

TFG

WikiHouse e a customização digital de massa da habitação

DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO – UFOP
MAX PEDRO DA SILVA + CLÉCIO MAGALHÃES
JULHO/2019

TFG

WikiHouse e a customização digital de massa da habitação

Trabalho Final de Graduação, apresentado ao Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito final para a obtenção do grau de Bacharel em Arquitetura e Urbanismo.

Orientador(a): Clécio Magalhães do Vale

DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO – UFOP
MAX PEDRO DA SILVA + CLÉCIO MAGALHÃES
JULHO/2019

Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP

Reitor(a): profª. Cláudia Aparecida Marlière de Lima

Pró-reitor(a) de graduação: profª Tânia Rossi Garbin

Presidente(a) do colegiado: profª. Patrícia Thomé Junqueira Schettino

S586w Silva, Max Pedro da.
WikiHouse e a Customização Digital de Massa da Habitação [manuscrito] /
Max Pedro da Silva. - 2019.

75f.: il.: color; grafs; mapas; Fichas técnicas.

Orientador: Prof. Dr. Clécio Magalhães do Vale.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de
Minas. Departamento de Arquitetura e Urbanismo.

1. Habitação pré-fabricada - projeto WikiHouse. 2. Habitação pré-fabricada -
Customização. 3. Habitação - Construção sustentável. I. Vale, Clécio Magalhães
do. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 72:711.4

Catálogo: ficha.sisbin@ufop.edu.br



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas
Departamento de Arquitetura e Urbanismo



ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Em 11 de julho de 2019, reuniu-se a banca examinadora do trabalho apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso Arquitetura e Urbanismo da Escola de Minas da UFOP, intitulado: **WIKIHOUSE E A CUSTOMIZAÇÃO DIGITAL DE MASSA DA HABITAÇÃO**, do aluno(a) **MAX PEDRO DA SILVA**.

Compuseram a banca os professores(as) **CLÉCIO MAGALHÃES DO VALE, ALICE VIANA DE ARAÚJO, FREDERICO MOURÃO OCTAVIANI BERNIS**. Após a exposição oral, o(a) candidato(a) foi argüido(a) pelos componentes da banca que reuniram-se reservadamente, e decidiram, APROVAR, com a nota 10,0

Orientador(a)

Avaliador 1

Avaliador 2

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer à minha família pelo apoio.

Gostaria de agradecer ao professor Dr. Clécio Magalhães pela compreensão, motivação, atenção e orientação durante o processo de confecção deste trabalho, uma parceria muito frutífera e de novos conhecimentos.

Gostaria de agradecer ao arquiteto e urbanista César Augusto Silvino Figueredo por ter me trazido à luz, no início desta pesquisa, diversos detalhes do mundo da fabricação digital aos quais eu não era familiarizado, e pelos textos sobre o assunto.

Gostaria de agradecer ao profissional Rafael Cordeiro, da Fábrica Jangada em Belo Horizonte, pela mão amiga e fornecimento de dados para a elaboração deste trabalho.

Obrigado à CAPES, Fundação Gorceix e à UFOP por todos estes anos de amparo e de investimento público em mim e na educação.

Gostaria de agradecer ao Heleno's Bar e aos amigos de boemia ouropretana.

Gostaria de agradecer, finalmente, a todos que, de alguma forma, colaboraram positivamente para a realização deste trabalho.

RESUMO

O mundo globalizado e a internet alteraram para sempre o modo de vida das comunidades ao longo do globo. As trocas entre as pessoas se dão de forma mais rápida e complexa, em um cenário onde a migração urbana em busca de melhores condições trabalhistas e de vida é cada vez maior.

Diante de fatores como a especulação imobiliária e a gestão negligente de políticas públicas habitacionais para com o fortalecimento do cotidiano e dos laços sociais das pessoas, vê-se necessário repensar a habitação em um novo contexto, em especial a unifamiliar, enxergada mais como um ponto referencial, não como peça do todo em constante movimento.

Através da investigação da condição de adaptabilidade da moradia unifamiliar, com o auxílio das ferramentas computacionais e de teorias aplicadas à pré-fabricação na construção civil, este trabalho final se empenha em compreender o papel da arquitetura, do arquiteto e do mercado no escopo da produção habitacional pré-fabricada digitalmente, de forma que a proposta de trabalho se conforme à todas as variáveis e constantes que imperam sobre sua criação e viabilidade de implementação.

Palavras-chave: WikiHouse; customização; 4.0; CNC router; pórtico; pré-fabricação; método; sistema

ABSTRACT

Internet and globalized world has forever changed communities' lifestyles along the globe. The social exchanges are given under such a complex and rapid pace, in a scenario whereas urban migration in the pursuit of a better life and labor conditions is increasingly high.

Toward factors like real estate speculation and negligent public housing policy management in favor of people's social and daily bonds strengthening, it is necessary to rethink housing as we know it into a new context, oftenly seen as a stronghold, not as a piece of a ever-working clock.

Through the investigation of a single-family adaptability condition, with the aid of computer-based tools and architectural production theories, this present work resumes to comprehend the role of the architecture, the architect and the market in the scale and scope of digital-driven, prefabricated dwelling production, in a way the final work comes from both variables and constraints that acts upon its creation and implementation viability.

Key-words: WikiHouse; customization; 4.0; CNC router; portico; prefabrication; method; system

LISTA DE IMAGENS

Figura 1: Localização geográfica de Warren, Ohio. Fonte: Wikipedia & Google Maps

Figura 2: queda na produção da indústria de manufatura, dependente do aço. Fonte: acervo pessoal

Figura 3: queda na ocupação de residências em Warren decorrente da falta de empregos e causando a migração urbana. Fonte: acervo pessoal

Figura 4: trabalho de campo em Warren antes da apresentação das propostas de trabalho. Na foto, membros da TNP e da escola Parsons. Fonte: acervo pessoal

Figura 5: voluntários trabalham na chamada para manutenção coletiva das hortas locais; Warren, Ohio. Fonte: Denise Rising/TNP, 2015

Figura 6: mapa do centro comercial de Warren e em verde, bairro objeto de intervenção, Garden District. Fonte: acervo pessoal

Figura 7: galeria TAG, à direita, olhando norte. Fonte: Google Maps

Figura 8: casa abandonada da rua Washington, 236. Ao fundo, funcionário da TNP guia o autor deste trabalho pra incursão e reconhecimento da estrutura da casa. Fonte: Pietraroia, 2015

