ferramentas digitais de auxílio à construção são voltadas à reprodução das soluções construtivas utilizadas na indústria. Quanto a estas soluções construtivas, a produção de soluções parciais combináveis se mostrou mais útil que a produção de soluções completas, como para a casa de emergência. Primeiro porque a favela em questão tem poucos espaços livres, como o da casa de emergência, para que seja implantada uma solução completa. Segundo porque mesmo nestes casos, dificilmente se terão materiais disponíveis e um contexto uniforme para a realização de um projeto com a técnica toda predefinida, mesmo que de formato flexível. Assim sendo, se mostrou mais útil ao arquiteto, e ao usuário, dispor de um conjunto de opções parciais, flexíveis e conciliáveis, que possam ser combinadas para a solução de seus problemas. Para que se desenvolvam novas soluções, porém, se mostra necessário que o arquiteto não se limite ao atendimento mas por vezes se envolva na construção e no seu contexto social. Não é possível tomar vantagem das características do contexto sem interagir diretamente com ele.

Por fim, para que este processo de projeto e construção possa ser feito a baixo custo, viabilizando assim a atuação do arquiteto no contexto, é necessário que se tenha equipamento que aumente a eficiência e o conforto no trabalho. Na construção em madeira, a falta de equipamento se mostrou um grande fator limitante da qualidade e eficiência da construção. A utilização de uma fresadora resolveria 99% das necessidades deste método construtivo, não só no momento de fabricar as peças, mas na sua capacidade de produzir encaixes que facilitam a montagem, porém, seu funcionamento é lento, mantendo a necessidade de outras ferramentas de marcenaria para a eficiência do trabalho. Quanto à reforma de estruturas de alvenaria, se mostraram necessários equipamentos pesados, como martelletes, betoneiras, jateadores de massa, para que a construção realmente se torne eficiente e barata.

5.2.3 Mutirões: canteiros convivenciais

No outro extremo da produção industrial, uma prática corrente no Brasil é o chamado mutirão. Origina-se da palavra tupi *motyrõ*, que significa "trabalho em comum". Mutirões são mobilizações coletivas para lograr um fim, baseando-se na ajuda mútua prestada gratuitamente. O mutirão costuma acontecer espontaneamente entre amigos, ou em comunidades onde todos se conhecem, o que mostra sua dependência na relação afetiva entre

os participantes. Neste caso, diferentemente do trabalho institucionalizado, o trabalho é feito a gosto próprio, não existe subordinação e polarização.

Vendo as qualidades convivenciais da produção no mutirão, formulou-se a hipótese de que trocando o contexto da indústria pelo do mutirão, a tecnologia digital poderia ser desenvolvida para promover a convivialidade na construção. Retratando mutirões de grande escala, Arantes (2002) declara que é comum a instalação de uma usina de pré-moldados para fabricação dos elementos estruturais, barateando o custo da obra. Dentro deste novo contexto, a utilização de uma fresadora *CNC* pode colaborar, por exemplo, na fabricação de fôrmas customizadas para as usinas produzirem peças de acordo com as necessidades que surgirem, flexibilizando sua produção. No entanto, o potencial é bem maior. Uma estratégia específica do desenvolvimento de produtos por meio de máquinas *CNC* é a produção de partes montáveis. As partes são manipuladas para desenvolver seus aspectos de montagem e normalmente encaixar de uma só maneira, minimizando erros. Isto não implica que não possam ser produzidas partes que se montam de diferentes maneiras, como no brinquedo LEGO. A manipulação criativa das peças pode ser usada para transformar trabalho manual em desenvolvimento artesanal da construção. O evento construtivo pode ser recuperado como produtor de informação por meio de um mutirão criativo.

A partir dessas ideias surgiu o grupo Construção Coletiva, uma iniciativa do grupo História em Construção e do laboratório Lagear com o objetivo de potencializar o capital social dos moradores do Morro das Pedras por meio do trabalho voluntário e da troca de conhecimento entre moradores do Morro e de outras partes da cidade. Para isto, o grupo vem organizando mutirões para a construção e reforma de casas e becos do Morro das Pedras (figura 96) com utilização de uma página no Facebook.



Figura 95 À esquerda voluntários do 2º Mutirão Solidário - Vila Antenas. No meio e à direita voluntários trabalhando no 1º Mutirão Solidário - Moradia de Emergência, que durou três dias. Fonte: Horacius de Jesus.

Foram realizados doze mutirões, os quais atraíram principalmente os moradores do Morro das Pedras, com experiência prática em construção, e os estudantes de arquitetura da UFMG, com experiência teórica em projeto, resultando em uma rica troca de experiências (figura 97). Existe no curso de arquitetura atual uma lacuna significativa da parte prática da construção, assim como existe também uma deficiência projetual por parte dos que constroem no Aglomerado. Este intercâmbio de informações vem sendo extremamente produtivo para os alunos participantes dos experimentos. Foi criado nestes eventos um espaço coletivo de produção que está servindo de laboratório para que as técnicas empíricas dos moradores do Morro das Pedras sejam mescladas ao conhecimento científico universitário, resultando tanto em uma ciência mais aplicada para os universitários que carecem de prática, quanto uma prática mais metodológica para os moradores que carecem de técnicas de planejamento.



Figura 96 À esquerda trabalho executado usando espátula e talhadeira pelo mesmo período de tempo. Ao centro e à direita um morador da vila ensinando como amarrar os estribos nos vergalhões da armadura. O conhecimento dos melhores métodos e ferramentas para cada ocasião é adquirido na prática e trazido por aqueles com prática. Fonte: Imagem à esquerda: elaborada pelo autor. Imagens ao centro e direita: Horacius de Jesus.

Vimos que, apesar dos problemas, os auto-construtores da região do Morro das Pedras tem uma prática de planejamento e construção simultâneos que os permite adaptar suas casas às constantes mudanças em suas necessidades. O resultado destas práticas é um contexto construído consonante com as necessidades sociais locais, tendo muito a ensinar aos profissionais do campo da construção civil e planejamento urbano sobre projeto, construção e uso colaborativo do espaço. Estas práticas também são valorosos experimentos construtivos, onde os moradores desenvolvem empiricamente técnicas condizentes com as habilidades, equipamentos e materiais específicos do local. O conhecimento produzido pelos erros e acertos de tantos experimentos poderia levar a um método construtivo bem desenvolvido e

adequado à este tipo de contexto, podendo contribuir para a diversidade tecnológica da construção civil brasileira. Porém este conhecimento se perde por falta de uma estrutura que permita seu registro e acesso, o que possibilitaria que fosse dada sequência na construção de um método. Desta maneira, o que poderia ser uma universidade construtiva vê a qualidade de suas inovações prejudicada pela repetição dos mesmos erros. É esta estrutura organizada que empodera o acesso ao conhecimento existente e registra as novas experiências que se passou a buscar com o projeto da Oficina da Vizinhança, o qual será explicado na última seção.