Figura 9: planta-baixa trabalhada nos estudos preliminares da casa 236 Washington; mesmo que o layout interno não tenha a mesma dimensão ao longo de todos os seus eixos, os pilares de madeira estão alinhados em similares distâncias e ritmados, o que permitiu prever fechamentos modificáveis sem perda de espaço por conta de uma possível estrutura inflexível. Fonte: TNP

Figura 10: jogo da memória de Warren: jogado desenvolvido em sala por da Silva e Pietraroia para engajar a comunidade nas práticas de elaboração dos possíveis programas para a Casa Comunitária. Fonte: Erik Yamamoto

Figura 11: maquete processual da Casa Comunitária à esquerda e maquete para apresentação ao público à direita. Fonte: acervo pessoal (2015)

Figura 12: maquete processual da Casa Comunitária à esquerda em sala de aula e maquete final na galeria TAG, à direita. Fonte: acervo pessoal (2015)

Figura 13: crianças montam a tipologia da Casa Comunitária. Fonte: acervo pessoal (2015)

Figura 14: maquete final no dia da exposição; móveis de papelão ao meio. Fonte: acervo pessoal (2015)

Figura 15: equipe da Parsons School of Design designada para Warren, reunida com cidadãos e professores ao final das apresentações na galeria TAG. Fonte: acervo pessoal (2015)

Figura 16: tipologias de plantas consideradas como flexíveis: o mesmo estorjo (48m²), praticando a segurança do sucesso de vendas com a tipologia baseada em padrões de consumo do cidadão, utilizando de escassa flexibilidade espacial e participação do usuário no processo de tomada de decisão do modo de morar. "Aparência de novidade, mas o mesmo de sempre" (Maciel, 2013). Fonte: CRB Construtora

Figura 17: localização dos empreendimentos da faixa 1 (famílias que recebem até R\$ 1800,00) do PMCMV, na Região Metropolitana de Fortaleza. As faixas com orçamento familiar maior habitam regiões mais próximas do centro urbano, locais onde existe mais ampla oferta de serviços e empregos. Fonte: Pequeno & Rosa (2015)

Figura 18: casas tipo Minha Casa Minha Vida. A monotonia da solução infraestrutural empregada e a segregação de localização inviabilizam alterações e promovem a desigualdade social. Fonte: Ministério do Planejamento

Figura 19: planta-baixa tipo de apartamentos financiáveis de 42m², disponibilizada pela cartilha MCMV da Caixa Econômica Federal para replicação pelos empreendedores interessados; lógica simples do espelhamento das plantas para um mesmo andar, além de espaços internos altamente hierarquizados evidenciam o comprometimento de qualidades desejáveis na habitação como fluxo e espacialidade. Fonte: cartilha Caixa PMCMV

Figura 20: máquina de fresa industrial de 1952 americana; ligada a uma mesa que se movimentava por eixos com três graus de liberdade (X, Y e Z) por processo manual, o software do computador da época era capaz de orientar o processo de desbaste do material movimentando os eixos da mesa com os comandos 0 e 1 (binários), por comandos da linguagem de programação do computador e comando do usuário usados como interface.

Figura 21: cinzeiro; peça pioneira do processo de fabricação informatizado; fabricada pelo processo fabril de subtração de material, em um teste de 1959. Fonte: OCW-MIT

Figura 22 (set): experimento de usinagem metalúrgica com colheres; diferentes entre si e fabricadas em série, através de um projeto paramétrico; manipulação digital padronizando eixos eixos e customizando proporções. Fonte: Alemany e Sousa (2003)

Figura 23 (set): laboratório digital acima; crianças brincam com carrinhos fabricados no laboratório digital abaixo; Fonte: FAB LAB Livre SP

Figura 24: fábrica digital Jangada, em Belo Horizonte. A mesa foi construída pelos próprios donos através da obtenção das plantas na lógica de equipamentos do-it-yourself: versões manufaturadas de equipamentos sofisticados de fabricação, mais caros. Essa prática barateia o custo da ferramenta e aumenta as chances de controle e manutenção sobre o equipamento controlado por computador. Fonte: Fábrica Jangada/Instagram

Figura 25: Fábrica Jangada; pós-corte em CNC dos elementos na prancha à esquerda; elementos com cola em espera, formando um componente da mesa; detalhe dos encaixes que possibilitam a montagem da estrutura a partir de lâminas de madeira. Fonte: Fábrica Jangada

Figura 26: Fábrica Jangada; pós-montagem de componentes da mesa à esquerda e mesa montada à direita. Fonte: Fábrica Jangada

Figura 27: porcentagem da distribuição de fab labs totais no Brasil de acordo com seus métodos de trabalho. Fonte: (Costa & Pellegrini, 2017)

Figura 28: evolução da produção industrial da habitação pré-fabricada através das Revoluções; esquema parte de estudo sobre o déficit habitacional britânico pela Fundação WikiHouse. Fonte: Fundação WikiHouse

Figura 29: o chalé de John. H. Manning; estrutura porticada, com espaçamento para vedação móvel e repetição ordenada dos elementos estruturais, proporcionando a área total interna necessária. Fonte: Smith (2009)

Figura 30: Casa Eames; foco para o pé direito duplo e vãos livres leves, possíveis pela boa resistência à tração do aço. Fonte: ArchDaily

Figura 31: Ray e Charles Eames, durante a fase de construção da residência Eames; grandes pórticos esbeltos em plano. Fonte: ArchDaily

Figura 32: Casa Eames: elevação dos dois blocos; à esquerda, moradia; à direita, estúdio. Fonte: Murtinho (2016)

Figura 33: Elevação dos dois blocos; à esquerda, moradia; à direita, estúdio. Fonte: Murtinho (2016)

Figura 34: Interior da Casa: ambiente grande aconchegante; donos alegavam que recebiam presentes de amigos e os guardavam dentro da casa como parte da mobília (Eames Foundation). Fonte: ArchDaily

Figura 35: Cadeira Side Chair; versão customizada de

metal à esquerda; versão patente original de entrada no concurso de design do MoMA à direita. Fonte: MoMA

Figura 36: NEXT21, em Osaka; projetado originalmente por Habraken para abrigar a moradia de trabalhadores da Companhia de Gás de Osaka; os fechamentos de fachada assim como internos eram móveis e de fácil substituição pelo morador. Fonte: Morais (2018)

Figura 37: Microhouse. Fonte: acervo pessoal

Figura 38: Módulo base da Microhouse. Fonte: acervo pessoal

Figura 39 (set): Maquete processual de elucidação do método construtivo WikiHouse; simplificação e padronização de encaixes e formas. Fonte: acervo pessoal

Figura 40: Especificação máxima de largura de vão para o sistema Wren. Fonte: WikiHouse Foundation

Figura 41: Especificação máxima de expansão vertical do sistema Wren. Fonte: WikiHouse Foundation

Figura 42 (set): localização da cidade de Itabirito, do bairro e da quadra de situação da proposta. Fonte: Google Maps

Figura 43: enquadramento do lote selecionado na lei urbana municipal. Fonte: Câmara Municipal de Itabirito

Figura 44 (set): processo de fabricação de uma residência pelo escritório Resolution: 4 Architecture, desde a fábrica até o canteiro de obras e acabamento final. Fonte: Resolution: 4 Architecture

Figura 45: desenho esquemático, na gestão de produção do escritório Resolution: 4. Fonte: Resolution: 4 Architecture

Figura 46: desenvolvimento do design, na gestão de produção do escritório Resolution: 4. Fonte: Resolution: 4 Architecture

Figura 47 (set): desenvolvimento do design, na gestão de produção do escritório Resolution: 4. Fonte: Resolution: 4 Architecture

Figura 48: desenvolvimento da documentação, na gestão de produção do escritório Resolution: 4. Fonte: Resolution: 4 Architecture

Figura 49: desenvolvimento da licitação, na gestão de produção do escritório Resolution: 4. Fonte: Resolution: 4 Architecture

Figura 50 (set): desenvolvimento da produção em fábrica e transporte, na gestão de produção do escritório

Resolution: 4. Fonte: Resolution: 4 Architecture

Figura 51 (set): desenvolvimento da produção na implantação e no canteiro de obras, na gestão de produção do escritório Resolution: 4. Fonte: Resolution: 4 Architecture

Figura 52: fundação no caso WikiHouse; acima, é mostrado com ela foi pensada para a Microhouse; as sapatas podem ser feitas de metal, que não somente de concreto armado, e apoiadas na superfície. Fonte: caderno de encargos Microhouse / Fundação WikiHouse

Figura 53: cotação do vigamento baldrame. Fonte: Leroy Merlin Belo Horizonte

Figura 54: cotação do compensado naval. Fonte: Leo Madeiras Grande Belo Horizonte

Figura 55: imagem exemplificando o empacotamento da estrutura principal com o filtro anti-humidade. Fonte: caderno de encargos / Fundação WikiHouse

Figura 56: cotação das ripas da trama de madeira. Fonte: Leroy Merlin Belo Horizonte

Figura 57: cotação das placas cimentícias. Fonte: Leroy Merlin Belo Horizonte

Figura 58: cotação das telhas PVC. Fonte: Leroy Merlin Belo Horizonte

Figura 59: portal TCPO e Custos Unitários PINI de Edificações. Fonte: TCPO Web

SUMÁRIO

1. Introdução	7
2. A Contribuição Americana Para A Prática Arquitetônica	9
3. A Produção da Habitação Unifamiliar Hoje	17
4. O Design Open Source	22
5. A Arquitetura Enquanto Plataforma Interdisciplinar	29
6. A Arquitetura Open Source	35
7. Metodologia	37
8. Engenharia Reversa e Modificação do Sistema Construtivo	39
8.1 Variáveis de Customização	45
8.2 Constantes de Implantação	52
9. Gestão da Produção	55
10. Orçamento	66
11. Conclusão	73

Bibliografia

Anexos

I INTRODUÇÃO

As populações vulneráveis são as que mais sofrem com o problema habitacional. De acordo com dados da Fundação João Pinheiro de 2018 sobre o déficit habitacional brasileiro em 2015, 6,355 milhões de lares estavam vivendo sob condições extremas de habitação. Dentre fatores como precariedade infraestrutural, coabitação familiar e adensamento excessivo, 50% das causas do déficit eram provenientes de lares com ônus excessivo de aluguel, aquele em que as pessoas não conseguem arcar com suas despesas básicas de vida por conta de um aluguel caro.

Metade da população deficitária gasta, no mínimo, 30% de sua renda total (quem recebe até 3 salários mínimos) com esse tipo de habitação, uma despesa que não corresponde ao produto de sua força de produção, apesar dela constituir o principal movimento da máquina econômica da sociedade. A casa própria, a moradia regular, ainda parece uma realidade distante para essa parcela da população.

O produtor primário (trabalhador) é, na sociedade de consumo, alienado do seu produto final, através de hierarquias socioeconômicas pautadas na exploração da mão-de-obra, vendendo sua força de trabalho sem um retorno social, efetivo e justo, pelos seus esforços laborais (Debord, 1967). Aqui, é alienado de seu direito constitucional à habitação através

de uma alienação não só socioeconômica, mas também socioespacial. Sobram aos vulneráveis a sarjeta, ou locais de difícil acesso a serviços, com porções de terras pequenas e especuladas, o que compromete decisivamente sua capacidade de inclusão na sociedade e de exercer com dignidade sua função social.

Quais análises sociais e abordagens do design arquitetônico podem contribuir para a discussão de uma gestão profissional e institucional alinhada à oferta de instrumentos promotores da igualdade a um dos setores mais carente da sociedade (Kapp, 2012)?

A missão deste trabalho final de graduação se repousa no estudo e contribuição com as discussões acerca da produção habitacional atual e aquisição da moradia de qualidade com valor tecnológico agregado, de maneira a simplificar custos por outros métodos de produção da casa (manufatura digital e WikiHouse), associados a paradigmas socioculturais e socioeconômicos. Em segundo momento, estudar a viabilidade de implementação de uma residência concebida pelo método construtivo WikiHouse, trabalhando com variáveis pragmáticas de composição arquitetônica que possam servir de instrumento para o planejamento da infraestrutura proposta.

Objetivo Geral: estudo de orçamento e viabilidade para emprego do método construtivo WikiHouse em uma residência unifamiliar;

Metodologia: estudo das principais condicionantes de um déficit habitacional; estudo da customização de massa e fabricação digital aplicadas à arquitetura; verificação do caso de estudo WikiHouse como alternativa à autoprodução habitacional; discussão de gestão de produção habitacional pré-fabricada, digitalmente ou não, para aproximar o método construtivo WikiHouse do entendimento público e acadêmico.