5.2.4 Adaptando a fabricação digital

A primeira etapa da pesquisa relacionada à fresadora foi realizada com sucesso, a máquina produzida custa cerca de 3,75% o preço de uma máquina industrial. A segunda etapa desta pesquisa seria verificar a utilidade desta máquina no auxílio da construção de baixo custo com utilização do experimento de construção no Morro das Pedras. Esta subseção discutirá questões levantadas durante o planejamento feito para se usar a fresadora de baixo custo desenvolvida no laboratório LAGEAR para responder aos problemas que surgiam durante a reforma da casa na favela. Constatou-se neste processo que esta tecnologia necessitava adaptações para que demonstrasse alguma eficiência neste contexto tecnológico específico. Isto inclui que a produção não fosse exclusivamente determinada pelo design digital, mas abrisse oportunidade de diálogo com o construtor tradicional.

Nesta reforma, assim como em muitas outras acontecendo dentro da favela, as soluções utilizadas deveriam responder à escassez de dinheiro e de tempo. Respondendo à escassez de dinheiro, estávamos utilizando o material descartado, o que implicava que as soluções construtivas fossem adaptadas conforme as características dos materiais encontrados. Estas soluções também deveriam ter suas junções móveis, para desmontagem e reposição de peças que viessem a ter problemas, ou mesmo para a sua reconfiguração espacial conforme o crescimento da família. Foi possível poupar tempo no projeto destas estruturas complexas utilizando o *Grasshopper* e partindo de definições pré-existentes disponíveis na internet. Uma vez desenvolvidas, estas definições agora podem ser utilizadas em novos contextos devido à sua flexibilidade paramétrica, economizando ainda mais tempo. Porém, um dos perigos desta alta eficiência dos projetos automatizados é que se perde o controle da quantidade de trabalho construtivo que se pode criar com apenas alguns cliques. Portanto o tempo de execução se tornou também uma preocupação.

A intenção inicial era utilizar a alta variedade e exatidão dos movimentos que a fresadora pode executar para esculpir as junções complexas de maneira mais eficiente que a artesanal na madeira descartada que havia sido coletada. Porém, como foi visto anteriormente, a máquina que estávamos fazendo somente era eficiente para trabalhar com chapas de madeira homogêneas, já que para trabalhar com materiais de diversos tamanhos e formatos seriam necessários diversos ajustes que tomariam muito tempo. Isto fazia necessário também a modelagem digital de todo o projeto antes que se começasse a fazê-lo, já que uma vez que cortada uma peça, essa não podia ser facilmente remodelada na máquina. Em outras palavras, mesmo com baixos custos de produção, a máquina possuía muitos traços de suas origens industriais que dificultavam sua aplicação no contexto material e social da favela (figura 98).

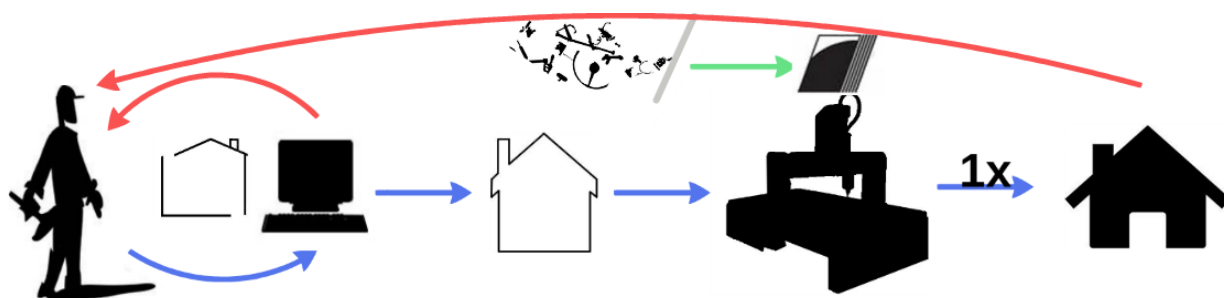


Figura 97 Fluxo de informação imposto pela tecnologia de fabricação digital disponível. Da esquerda para a direita etapas de: projeto paramétrico, exportação e congelamento dos parâmetros, execução em material homogêneo e verificação dos resultados sem a possibilidade de intervir novamente no material. Fonte: elaborada pelo autor.

Nos termos da lei da variedade de requisito de Ashby, o contexto da auto-construção da favela requeria mais variedade do que a utilização da máquina podia prover. Porém, aumentar a capacidade autônoma da máquina em responder a esta situação parecia extremamente difícil. Por outro lado, na auto-construção foi visto que existe um método de *pensar enquanto se faz e fazer enquanto se vive* que é crucial para responder a um contexto de alta complexidade e utilizar material reciclado. Portanto aprimorar a interação humano-máquina se revelou como uma maneira mais fácil e mais benéfica de aumentar a variedade final de respostas que o uso da máquina poderia prover. Sendo assim, foram pensados três aprimoramentos no projeto da máquina.

O primeiro aprimoramento seria ligar as pontas do ciclo interrompido pela separação dos processos de projeto e corte em diferentes softwares. No funcionamento tradicional da máquina os projetos precisam ser exportados no formato .dwg, .dwx, entre outros formatos de

arquivo vetorial, para que sejam abertos em outros programas, este o qual servirá para gerar as coordenadas dos pontos por onde a ferramenta da máquina deve passar para esculpir a forma desejada. Feito isso, o arquivo de coordenadas, também chamado de código G, seria aberto em um terceiro programa, este o qual leria as coordenadas e as traduziria em pulsos para controlar os passos do motor executando o trabalho. Este longo processo é um empecilho inviabilizador do trabalho porque o material a ser reutilizado tem dimensões variadas, o que demanda uma variação dos parâmetros de corte dos encaixes no momento da execução de cada peça.

Para resolver esta questão foi montada uma programação no mesmo software onde se fazem os projetos paramétricos, o *grasshopper*, que faz todas as etapas que eram feitas em outros softwares e envia os desenhos diretamente para a máquina executar. A desvantagem do processo criado é sua precariedade de protótipo, já que ainda não funciona com arquivos tridimensionais, ainda não possui um sistema de calibragem do modelo de acordo com a espessura da fresa, entre outros detalhes. O problema é que, se toda esta programação completa for feita utilizando as ferramentas do *grasshopper*, o software o processamento ficará muito pesado. Será necessário, portanto, programar um *plugin*, espécie de anexo que se acopla ao *software* para trazer novas ferramentas, e para fazê-lo é necessário o auxílio de alguém com conhecimento mais aprofundado em programação. Chega-se ao ponto onde a especialização se faz necessária para gerar uma ferramenta realmente funcional. Porém não se descarta a importância do *grasshopper* em conseguir levantar esta demanda clara e estruturada ao programador, funcionando de base para o diálogo entre diferentes profissões.

O segundo aprimoramento, ainda a ser feito, é criar um sistema para ler o tamanho das peças a serem esculpidas e inserí-las nos parâmetros dos encaixes automaticamente. Desta maneira, o modelo digital se ajustaria automaticamente de acordo com as dimensões do material. Poupáramos tempo se isso pudesse ser feito automaticamente no momento em que posicionássemos a peça na máquina. Desta maneira não teríamos que medir cada peça e inserir as medidas delas via teclado para ajustar os parâmetros da execução de cada encaixe. Isto será desenvolvido utilizando sensores ultrassônicos de distância afixados nas régulas que fixam as peças na mesa para a fresagem. Importante ressaltar que esta adaptação só é possível devido à conexão direta estabelecida pelo primeiro aprimoramento.

O último aprimoramento será tanto acoplar um projetor para projetar o modelo digital sobre o material a ser cortado, como também acoplar uma câmera para capturar a imagem do material sendo cortado e dispô-la por trás do modelo digital no computador. Estes passos encurtariam o tempo de *feedback* entre o material e o modelo tanto na hora de posicionar o material na máquina de acordo com o modelo, quanto na hora de posicionar o modelo no software de acordo com a forma do material (figura 99). Sabe-se que implantar estes dois processos é um pouco redundante, porém esta redundância ajudará as pessoas que não tem costume de usar o computador a usar a máquina, e também oferecem a opção de se fazer o que for mais fácil no momento, ajustar a posição do modelo ao material ou do material ao modelo.

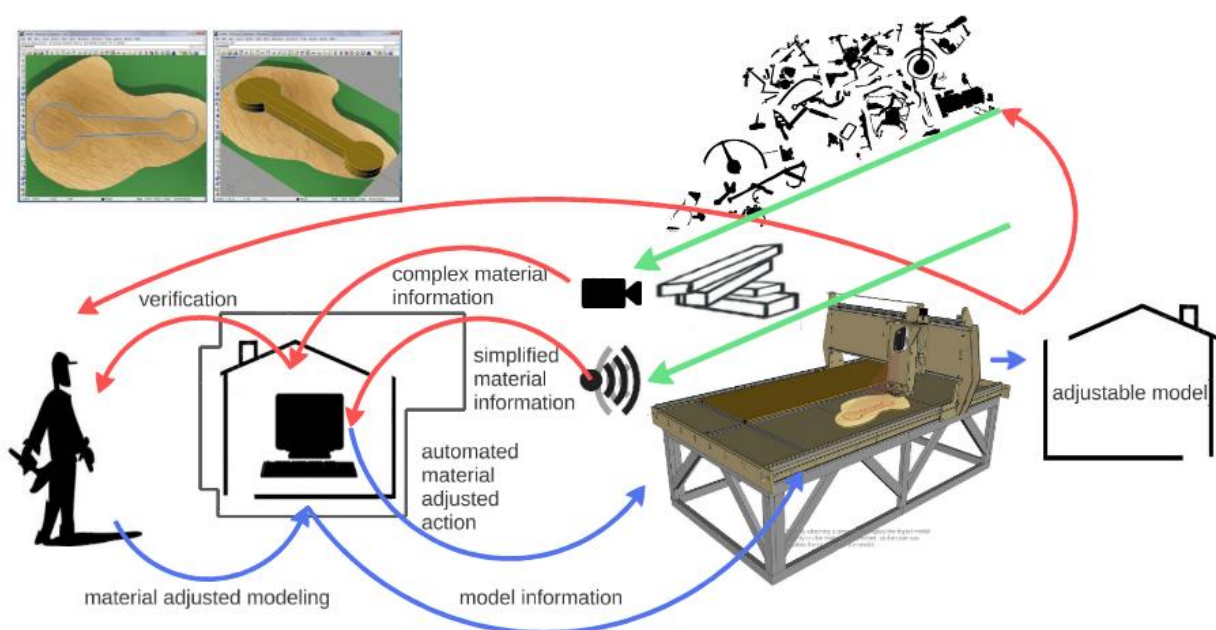


Figura 98 Sistema de fabricação digital adaptado para o uso de materiais de formato heterogêneo. Fonte: elaborada pelo autor.

Estes aprimoramentos da máquina visam que se possa ter um diálogo de orações curtas entre o modelo e o material. Um exemplo deste diálogo seria o uso de procedimentos automáticos curtos, como cortar um encaixe, que estava-se precisando na reforma. Mas posteriormente isso poderia ser expandido para uma biblioteca de encaixes e tipos de corte e furos de curta execução que pudessem ser manipulados pelos auto-construtores por meio de botões na própria máquina. Desta maneira eles iam acessar um nível básico da variedade de formas que a máquina pode executar e combiná-las no material manualmente, como sempre

fizeram, gerando um misto de trabalho artesanal e automático. Outro exemplo simples é o desgaste sequencial de uma peça até que ela entre em um encaixe existente. Este é um procedimento comum na marcenaria quando se quer um encaixe justíssimo que pode ajudar em algumas ocasiões.

É importante ressaltar que, se por um lado, a utilização do *Arduíno*, do *Grasshopper*, e de uma máquina caseira tem suas limitações de eficiência, por outro lado a abertura e não especialização desta combinação de software e *hardware* é o que torna possível fazer os aprimoramentos citados.

5.2.5 Criando um espaço de compartilhamento de ferramentas

Dado o primeiro passo, no sentido de produzir uma fresadora cnc de baixo custo e planejar adaptações para que seja útil no contexto da favela, o segundo passo foi dado no sentido de criar um contexto que abrigasse a inserção desta ferramenta na favela. Quanto a este contexto pode-se considerar tanto um espaço que abrigue e ofereça acesso à ferramenta, quanto outras ferramentas que são essenciais para complementar sua utilidade.

A ideia de produzir um espaço de uso coletivo para os moradores era algo que já circulava entre alguns moradores do aglomerado, porém não um espaço de compartilhamento de ferramentas, mas um espaço para fazer festas. A necessidade por ferramentas só se manifestou durante os mutirões, diante da diferença de produtividade que traziam ferramentas como a serra circular de bancada, as parafusadeiras, entre outras ferramentas emprestadas da universidade. Constatou-se a necessidade de mais equipamentos que aumentassem a efetividade dos mutirões, assim deixando o trabalho menos árduo e estimulando os participantes.

O empreendimento de uma livraria de ferramentas, a princípio, foi planejado para acontecer por meio de uma arrecadação de ferramentas e seu armazenamento na casa de um dos moradores, o qual gerenciaria seu empréstimo. A vantagem para os moradores em deixar suas ferramentas todas reunidas em um local, ao invés de, como de costume, emprestar de suas próprias casas, seria a previsibilidade dos horários de funcionamento da livraria. Planejavamos também arrecadar dinheiro para comprar ferramentas potentes como marteletes, jateadores de massa, entre outras ferramentas não acessíveis para a maioria dos moradores, assim como a fresadora *CNC* construída durante a pesquisa, desta maneira tornando a biblioteca mais interessante.

Posteriormente, a construtora que estava construindo ao lado da vila se interessou por patrocinar esta ideia, requisitando que apresentássemos um projeto. Formalizou-se, portanto, o projeto de criar uma estrutura de organização comunitária sustentável que favorecesse a melhoria de qualidade e eficiência das iniciativas autônomas do Aglomerado Morro das Pedras, como a autoconstrução, o comércio, os serviços e sua diversidade de pequenos produtores. Apresentamos: um levantamento de necessidades, as quais foram listadas no início desta seção ao descrever o contexto da favela; um levantamento das ferramentas que os moradores já tinham disponíveis e quais precisavam mais, o que foi levantado durante os mutirões; um levantamento das ferramentas que já tínhamos disponíveis por meio da concessão feita pelo CRAS; As atividades que desenvolveríamos na oficina, seus custos e necessidades; e os custos para reforma do espaço. Após apresentado o projeto, sob o nome de oficina da vizinhança, os próximos passos requeridos pela construtora foram que conseguíssemos um espaço formal para implantar a oficina e um CNPJ para que recebêssemos a doação. O espaço foi concedido pelo CRAS (figura 100), assim como ferramentas de marcenaria remanescentes de um projeto antigo, após apresentado o mesmo projeto elaborado para a construtora. O CNPJ foi adquirido por meio do burocrático e trabalhoso registro em cartório do grupo já existente na vila, sob o título de Associação Cultural e Artística História em Construção.