2 A CONTRIBUIÇÃO AMERICANA PARA A PRÁTICA ARQUITETÔNICA

Em agosto de 2014 vigorava o programa de educação superior Ciências Sem Fronteiras, que promovia, em parceria com a CAPES, o envio de membros da academia pública brasileira para aprimoramento em instituições de ensino superior estrangeiras, conveniadas com o Brasil.

Max Pedro da Silva (o autor), estudante de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Ouro Preto à época, viajou para a Cidade de Nova Iorque em 15 de agosto de 2014 por essa iniciativa, com destino à escola de artes e design Parsons School of Design, a melhor do campo nos Estados Unidos e segunda melhor do mundo, de acordo com o QS World University Ranks, em 2018. A escola é o braço de design da universidade The New School, uma instituição de ensino superior que fica no coração da Cidade (Greenwich Village), e que tem como mote a liberdade de expressão, democracia e pensamento de vanguarda.

Foi desenvolvido pelo autor e um amigo de classe do intercâmbio à época, brasileiro e graduado no curso de Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de São Paulo, Gabriel Casadei Pietraroia, um trabalho acadêmico sobre estratégias

para reabilitação do tecido sociourbano da cidade americana de Warren, em Ohio, como parte das demandas da disciplina Urban Design Studio 4 (Estúdio de Design Urbano 4), que frequentaram juntos na instituição estrangeira. Ministrada no primeiro semestre de 2015 por Quilian Riano e Alison Mears, foi uma disciplina que trouxe frutíferas e reveladoras lições para o entendimento de um importante aspecto para a arquitetura: o design e o projeto arquitetônico podem e devem ser praticados em prol das pessoas, respeitando suas opiniões e necessidades.

Os professores da disciplina de design urbano, ao longo das aulas, explicitaram que o objetivo final a ser atingido pela classe era a elaboração de um trabalho acadêmico, a ser publicado no final, acerca de crises urbanas identificadas em pontos-chave de estudo pelo país. O ponto-chave da vez já estabelecido pelos professores era a cidade de Warren, no estado de Ohio.



Figura 1: Localização geográfica de Warren, Ohio. Fonte: Wikipedia & Google Maps

A crise nacional da produção de aço nos Estados Unidos a partir de me-

dos de 1970 afetou drasticamente a região do cinturão do aço (Rust Belt), norte do país. Esse fato provocou a migração em massa de milhares de habitantes para fora dos principais pólos produtivos da região, como visto no colapso da economia automotiva de Detroit a partir do mesmo período. O resultado foi o colapso do senso de comunidade e unidade dos moradores que permaneceram nas cidades afetadas pela crise.

Os vizinhos foram embora e, com isso, aqueles que permanecem agora enfrentam uma nova tarefa: a de trazer de volta o espírito comunitário, tão valorizado e praticado na cultura americana.

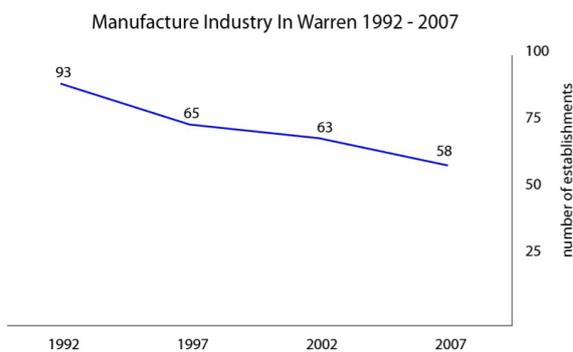


Figura 2: queda na produção da indústria de manufatura, dependente do aço. Fonte: acervo pessoal

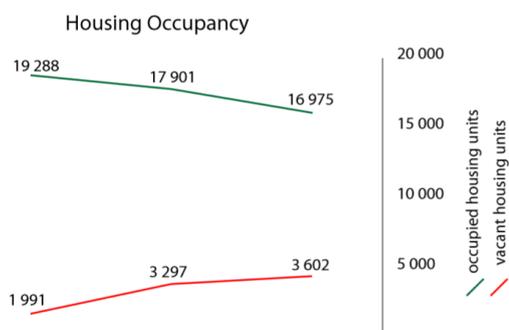


Figura 3: queda na ocupação de residências em Warren decorrente da falta de empregos e causando a migração urbana. Fonte: acervo pessoal

A cidade de Warren se conveniu com a Parsons através de uma ONG local chamada TNP (Trumbull Neighborhood Partnership), cuja missão é combater os efeitos negativos da crise setorial que ainda são sentidos até hoje na cidade de aproximadamente 40.000 habitantes, como a deterioração sociourbana de bairros com casas abandonadas e lotes desapropriados por conta do êxodo populacional, visto após o início do processo de desindustrialização da região do Rust Belt, ainda não superado. A cidade luta em tentar renovar suas fontes econômicas, diversificando-as.



Figura 4: trabalho de campo em Warren antes da apresentação das propostas de trabalho. Na foto, membros da TNP e da escola Parsons. Fonte: acervo pessoal

O trabalho da TNP é o de restauração urbana. A TNP recebe uma permissão de intervenção do Trumbull Land Bank, banco de terras do condado de Trumbull, que faz a aquisição das propriedades precárias abandonadas. O banco segura as taxas de juros e preços especulativos da terra em acordos governamentais, para que futuros empreendedores comunitários tenham maior oportunidade

de se apropriar da terra e instalar iniciativas de reabilitação dos terrenos e, por conseguinte, das partes do tecido urbano comprometidas pela inadimplência habitacional.

Ajudando as propriedades precárias e terras improdutivas a se tornarem produtivas ou reurbanizadas, instalando hortas comunitárias, playground para crianças e espaços de lazer gerais, a TNP estimula um trabalho comunitário de recuperação sociourbana que integra os membros de uma comunidade através do próprio ato do trabalho e do serviço civil.

Em grande parte, o trabalho é voluntariado, com chamadas nas redes sociais para os eventos coletivos e reuniões comunitárias frequentes para discussão dos eventos do cotidiano que poderiam colaborar para a melhora contínua da saúde sociourbana municipal.



Figura 5: voluntários trabalham na chamada para manutenção coletiva das hortas locais; Warren, Ohio. Fonte: Denise Rising/TNP, 2015

te para a construção e preservação dos laços cotidianos construídos pelos hábitos comuns da vida em vizinhança, além de alavancar novas estratégias de recuperação econômica e social da cidade por iniciativas comunitárias ou grupamentos de pessoas que defendem similares interesses.