Figura 99 Edifício cedido para a construção da Oficina da Vizinhança. Fonte: elaborada pelo autor.

O projeto foi planejado para que os custos da oficina fossem pagos pelos usuários, de maneira a garantir sua sustentabilidade financeira, com a cobrança de taxas muito abaixo do mercado (devido principalmente à ausência de lucro e à gratuidade do espaço). O espaço concedido tem quatro andares: O subsolo, acessível por uma rampa, será utilizado para a armazenagem de materiais de reuso. Lá funcionará tanto um depósito coletivo, onde os moradores podem armazenar e compartilhar materiais, quando um depósito de materiais

arrecadados pela própria oficina nas construtoras, o qual será vendido para os usuários a baixo custo para financiar o transporte e parte do funcionamento da oficina. No pavimento térreo funcionará a oficina coletiva e a biblioteca de ferramentas, além da venda de material de consumo, o qual ficará atrás do balcão de alvenaria que existe no espaço. No segundo pavimento funcionará uma sala administrativa, uma sala de estudos e uma copa coletiva. E no último pavimento funcionará um espaço de criação e interação com mesas de desenho, material artístico, livros etc.

A principal atividade da Oficina da Vizinhança será o funcionamento aberto durante um horário periódico para que seus associados usufruam de seus equipamentos e de auxílio técnico em sua operação. A associação funcionará através do preenchimento do formulário de associação e assinatura do termo de responsabilidade e de reconhecimento das regras de funcionamento da oficina. O modelo das regras adotadas para a implantação deste sistema se baseia em modelos utilizados em oficinas comunitárias de outros países, portanto servirá somente de base para que os moradores interessados em participar da oficina elaborem suas próprias regras de utilização, já que sua gestão é comunitária.

Imaginamos que o interesse em utilizar a Oficina partirá de todas as regiões da cidade, já que o equipamento de alta tecnologia disponível a baixo custo será uma característica singular na cidade. Pretendemos realizar workshops e emitir certificados para que visitantes e moradores de diversas especialidades, como marcenaria, serralharia, fabricação digital, conserto de bicicletas, fabricação de instrumentos, etc, possam compartilhar seu conhecimento entre si para a capacitação profissional e aperfeiçoamento das atividades produtivas que acontecem no morro. Além de capacitarem, estas oficinas produtivas funcionarão como incubadoras de empreendimentos solidários e contribuirão para que núcleos de produção da comunidade se estabilizem, garantindo renda para seus integrantes. A partir da cobrança pelas inscrições, proporcionalmente à renda, estas atividades serão as principais custeadoras das despesas de manutenção da oficina.

Concluindo, por meio da implantação deste espaço pretende-se promover o intercâmbio cultural e o entrelaçamento social entre a cidade formal e informal, a qualificação profissional dos usuários de maneira a contribuir para o crescimento da renda familiar, a sustentabilidade e a economia local por meio do beneficiamento de materiais descartados pela indústria da construção civil, novas técnicas construtivas voltadas à qualidade na autoconstrução de habitações de baixo custo, promoção de atividades

produtivas locais de construção, serralheria, marcenaria, movelaria, mecânica automotiva, bicicletaria, entre outras e compor uma estrutura de distribuição e acesso igualitário à meios de produção, materiais e imateriais, que levem em consideração o contexto de desigualdade social e concentração de renda de Belo Horizonte.

6 Conclusão

6.1 O diálogo para além da variedade e a convivencialidade para além do diálogo

Um dos objetivos dessa dissertação era investigar o conceito de variedade. No capítulo II foi ressaltada a importância da variedade interna de um sistema para que possa responder ao seu contexto e, paradoxalmente, a importância da variedade do contexto para evolução da variedade do sistema. Nesta seção, como uma das conclusões da pesquisa, aponto a necessidade de expandir a discussão sobre a importância da variedade para a importância do diálogo, para ao fim apresentar uma formulação, na linguagem da cibernética, do conceito de convivencialidade utilizado por Illich.

A experiência de adaptação da fresadora CNC ao trabalho na favela revelou que uma grande variedade não é suficiente se não for considerada a facilidade de variar de acordo com o requisitado em uma interação. Uma máquina que pode fazer qualquer coisa, porém não consegue variar na escala de tempo em que seu usuário e seus materiais variam, acaba baixando a variedade que o diálogo entre estas partes poderia produzir. Sendo assim, quanto ao aforismo de Foerster: “Eu deveria agir sempre no sentido de aumentar o número total de escolhas”⁶⁸. Compreendo ao fim deste trabalho que esta frase, além de “Eu deveria agir no sentido de aumentar a variedade”, significa “Eu deveria agir no sentido de aumentar as chances de diálogo”. Pode-se dizer que estas são duas maneiras de expressar a mesma ideia, pois vimos no capítulo II que o diálogo em um nível é o que trás a variedade em outro nível e vice-versa. Porém, a palavra diálogo foca na relação entre os sistemas, o que evoca a atuação da variedade dentro de um contexto, já a palavra variedade foca em uma definição isolada e objetificada de um sistema, não apresentando o fato de que a variedade de um sistema só existe devido ao diálogo entre suas partes. Sendo assim, é possível fazer esta mudança de

-
- ⁶⁸ Tradução livre de: “I shall act always so as to increase the total number of choices”. FOERSTER, Heinz von. Disorder/Order: Discovery or Invention?. p.6. ed. P. Livingston, Anna Libri, Saratoga, pp. 177–189, 1984.

foco: sair de tudo o que um sistema pode ser e focar em tudo o que ele pode responder em interação com seu contexto.

Fazendo esta transição de foco para o diálogo, foi possível generalizar, a partir dos experimentos realizados, que quanto mais curtos os ciclos de *feedback* de um sistema de interação, comparado com outros processos observados, mais dialógico este sistema relativamente é. Isto pode ser exemplificado no processo tradicional de fabricação digital, onde o processo de modelagem se mostra mais dialógico que o resto do processo de produção. Na modelagem se pode agir, verificar e agir novamente com facilidade, inclusive desfazendo o que foi feito, numa velocidade muito próxima da qual se compreende o fenômeno, ou seja, pensando enquanto se faz. Enquanto que uma vez terminada a fase de modelagem, a próxima modificação que se pode fazer na informação acontece somente depois de passar por todo o processo de produção. Ao fim ambos são processos dialógicos, porém fica claro que existe uma diferença de escala entre as frequências de interação nos dois casos.

Tentando delinear esta distinção, podemos partir para o lado inverso do raciocínio: quanto mais longos os ciclos de *feedback*, menos dialógicas são as interações em relação à frequência de observações do observador. Isto ocorre até o ponto onde o *feedback* não é mais observável dentro do espectro das observações, e o diálogo então se torna discurso. Isto pode ser exemplificado pela perspectiva do técnico que trabalha estritamente em uma das etapas da fabricação, sem conhecimento de onde vem e para onde vai seu trabalho⁶⁹.

Se o discurso ignora o *feedback*, ele pode ser considerado como uma tentativa não sistematizada de um sistema transformar outros sistemas, pois quer tenha conhecimento ou não, ele está aberto à imprevisibilidade dos resultados sobre si mesmo. Já o diálogo pode ser visto como uma tentativa de responder a variedade de outros sistemas para absorver variações e manter uma relação de controle ou para gerar variações e acabar com uma relação de controle, é uma ação voltada ao *feedback*.

Esta distinção se torna clara quando se compara as diferentes estratégias de alguns autoconstrutores na favela e de alguns arquitetos do “*star system*” para criar a sua variedade

⁶⁹ Isto não se limita aos técnicos, o fracionamento do conhecimento, a complexidade da realidade e as longas cadeias de determinação levam à dificuldade de todo observador compreender o *feedback* de suas ações sobre o contexto onde vivem e sobre si mesmos. Como visto anteriormente, este é o ponto da “ingerenciabilidade da realidade, de Ranulph Glanville.

de soluções. Enquanto estes autoconstrutores empregam a variedade dos materiais descartados para responder ao já complexo contexto formal e social da favela, formando assim um diálogo, os *arquitetos estrela* empregam a fabricação digital de base industrial, que não dialoga mas discursa sobre os materiais e o trabalho, para trazer um discurso formal totalmente alheio ao contexto social da cidade.

Porém, vendo a situação por outro ângulo, o que para os trabalhadores, para os materiais(ou ecossistemas naturais) e para os moradores é um discurso, para os arquitetos e seus clientes não deixa de ser um diálogo. Um diálogo que muitas vezes busca respostas econômicas por meio de um “efeito bilbao⁷⁰”. Portanto, ao fim ambos os processos, dos autoconstrutores e dos arquitetos, são processos dialógicos que contribuem para a complexidade de seus contextos. Porém, enquanto o primeiro o faz utilizando-se de ciclos diários de interação com vários aspectos do contexto, o segundo o faz ignorando o cotidiano e o contexto local em busca de efeitos a longo prazo e de interesses de um contexto externo.

Este exemplo demonstra que a utilização da palavra dialógico, sem especificar em que escala e para que observador, pode ser utilizada para definir praticamente qualquer processo interativo. Proponho então que se use uma formulação mais específica, baseada nos conceitos de convivencialidade e industrialização, de Illich, para distinguir dois tipos de processos dialógicos: i) Os que pressupõem a aceitação da existência de todos os sistemas envolvidos, portanto, onde todas as partes envolvidas podem interagir diretamente entre si, os quais chamarei de convencionais e; ii) os que pressupõem uma hierarquia e um sentido nas interações, portanto, onde apesar de circularmente relacionados, os sistemas são parcialmente ignorantes entre si, os quais chamarei de industriais. Com estes conceitos em mãos, mesmo que ainda mal delineados, pode-se dizer que o processo de produção dos moradores da favela é um *diálogo convivencial*, enquanto o processo de produção dos arquitetos estrela é um *diálogo industrial*. Veremos a seguir, as consequências práticas destes dois diferentes tipos de diálogo.

⁷⁰ Após a implantação de uma política urbana de revitalização em 1980 na cidade de Bilbao, com a construção de um grande edifício escultural de formas complexas, a cidade teve um grande reconhecimento turístico e crescimento econômico. Este fenômeno passou então a ser conhecido como “efeito bilbao” e faz referência a projetos arquitetônicos voltados à promoção da imagem de cidades.

6.2 Conclusões e Apontamentos

Na introdução desta dissertação foram levantados alguns problemas decorrentes da baixa diversidade produzida pela indústria da construção na produção de cidades e, inclusive, na própria tentativa de solução de tais problemas no que se refere à habitação para população de baixa renda.

No Capítulo II, investigamos mais a fundo o que é a diversidade e qual o seu papel. Vimos que a diversidade, ali chamada de variedade, faz parte da concepção de sistemas. Por meio da variedade, sistemas conseguem interagir, modificar e ser modificados entre si, sem perder as características que os identificam como sistemas, suas regras. Quanto maior a variedade de um sistema, maior a amplitude de interações que consegue fazer sem mudar suas regras. A variedade portanto não existe sem razão, só faz sentido dentro de sistemas. Neste sentido, o movimento por uma arquitetura não padronizada omite suas necessidades e interesses, mesmo que involuntariamente, ao afirmar que mais variedade é algo bom em si, sem necessariamente vincular esta variedade a responder a alguma situação. Ignora que variedade de problemas e variedade de soluções são somente dois pontos de vista da mesma variedade. Por fim o alto custo dos edifícios e a exploração financeira de sua forma extravagante revelam que eles não deixam de estar respondendo à necessidade do capital de criar novas formas de renda.

Vimos também, que a variedade pode ser composta por diferentes combinações de sistemas iguais, como nas transições metassistêmicas (TURCHIN, 1977). Sendo assim, não faz sentido acreditar que a produção de peças únicas é uma maneira de produzir maior variedade de edifícios do que na combinação de peças iguais. Um construtor pode combinar tijolos idênticos de muitas maneiras na construção, atendendo a uma grande variedade de soluções que vierem a sua mente. Enquanto isso os elementos únicos de um “edifício quebra-cabeça” só podem ser montados de uma maneira, que não necessariamente tem relação com o que ele teria em mente. Da mesma maneira que o construtor, o arquiteto pode combinar elementos padronizados e homogêneos de muitas maneiras por meio da fabricação digital, atendendo a uma grande variedade de soluções que vem a sua mente. Mas não teria tanta liberdade se dispusesse de elementos únicos que só pudessem ser combinados de uma só maneira. Portanto, a variedade de peças únicas, que só se combinam de uma maneira, se mostrou como necessidade de controle do arquiteto, e não de se produzir variedade. Isto fica claro quando se observa o universo restrito no qual estas soluções são aplicadas.

Os sistemas de controle foram estudados logo em seguida. Observamos que o conjunto de regras que define um sistema na verdade estabelece as relações de controle entre os sistemas interagindo dentro dele: certas variações de um sistema implicam em certas variações dos outros sistemas, que por sua vez afetam de volta este sistema, dando início a uma relação de controle. Este controle é uma relação que existe entre os sistemas, portanto não faz sentido dizer que um sistema controla outro sistema (GLANVILLE, 1997). Isto apontou que a hierarquia industrial, onde alguns trabalhadores definem exatamente o que outros fazem, e estes outros definem o que terceiros fazem, assim por diante, sempre em uma mesma direção, não constitui um sistema onde os mais altos na hierarquia tem controle, mas sim que estes superiores terão que responder aos resultados de suas variações somente após elas passarem por um longo processamento. Esta é uma das posturas que se pode adotar diante do fato de que o reconhecimento do *feedback* em processos longos nem sempre é possível, já que as relações de controle são muito complexas e se torna impossível rastrear as consequências das ações de cada sistema sobre si mesmos. Pode-se concluir, portanto, que a postura mencionada origina-se na ignorância da existência do *feedback* nestes processos longos e desconhecidos, o que leva à uma sensação de controle ao ignorar o *feedback* nos processos curtos e conhecidos.