Os estudos para trabalhar uma proposta de recuperação socioespecial para Warren se direcionaram para a contenção e prevenção dos efeitos sociourbanos negativos causados pela especulação imobiliária e problemas de gestão na oferta de trabalho e serviços públicos, através do engajamento da comunidade em atividades coletivas como aulas de dança, oficinas de educação continuada, teatro e apresentações artísticas; identificadas perante estudos de demanda com a população.

Como trabalho final da disciplina de urbanismo, os professores pediram à turma que elaborassem uma proposta, por cada grupo, que contemplasse requisitos de recuperação superestrutural para Warren. A proposta elaborada pelo grupo do autor e Pietraroia consistia na reabilitação dessas casas, na zona nordeste da cidade no bairro Garden District, para uso comunitário. Centros ocupados pela comunidade, dinâmicos, difusores de cultura e promoção dos direitos civis, podendo ter o espaço construído adaptado quando o programa fosse outro utilizando-se de materiais construtivos com elevada taxa de customização, como é o caso de fecha-

Essa dinâmica resulta em uma pon-

mentos em gesso acartonado.

A SIMULAÇÃO

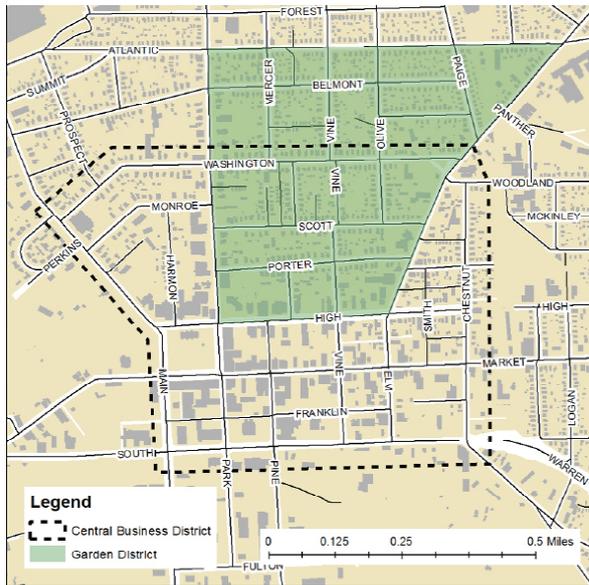


Figura 6: mapa do centro comercial de Warren e em verde, bairro objeto de intervenção, Garden District. Fonte: acervo pessoal

A ideia era a de que os visitantes da exposição dos trabalhos finais da disciplina Estúdio de Design Urbano 4 pudessem conhecer as propostas dos grupos de trabalho através de uma exibição pública. O local escolhido pelos professores foi a Galeria de Arte de Trumbull (TAG), no centro comercial da cidade.



Figura 7: galeria TAG, à direita, olhando norte. Fonte: Google Maps

De forma que o programa de atividades para as Casas Comunitárias fosse flexível em sua organização virtual e espacial, além de incluir a decisão das pessoas que potencialmente ocupariam o espaço, uma casa abandonada foi escolhida como objeto do estudo. A casa foi escolhida também como tipologia exemplo de reabilitação funcional, cuja reabilitação pudesse ser replicada em outras casas abandonadas do bairro Garden District.



Figura 8: casa abandonada da rua Washington, 236. Ao fundo, funcionário da TNP guia o autor deste trabalho pra incursão e reconhecimento da estrutura da casa. Fonte: Pietrarroia, 2015

Para representar a modificação arquitetônica também proposta em conjunto, foi construída uma maquete na escala 1/100 para explicar ao público visitante da exposição na galeria de arte, detalhes arquitetônicos pertencentes à flexibilidade organizacional do programa proposto: liberação de espaço interno e organização com fechamentos de materiais práticos, como o já citado gesso acartonado, ou

como placas cimentícias, ante o sistema construtivo “stud and joist” de madeira pilar e coluna em série já presente na casa, portantes.

Placas de foam (isopor com duas lâminas de papel coladas nas extremidades) foram dimensionadas, em escala, para simular as peças de parede que estariam distribuídas no stand para serem montadas ou desmontadas a gosto. Eixos pequenos e finos de madeira pinus (material vendido em lojas dedicadas de arte americanas como a Utrecht) foram posicionados na maquete. Sua estrutura de vigas e pilares mestres foi reproduzida com fidelidade à planta baixa trabalhada para servirem de pontos de referência da articulação dos fechamentos.

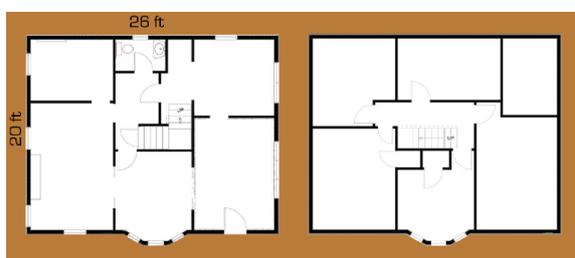


Figura 9: planta-baixa trabalhada nos estudos preliminares da casa 236 Washington; mesmo que o layout interno não tenha a mesma dimensão ao longo de todos os seus eixos, os pilares de madeira estão alinhados em similares distâncias e ritmados, o que permitiu prever fechamentos modificáveis sem perda de espaço por conta de uma possível estrutura inflexível. Fonte: TNP

Para a casa abrigar programas que a comunidade imediata do noroeste da cidade identificassem como desejáveis, foram realizadas viagens entre Nova Iorque e Warren durante o primeiro semestre de aula de 2015, que antecederam a

banca final de apresentação dos trabalhos. Durante essas viagens de diagnóstico do caso Warren, processos prévios de conversa entre os estudantes da disciplina de urbanismo e comunidade local foram realizados.

Os moradores participavam de dinâmicas em grupo e jogos lúdicos com a equipe da disciplina de urbanismo a fim de que os estudantes da Parsons, incluindo o autor e Pietraroia, pudessem coletar, ao mesmo tempo das dinâmicas, dados sensíveis inerentes à recuperação da memória da cidade e à uma proposta inclusiva de desenvolvimento de novos potenciais valores coletivos nas Casas Comunitárias.