A consciência do feedback inevitável, por sua vez, pode gerar uma segunda postura: se inevitavelmente o feedback se fará efetivo, é melhor que se conheça todo o processo, simplificando sua complexidade. O que acontece nestes casos, portanto, é que toda a variedade das interações é restrita à variedade conhecida em comum por todos os sistemas em interação. A variedade é nivelada por baixo de maneira que o controle se torne reconhecível em todo o processo. O isolamento das variedades desconhecidas e a criação de um contexto de interação simplificada traz a sensação de que o “controle” aumentou, mas, na verdade, só se reduziu a variedade do sistema de controle ao seu nível mais baixo, aquele que pode ser compreendido pela variedade individual de todos os sistemas envolvidos. A baixa variedade deste sistema implica em uma baixa capacidade de responder a outros sistemas. Como já vimos, ignorar ou isolar-se da variedade não impede que ela exista, portanto o controle total dentro do contexto simplificado pode se tornar descontrole total novamente quando uma perturbação quebra o isolamento e o sistema não tem variedade para respondê-la, tendo que mudar drasticamente suas regras. O que surge então nestes casos são sucessivas camadas de isolamento na tentativa de manter a integridade do sistema.

Por fim, a consciência da inevitabilidade do descontrole pode levar ainda a uma terceira postura: os sistemas podem interagir sem restringir as relações de controle à variedade de nenhum dos sistemas envolvidos. Admite-se neste caso que não há, a longo prazo, como controlar nem conhecer exatamente o que pode acontecer em sistemas de controle “não-gerenciáveis”, a única coisa que se pode fazer é aumentar ou diminuir o número de escolhas. Quanto maior o número de escolhas de cada sistema, maior a variedade que pode conformar o sistema de interação em que estão inseridos, e logo, sua capacidade de responder ao contexto, mesmo sem conhecimento prévio.

No capítulo III vimos o rebatimento das noções de cibernética estudadas no capítulo II sobre o modo de produção, o qual contribuiu para as conclusões apresentadas nos primeiros parágrafos desta conclusão. Primeiro, distinguimos que o trabalho dividido, na sociedade, pode ter origem na necessidade de controle, presente nas duas primeiras posturas, ou na necessidade de inovação, presente na terceira postura. O controle é o responsável pela simplificação do trabalho por meio da fragmentação, enquanto a inovação é responsável pela complexificação dos resultados do trabalho por meio da combinação. Pode-se concluir, portanto, que a primeira postura está presente na tentativa do capitalista criar dependência nos trabalhadores por meio da fragmentação do trabalho conduzida na manufatura. A especialização das ferramentas e dos trabalhadores, porém, resulta em uma diminuição da variedade do que pode produzir este sistema, levando a crises quando ele se depara com a variedade de necessidades do mercado. Concluimos que isto se deve principalmente ao fato do trabalho na manufatura ser dividido em uma pequena parte decisória centralizada e uma grande parte que somente reproduz estas decisões. Assim, a baixa variedade resulta tanto da incapacidade dessa parte decisória muito pequena gerar informações novas para a reprodução, quanto da dificuldade desta grande parte reprodutiva em se adaptar às inovações geradas pela parte decisória, já que a adaptação, em si, também demanda um processo de decisão. Em suma, a baixa variedade se mostra resultado de uma mútua limitação entre a parte decisória e a reprodutiva, que por sua vez é fruto da concentração do poder de decisão. No entanto, como esta concentração é um elemento essencial do modelo produtivo de quem toma as decisões, o problema da variedade só pode ser tratado em suas ramificações secundárias, que são: i) aumentar a capacidade de criação e gerenciamento da informação pela classe menor, onde na ponta estão os *softwares* e processos modernos de engenharia simultânea; ii) facilitar a tarefa de reprodução da informação pela classe maior, onde na ponta estão as máquinas de fabricação digital. A experiência da indústria automobilística demonstrou,

porém, que estas soluções somente agravam os problemas, pois polarizam ainda mais o trabalho criativo e o reprodutivo, dão origem a empresas maiores e mais monopolistas. O monopólio resulta em uma diminuição da variedade de todo o mercado, gerando crises de nível global no caso de qualquer perturbação vinda de fator externo. Estas são as crises do capitalismo, quando os meios de controle por dependência na propriedade tem que ser alterados para responder a uma nova situação. Crises menores porém, acontecem cotidianamente e são ignoradas por meio do isolamento, como por exemplo a criminalidade que resulta dos baixos salários. O isolamento entre as classes, nas várias esferas da vida cotidiana, diminui cada vez mais as opções de diálogo e de se produzir de maneira alternativa à polarização, além de empobrecer a capacidade criativa de ambos os lados.

Por fim correlacionamos as três posturas com a prática de arquitetura. A primeira postura, de atuar reduzindo a complexidade do sistema de controle à variedade de um dos sistemas participantes, pode ser relacionada ao projeto tradicional, onde a variedade da construção e uso é reduzida a variedade de projeto; a segunda postura, de restringir a variedade do sistema de controle à uma variedade comum, pode ser relacionada aos processos mais avançados de engenharia simultânea onde as etapas de projeto e construção se limitam mutuamente; e a terceira postura, de aceitar o descontrole, pode ser relacionada ao sistema de projeto *open-source*, onde não se tenta controlar as etapas anteriores ou posteriores dos processos em questão, tratando o projeto somente como uma sugestão ao construtor e a construção somente como sugestão de uso, de maneira a dar abertura para que tudo possa ser modificado.

No Capítulo IV estudamos os sistemas de compartilhamento e colaboração aberta, sistemas alinhados com a terceira postura, onde se abrem possibilidades gerando o mínimo de demandas. Entre estas iniciativas de compartilhamento estudamos as oficinas comunitárias: exemplos de meios de produção onde a colaboração entre diferentes trabalhos pode acontecer de maneira não hierárquica, desta maneira possibilitando que todos os sistemas dentro da rede possam interagir conformando uma grande variedade de estados de organização. A não especialização do espaço, o acesso a múltiplas ferramentas, o acesso a ferramentas multifuncionais e a conectividade entre os participantes por meio de tecnologias da informação, se mostrou como um determinante tecnológico para que estes meios de produção consigam atender às necessidades atuais da sociedade. Mais adiante o que se concluiu a partir do estudo da colaboração, é que estes sistemas sempre existiram em outros contextos tecnológicos, e estiveram em diálogo com as relações de controle, o que não é diferente nos

dias atuais. Em uma dialética de inovação e controle, a colaboração aberta e a indústria avançam uma sobre a outra o tempo todo. Nos últimos anos, renovou-se a fé no avanço da colaboração aberta por meio das tecnologias da informação, mas como vimos, esta mesma tecnologia favorece também que a indústria avance com a simplificação e distorção das relações de controle, portanto a tecnologia não tira a batalha do mesmo pé, deixando o desempate para as concepções mentais, as posturas de que tanto falamos. Estas posturas se fazem essenciais principalmente porque as redes de colaboração aberta acomodam não só colaborações abertas, como também a indústria e seus sistemas de controle. Já a indústria inibe a colaboração aberta através da privatização e da escassez, portanto leva vantagem.

No capítulo V se deu o diálogo entre duas culturas muito diferentes: de um lado uma cultura construída no campo da arquitetura e outras ciências acadêmicas, em meio ao contexto social de uma certa classe inserida na dinâmica da cidade formal e; do outro lado uma cultura plural construída no cotidiano, em meio ao contexto social de outra classe inserida na dinâmica da cidade informal. O diálogo e a combinação entre conhecimentos que não se deparam na sociedade polarizada, como a fabricação digital e a autoconstrução na favela, demonstrou um grande potencial de inovação. Enquanto a produção acadêmica de tecnologias deste tipo para a indústria é concorrida e com pouco espaço para criação, existe um grande vazio na produção acadêmica de tecnologias de ponta voltadas a outras lógicas de produção. No caso da favela são desenvolvidas muitas tecnologias industriais para a solução dos problemas de habitação de fora pra dentro, mas poucas tecnologias para que os moradores solucionem seus problemas, quando quiserem, dentro de sua própria lógica de produção. Esta possibilidade, nem sequer chegou a ser explorada por meio da fabricação digital, pois se mostrou preciso antes estabelecer um diálogo entre os contextos polarizados da favela e da produção acadêmica, mudar a tecnologia, mudar a lógica de projeto, construir um contexto de organização coletiva, e mesmo assim a fabricação digital ainda não se encontra acessível pelos moradores. Porém, todos estes obstáculos se mostraram como oportunidades de gerar conhecimento não só na área de arquitetura, mas em muitas outras áreas de conhecimento cuja produção encontra-se voltada predominantemente para o lógica de produção industrial. Como apontamento imagina-se que muito deste conhecimento teria sido gerado de maneira mais rápida e eficaz se houvesse um grupo multidisciplinar voltado ao desenvolvimento conjunto de soluções que apoiassem umas às outras. A imersão no contexto no qual se pretende desenvolver uma pesquisa propositiva é outro apontamento importante para que seja desenvolvido conhecimento que realmente tenha função neste contexto. Como visto, existem

barreiras culturais que não permitem que as tecnologias sejam criadas em um contexto e aplicadas em outro.

Outra conclusão é que o conhecimento que se tem de sistemas não-gerenciáveis é muito baixo para definir o que é possível ou não, principalmente após uma sequência de acontecimentos. Isto pode ser exemplificado no início da pesquisa-ação. No início da pesquisa, quando idealizava-se realizar um experimento de disponibilização da fabricação digital na favela, surgiam perguntas impossíveis de se responder: “onde essa máquina vai ficar no morro?”, “como vão ter acesso?”, “como vão saber usar?”, etc. Porém quando se desistiu da ideia de formular o experimento e se começou a trabalhar lá com outra coisa, as respostas para essas perguntas foram ou se revelando ou sendo construídas, a cada rodada de interação. Conforme foi necessário, a sistematização do que seria a oficina foi sendo feita e ao final conseguiu-se elaborar um sistema, uma estrutura física e social com regras, que acomoda uma certa variedade. A partir desta experiência ficaram claros os limites do conhecimento em prever o que aconteceria diante da complexidade da realidade. Mais importante foi perceber a barreira que se impõe à evolução do conhecimento quando o pesquisador limita suas problematizações somente ao que se pode formular a partir das soluções possíveis no presente. Por fim, a utilização de tecnologias de finalidade aberta, como *Arduino*, o *Grasshopper*, e a cortadora laser, se mostrou como grande facilitadora na adaptação e prototipagem de novas tecnologias para solucionar estas novas problemáticas que surgem durante a pesquisa-ação. Estas tecnologias, apesar de não serem eficientes como as tecnologias especializadas, podem ser de grande utilidade para este tipo de pesquisa “*utópica*”, no sentido de buscar algo para o qual não se dispõe das ferramentas.

7 Referências

ARANTES, Pedro Fiori. *Arquitetura na era digital-financeira: desenho, canteiro e renda da forma*. São Paulo: Ed. 34, 2012.

ARANTES, Pedro Fiori. *Arquitetura Nova - Sérgio Ferro, Flávio Império e Rodrigo Lefèvre, de Artigas aos mutirões*; São Paulo: Editora 34, 2002.

ASHBY, W.R. *An Introduction to Cybernetics*. Chapman & Hall, 1956.

ASHBY, W.R. *Requisite Variety and its implications for the control of complex systems*, Cybernetica (Namur) Vo1 1, No 2, 1958.

BALTAZAR DOS SANTOS, Ana Paula, **MORADO NASCIMENTO**, Denise, **KAPP**, Silke, **MARCANDIER**, Rodrigo, **LINO**, Sulamita, **OLALQUIAGA**, Amanda, **VIEIRA**, Joana, **MAGALHÃES**, Pedro, **GONTIJO**, Felipe, **COELHO**, Mara. *A propriedade intelectual em ambientes e interfaces digitais: a opção pelo noncopyright no caso do sistema IDA*. In: XI Simpósio Iberoamericano de Gráfica Digital - Sigradi, 2007, Cidade do México, Outubro de 2007.

BENKLER, Yochai. *"Sharing Nicely: On Shareable goods and the emergence of sharing as a modality of economic production"*. The Yale Law Journal 114, 2004. Disponível em: <http://digitalcommons.law.yale.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4058&context=fss_papers> Acesso em: 25 ago. 2014.

BICKEL, Gustavo Gurgel. *A construção civil na economia social: proposições à cultura produtiva autogestionária [tese]*. Belo Horizonte: Escola de Arquitetura, UFMG, 2013.

BOURDIEU, Pierre. *A distinção: crítica social do julgamento 2ª ed.* Rev. Porto Alegre: Zouk, 2011. Tradução de: *La distinction: critique sociale du jugement*. Paris: Les Editions de Minuit, 1979.

BRAGON, Rayder. *Com alto custo de novo aterro, descarte de entulho em locais proibidos cresce em BH*. 2010. Em: <<http://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2010/10/10/com-alto-custo-de-novo-aterro-descarte-de-entulho-em-locais-proibidos-cresce-em-bh.htm>> Acesso em: 11 setembro 2014.

CARSON, Kevin A. *The Homebrew Industrial Revolution: A Low-Overhead Manifesto*. Charleston, SC: BookSurge, 2010.

CORMEN, Thomas H.; **LEISERSON**, Charles E.; **RIVEST**, Ronald L.; **STEIN**, Clifford. *Introduction to Algorithms (3rd ed.)*. MIT Press and McGraw-Hill, 1990.

DELGADO, Pamilla Pessoa dos Santos. *Os efeitos da globalização nas relações trabalhistas - dumping social*. Jus Navigandi, Teresina, ano 18, n. 3549, 20 mar. 2013. Disponível em: <<http://jus.com.br/artigos/24010>>. Acesso em: 7 ago. 2013.

FEENBERG, Andrew. *Ten paradoxes of Technology*. presented at the 2009 Biennial Meeting of the Society for Philosophy and Technology as a keynote address. Techné 14:1, Winter 2010.

FERRO, Sérgio. *O canteiro e o desenho*. 2a ed. São Paulo: Projeto Editores Associados, 1982.

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

FORTE, Andrea and Cliff Lampe. Defining, Understanding and Supporting Open Collaboration:

Lessons from the Literature. *American Behavioral Scientist*. 57(5): 535-547, 2013. Disponível em: <<http://www.andreaforte.net/ForteLampe-Submitted.pdf>> Acesso em: 15 outubro 2014.