Figura 10: jogo da memória de Warren: jogado desenvolvido em sala por da Silva e Pietraroia para engajar a comunidade nas práticas de elaboração dos possíveis programas para a Casa Comunitária. Fonte: Erik Yamamoto

Foi idealizada na maquete uma estrutura de encaixes entre pilares e paredes onde, no ato de demolição da casa abandonada – trabalho frequente da TNP pela

cidade de Warren (PIETRAROIA, 2017) – fosse mantido somente os pilares mestres da estrutura, já que conformavam os pontos estruturais simétricos e estratégicos de equilíbrio e dimensão da casa. Canaletas em forma de “U” foram cortadas e postas na maquete para simular eixos verticais por onde as placas de parede poderiam correr. O visitante da exposição podia então interagir com a pilha de tipos de peças disponíveis, pré-fabricadas, para desse dispositivo. Além das paredes e lajes de isopor e pilares de pinus, foram cortados à mão pedaços de papelão que simulavam mobiliário, a partir da forma abstrata dos cortes, sem nenhum significado ou regra para uso das peças. As peças abstratas de mobiliário também foram disponibilizadas em quantidade. A ideia de mobiliário era atribuída pelas pessoas na manipulação dos pedaços de papelão.

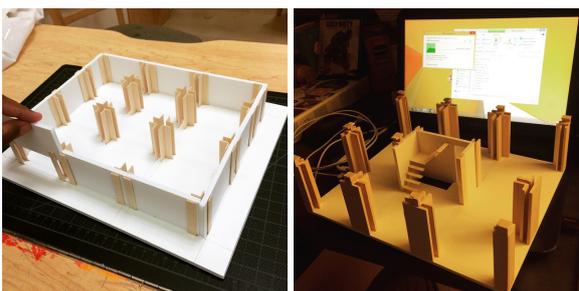


Figura 11: maquete processual da Casa Comunitária à esquerda e maquete para apresentação ao público à direita. Fonte: acervo pessoal (2015)

As pessoas que visitavam a exposição do e Pietraroia demonstraram curiosidade com a forma com que o programa foi apresentado. Pode-se assumir

que, para além da aparência estética do acabamento e dos materiais usados, a ideia de um elemento manipulável que podia ser montado e desmontado, que através de uma conexão subconsciente entre forma e significado, os pedaços de papelão e de foam que foram cortados para parecerem mobília e vedação eram encaixados na maquete de acordo com a estética da ambiência que pessoalmente os visitantes gostariam de ver. Era um primeiro resultado positivo de interação entre o público alvo e o design do ambiente construído para própria utilização.

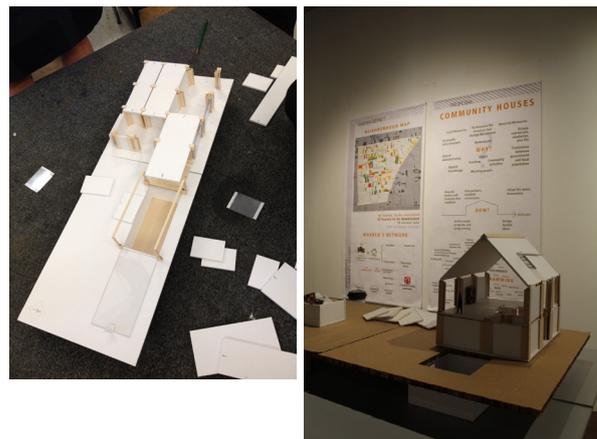


Figura 12: maquete processual da Casa Comunitária à esquerda em sala de aula e maquete final na galeria TAG, à direita. Fonte: acervo pessoal (2015)

A regra do jogo era simples: que o visitante montasse a casa comunitária que gostaria de ver em sua comunidade. Ao invés de entregar ao usuário soluções prontas e não modificáveis, para explorar o conceito de composição espacial didaticamente, foi elaborado uma estrutura mínima fixa representando a real, com a possibilidade de inserção ou retirada de

paredes e lajes para a formação dos novos espaços. Os pilares eram a estrutura fixa suporte. As pranchas de papelão de 20mm com filetes internos foram compradas e cortadas com estilete, em cubos, na escala 1/100 para a simulação dos pequenos móveis.



Figura 13: crianças montam a tipologia da Casa Comunitária. Fonte: acervo pessoal (2015)



Figura 14: maquete final no dia da exposição; móveis de papelão ao centro. Fonte: acervo pessoal (2015)

Os cidadãos participantes da dinâmica construíram a forma das casas e depois discutiram a viabilidade e o impacto dos programas selecionados, que eram identificados pela composição mobiliária na maquete montável. A maquete não foi a finalidade no processo de design, mas

o meio. Crianças, adultos e idosos conseguiram assimilar a mensagem do design proposto, de ser flexível na sua abordagem e inclusivo na operação compositiva de um espaço cultural coletivo. Todos conseguiram interagir com a maquete de acordo com o sistema de coordenação modular criado para as peças se moverem e regras fáceis de encaixe.



Figura 15: equipe da Parsons School of Design designada para Warren, reunida com cidadãos e professores ao final das apresentações na galeria TAG. Fonte: acervo pessoal (2015)

A equipe da disciplina Estúdio de Design Urbano 4 retornou à Cidade de Nova Iorque na mesma semana da realização da exposição dos trabalhos. A lição para o autor deste trabalho final de graduação foi explícita: o significado de design vale mais quando o próprio usuário atribui uso e significado a ele. Um sistema construtivo customizável, para a maquete, havia sido indiretamente aplicado, como resposta à uma necessidade de alcance popular da proposta final do design da Casa Comunitária.

Trabalhar com as pessoas na escala microlocal é importante para a ma-

nutrição e saúde de um microsistema social e da vizinhança, onde as particularidades das pessoas realmente aparecem e, por consequência, suas necessidades (Kapp, 2012). A viagem também colaborou para a apreciação de novos elementos, componentes e métodos construtivos praticados na cultura americana popularmente, que não no Brasil, como a pré-fabricação e venda de peças de madeira para a autoconstrução em lojas dedicadas ao setor construtivo madeiriço, como a Home Depot (Depósito da Casa), vendendo por exemplo pilares e vigas para a autoconstrução por preço de varejo (MRSP).

3 A PRODUÇÃO DA HABITACAO UNIFAMILIAR HOJE

A TERRA COMO CONDIÇÃO DO MORAR

A sociedade não consegue escapar de sua realidade, de um mundo capitalista onde não dá para viver sem o capital. No mundo capitalista, a produção habitacional é fundamentalmente ditada pelas grandes empreendedoras imobiliárias e incorporadoras. A questão é que todos os níveis - federal, estadual e municipal - se espelham na vontade de lucro desses empreendedores (MACIEL, 2013). Esse é o primeiro travamento para uma maior autonomia das pessoas decidirem como vão viver. As ideias e métodos de transformação do espaço só são possíveis de serem implementados com o patrocínio da liberdade de criação. Métodos resistentes à mutação de gestão e gerência do espaço originam produtos com deficiências da mesma natureza.

Não parece haver distinção, a princípio, entre setor público e privado nessa discussão, pois ambos interagem entre si em alguma etapa de um desenvolvimento habitacional. Trabalham em parcerias para atingir objetivos similares, além de que o setor público depende do setor privado para financiar seus inves-

timentos, e o setor privado precisa da chancela, ou do "bater do martelo" da liberação legal pública para investimento no parcelamentos municipais da terra. Com esforço, podemos identificar por quais setores as esferas interagem em união, de forma a contribuir para o engessamento do controle do cidadão sobre sua própria forma de morar.

O conjunto da legislação e parâmetros urbanísticos é, de acordo com Kapp (2012), o instrumento mais importante para guiar a composição urbana a longo prazo. Podem, porém, tornarem-se instrumento de rigidez para a criação e uso inteligente do espaço através de novas abordagens para uso do solo - de forma menos individual e mais aberta em contexto de vizinhança (possibilidade de mudança do espaço físico de acordo com os costumes de uma determinada cultura). Se mal interpretadas, ou seja, vistas como um obstáculo e não como um conjunto de dados a serem obtidos para a produção de uma obra saudável ao cidadão (Parvin & Reeve, 2016), segura e confortável, podem prejudicar esse processo de mudança.

As comunidades têm necessidade e direito de transitar pelo espaço físico da federação, mas este acesso é bloqueado por diversas barreiras que não são físicas. As leis, por constituírem um jogo de regras e formatos de ocupação da terra, podem não se atualizar à natureza da necessidade dos habitantes da cidade, em especial em tempos de mudanças exponenciais do

panorama socioeconômico (migração urbana crescente e modificação do perfil social em detrimento da qualidade de vida).

As zonas planejam, a nível municipal, como um espaço deve crescer – em conjunto aos mínimos requisitos técnicos que uma obra deve apresentar de acordo com o corpo técnico elaborador da proposta e exigências federais, em auxílio do Plano Diretor Municipal. São apresentados como os norteadores de um planejamento urbano sustentável e justo. No entanto, reuniões deliberativas sobre o futuro da cidade, organizadas entre conselho municipal e população sofrem, já de antemão, interferências de lobbistas do setor imobiliário, detentor do lucro, provocando a retenção da terra urbana e bloqueando o acesso delas à famílias. (Kapp, 2012).

A lógica de influência do setor público no setor imobiliário se identifica com a lógica de loteamento e parcelamento nas cidades (Kapp, 2012). Esses dois últimos são realizados por empreendimentos privados que visam mais lucro do que o conforto do cidadão, em conjunto com gestões públicas que auxiliam na flexibilização de regras para os processos de licitação fundiária. Outros lugares mais distantes na cidade tem de ser procurados para morar, muitas das vezes desprovidos de infraestrutura urbana, serviços e trabalho adequados a uma vida digna (Parvin & Reeve, 2016).

Estes locais podem não oferecer a infraestrutura que centros e subcentros

conferem em termos de serviços e atendimentos essenciais como escolas e hospitais. Na periferia, normalmente não há empregos, o que causa a situação de cidades-dormitório, onde os bairros mais afastados são desenvolvidos por incorporadoras e empreiteiras do setor da construção civil sem levar em conta as dificuldades de acessibilidade a serviços que os moradores poderão ter. A opinião e vontade pública são então, relegadas a segundo plano (Kapp, 2012).

Os custos pelo do empobrecimento da qualidade de vida das populações marginalizadas socioespacialmente não são sentidos pela iniciativa privada neste caso, mas são refletidos com o passar do tempo na própria qualidade de vida dos indivíduos marginalizados, como a desigualdade social, empregos de baixa qualidade pela distância do posto de trabalho e a residência, infelicidade pessoal e sensação de isolamento. Contrariavelmente, a falta do investimento em um planejamento urbano sustentável pode provocar uma stagnação da economia (Parvin & Reeve, 2016).

Pode-se verificar que o acesso à terra para construir é demasiado dificultado pelas circunstâncias especulativas de mercado associadas à gestões públicas. Isso torna o morar para a classe média baixa e trabalhadora mais dificultado. Verifica-se precedente a busca por alternativas no campo imobiliário que visem desonerar o usuário.

INFLEXIBILIDADE DO ESPAÇO CONSTRUÍDO E A TIPOLOGIA

Para Kapp (2012), existe uma outra tendência a que os empreendimentos imobiliários seguem: a preferência pela verticalização do espaço construído. Isso porque o lucro obtido pelas construtoras está aí no arranjo racionalizante das diretrizes de uso e ocupação do solo, de modo que a construção final seja produto da máxima capacidade de adensamento, não atentando às necessidades de conforto do usuário final por propostas de layout inflexíveis e não-adaptáveis às mudanças de modo de vida de uma população específica (MACIEL, 2013).

Para tentar melhorar sua imagem perante às críticas sociais nesse tipo de construção, normalmente, empreendedoras imobiliárias, conhecidas por prezarem pelo retorno do investimento, lançam mão da obra-estojo, teoria de Kapp (2007) para explicar as tipologias vendidas como cópias de soluções que julgam ser adaptáveis a qualquer cidadão, muitas das vezes inseridas em uma área total construída pequena.

Um exemplo é a chamada planta flexível: plantas-baixas prontas em banco de dados que permitem o comprador de um imóvel escolher a variação de layout interno e modificar sua residência. Estratégia, porém, restrita, que não reflete a liberdade de escolha real, mas opções previamente concebidas e entregues ao comprador como possibilidade de es-

colha. O resultado final é uma frustração do morador, que não se identifica com o problema adquirido no ato da compra mas anos a seguir, o que compromete sua qualidade de vida (PARVIN & REEVE, 2016).

O cidadão nessa perspectiva tem a falsa sensação de poder optar pelo seu modo de viver, pois a sensação de bem-estar na escolha do modelo do seu apartamento, ou até mesmo da casa, a área construída é pequena e padronizada, em virtude do lucro pela rápida execução do imóvel para vendas imediatas. Engenheiros e arquitetos que trabalham nessas construtoras têm o papel secundário de manipuladores de arranjos, em acordo com as máximas possibilidades das leis urbanas vigentes (MACIEL, 2013).