FOERSTER, Heinz. *Ethics and second-order cybernetics*. SEHR, volume 4, issue 2: Constructions of the Mind Updated 4, June, 1995. Em:

<<http://ada.evergreen.edu/~arunc/texts/cybernetics/heinz/ethics.pdf>> Acesso em: 09 julho 2014.

FOERSTER, Heinz von. *Perception of the future and the future of perception*. *Instructional Science*, 1 (1), 31m43, 1972. Disponível em :

<<http://ada.evergreen.edu/~arunc/texts/cybernetics/heinz/perception.pdf>> Acesso em: 05 setembro 2014.

GLANVILLE, Ranulph. *The Value of being Unmanageable: Variety and Creativity in CyberSpace*. Proceedings of the Global Village Conference, Vienna, 1997.

GLANVILLE, Ranulph. *Second order cybernetics (6.46.3.3)*, manuscrito não publicado, distribuído como leitura básica para a conferência American Society for Cybernetics 2001, 'Treasures of Second-Order Cybernetics' Workshop. Vancouver, 2001.

GÜNEY, Yasemin İ. *Type and typology in architectural discourse*. Balıkesir: University Faculty of Architecture and Engineering, Department of Architecture, 2007.

HAMDI, Nabeel. *Housing without houses: participation, flexibility, enablement*. Minnesota: Van Nostrand Reinhold, 1991.

HARVEY, David. *O Enigma do Capital: e as crises do capitalismo*. Tradução de João Alexandre Peschanski. São Paulo, SP: Boitempo, 2011.

HEYLIGHEN, Francis. *Cybernetics and Second-Order Cybernetics*. in R.A. Meyers (ed.), *Encyclopedia of Physical Science & Technology* (3rd ed.). New York: Academic Press, 2001.

ILLICH, Ivan. *La convivencialidad*. Barcelona: Barral Editores, 1974.

KAPP, Silke. *"Síndrome do estojo"*, in: Anais do IV Colóquio de Pesquisas em Habitação: Coordenação Modular e Mutabilidade. Belo Horizonte: MOM /

EAUFMG, 2007. Disponível em: <<http://www.mom.arq.ufmg.br/mom/index.html>> Acesso em: 02/08/2014.

KOLAREVIK, Branko. ed. *Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing*. Spon Press – Taylor & Francis Group, 2003.

KUBOVY, Michael, **TYLER**, Christopher. *Arrow in the Eye: The Psychology of Perspective and Renaissance Art*. Cambridge University Press, 1988. Disponível em:

<<http://www.webexhibits.org/arrowintheeye/index.html>> Acesso em: 20 agosto 2014.

LEI Nº 5.764, de 16 de dezembro de 1971. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l5764.htm. Acesso em: 7 agosto 2013

LEI N.º 12.690 de 19 de julho de 2012. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12690.htm> Acesso em: 7 agosto 2013.

LEVINE, Sheen S., **PRIETULA**, Michael. *Open Collaboration for Innovation: Principles and Performance*. Organization Science, Forthcoming, 2013. Disponível

em: <<http://ssrn.com/abstract=1096442http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1096442>> Acesso em: 15/09/2014.

LINHARES, Cryzthiane Andrade. *Prefeitura de Belo Horizonte mais derruba casas do que constrói. E Governo de MG não constrói casas em BH e nem na região metropolitana*.

Em: <<http://ocupacaorosaleao.blogspot.com.br/2013/11/prefeitura-de-belo-horizonte-mais.html>>
Acesso em: 13/04/2014.

MACIEL, Carlos Alberto. *Arquitetura, indústria da construção e mercado imobiliário*. arquitextos ISSN 1809-6298, ano 14, dez. 2013. Em: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/14.163/4986>. Acesso em: 02/08/2014.

MARQUES, Rosa Maria. *O impacto da automação microeletrônica na organização do trabalho em duas montadoras brasileiras*. Revista de Economia Política, vol.10, n.º 3 (39), julho-setembro/1990. Em: <<http://www.rep.org.br/pdf/39-5.pdf>> Acesso em: 5 setembro 2014.

MARX, Karl. *O capital: crítica da economia política: Livro I*. Karl Marx; tradução de Reginaldo Sant'anna. – 30ª ed. – Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2012. Tradução de: Das Kapital: Kritik der politischen Ökonomie: Buch I. Conteúdo: vol. 1-2. O processo de produção do capital. 1867.

MASTNY, Lisa, **PHILLEO**, Wendy, **LEE**, Wen. *Guide to Sharing*. Center for a New American Dream, 2012.

MATTEOLI, Lorenzo. *Ser Filippo Brunelleschi and the dome Of Santa Maria del Fiore in Florence (1420-1446)*. Em: <<http://matteoli.iinet.net.au/html/Articles/Brunelleschi.html>>. Acesso em: 10 julho 2014.

O QUE muda com a LEI N.º 12.690/2012. Organização das cooperativas brasileiras, OCB. Em: http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A3ADC4075013AFEC9893D419E/CARTILHA_cooperativismo_trabalho_BAIXA.pdf. Acesso em: 7 agosto 2013

MENDONÇA, Jupira, **DINIZ**, Alexandre, **ANDRADE**, Luciana. *Transformações na ordem urbana da Região Metropolitana de Belo Horizonte (2000/2010)*. Belo Horizonte: INCT, 2014. Disponível em: <http://www.observatoriodasmetrololes.net/>.

OXMAN, Rivka. *Theory and Design in the First Digital Age*. *Design Studies*, 27 (3) pp. 325-355, 2006.

PASQ, Gordon. *A comment, a case history and a plan*. London: Institute of Contemporary Arts, Cybernetic Serendipity exhibition, 1968.

PEREIRA, José Maria. *Cooperativas de trabalho: flexibilização ou degradação do trabalho?* Revista Análise Econômica, Ano 19, n.º 35, março, Porto Alegre: Faculdade de Ciências Econômicas, UFRGS, 2001. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/AnaliseEconomica/article/view/10665/6300>> Acesso em: 10 julho 2013.

SASS, Larry and **OXMAN**, Rivka. *Materializing design: the implications of rapid prototyping in digital design*. *Design Studies*, 27 (3) pp. 229-265, 2006.

STEINMETZ, R., & **WEHRLE**, K. *What Is This "Peer-to-Peer" about?*. Springer Berlin Heidelberg. 2005.

STEVENS, Garry. *O círculo privilegiado: fundamentos sociais da distinção arquitetônica*. Brasília: Editora UNB, 2003.

TOWARDS the Circular Economy: an economic and business rationale for an accelerated transition. Ellen MacArthur Foundation. 2012. Em: <<http://www.ellenmacarthurfoundation.org/business/reports/ce2012>> Acesso em: 10 outubro 2014.

TURCHIN, Valentin Fedorovich. *The phenomenon of science*. New York: Columbia University Press, 1977.

TURNER, John F. C. *Housing by People: Towards Autonomy in Building Environments*. New York: Pantheon Books, 1977.

ZONINSEIN, Jonas. *Valor, Concorrência e Concentração*. Revista de Economia Política, Vol.6, n°3, julho – setembro, 1986. Disponível em: <<http://www.rep.org.br/pdf/23-4.pdf>> Acesso em: 07 agosto 2013.