Figura 16: tipologias de plantas consideradas como flexíveis: o mesmo estojó (48m²); venda de tipologias baseadas em padrões de consumo do cidadão, utilizando de escassa flexibilidade espacial e participação do usuário no processo de tomada de decisão do modo de morar. "Aparência de novidade, mas o mesmo de sempre" (Maciel, 2013). Fonte: CRB Construtora

Quando o poder público assume a liderança de investimentos em habitação, surgem outros modos inflexíveis de produção do espaço e de não-autonomia real por parte do usuário, como é o caso das residências unifamiliares implantadas pelo programa Minha Casa Minha Vida, programa de habitação popular lançado pelo Governo Federal em 2009.

O PMCMV tem como missão o financiamento de residências unifamiliares, que atende famílias com renda até R\$ 1800,00, podendo chegar até um limite de R\$ 2350,00 (PMCMV, 2009). O fornecimento é concedido mediante constatação socioeconômica condicionante aos critérios de renda. Essas casas são destinadas a implantação nas zonas habitacionais de interesse social das cidades. Identifica-se aí um potencial perigo de marginalização da população por causa da implantação desses empreendimentos, tercerizados por processos de licitação de execução de obra organizados pelo governo.

As legislações urbanas tem papel essencial nessa situação: o de definir e disciplinar a constituição, do urbana durante os anos a seguir (KAPP, 2012). Isso significa a responsabilidade do poder municipal de, através do plano diretor, condicionar as áreas para desenvolvimento de interesse social, conhecidas como ZEIS (Zona Especial de Interesse Social), em áreas urbanas com boa condição de infraestrutura local e acesso facilitado dos cidadãos a serviços de atendimento básico, de consumo e empregos. Contudo, as áreas

escolhidas pelos municípios, designadas para o desenvolvimento deste tipo de empreendimento nem sempre comportam esses parâmetros, necessários para a produção sustentável de um espaço urbano com menos desigualdade social e mais integração entre as pessoas.

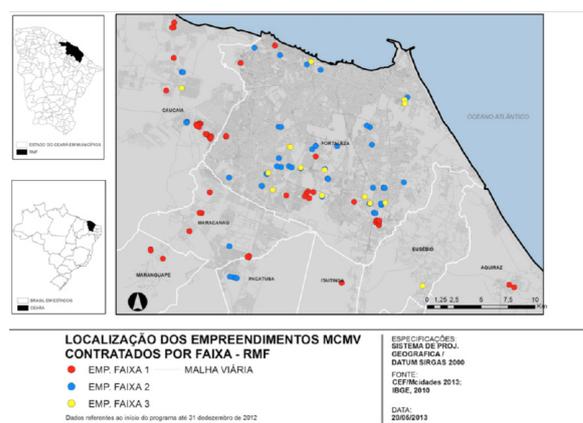


Figura 17: exemplo da faixa 1 (famílias que recebem até R\$ 1800,00) do PMCMV, na Região Metropolitana de Fortaleza. As faixas maiores habitam regiões mais próximas do centro urbano, onde existe maior oferta de serviços e empregos. Fonte: Pequeno & Rosa (2015)

No que tange o aspecto construtivo das casas, a mesma deficiência de inflexibilidade e possibilidade de adaptação é encontrada. Uma mesma tipologia habitacional é implementada pelas construtoras parceiras ao PMCMV.

A monotonia e precariedade espacial de uma residência neste caso é empregada junto com a repetição e a serialização dessas tipologias, como forma de recuperar os custos com a implantação do projeto. Parvin & Reeve (2016) argumentam que o setor do cidadão é o mais apto a entender melhor suas necessidades e da vizinhança do que as esferas que estão

mais distantes dele.

A negligência desse setor pelo mercado imobiliário vem da capacidade limitada do modelo de negócio que o mercado pratica, que não arca com o ônus de um microsistema socialmente falido pelas suas condicionantes espaciais.



Figura 18: casas tipo Minha Casa Minha Vida. A monotonia da solução infraestrutural empregada e a segregação de localização inviabilizam alterações e promovem a desigualdade social. Fonte: Ministério do Planejamento

A exploração de estratégias inclusivas de gestão e gerência da produção habitacional, menos onerosas social e economicamente ao cidadão e mais práticas com as necessidades específicas, de região e cultura, das pessoas, se torna prioridade, de forma a incentivar o apoio à produção autônoma (KAPP, 2012). De acordo com Maciel (2013):

“Uma flexibilidade mais radical se realizaria se os empreendimentos fossem de fato customizáveis, entendidos como infraestruturas de suporte, com as áreas molhadas, instalações, estruturas e aberturas pensadas dentro de uma lógica de coordenação modular que pudessem ser ocupadas por seus usuários finais com os materiais de acabamento e a disposição espacial desejados, sem a necessidade de demolições em edificações recém-construídas, como se faz usualmente.” (Vitruvius. Arqtextos: 163.00. 2013)

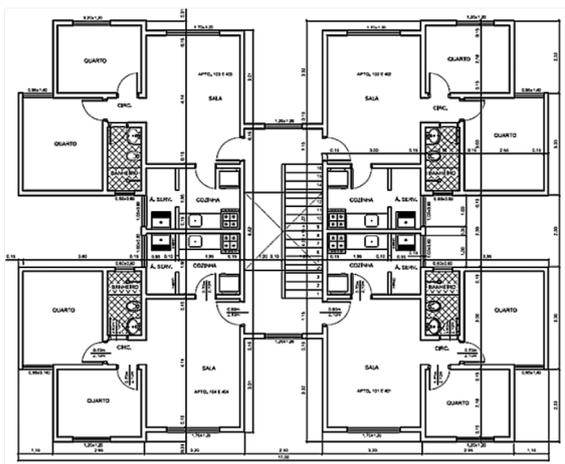


Figura 19: planta-baixa tipo de apartamentos financiáveis de 42m², disponibilizada pela cartilha MCMV da Caixa Econômica Federal para replicação pelos empreendedores interessados; lógica simples do espelhamento das plantas para um mesmo andar, além de espaços internos hierarquizados evidenciam o comprometimento de qualidades desejáveis na habitação como fluxo e espacialidade. Fonte: cartilha Caixa PMCMV

4 O DESIGN OPEN SOURCE

DO MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY PARA O MUNDO

O crescente interesse geral pela pré-fabricação após os anos 1990, aliado ao cenário global de popularização gradual dos meios de comunicação de ponta como a internet e o celular, foi território para o desenvolvimento de diversas ferramentas aplicadas a métodos inteligentes de manufatura e cadeia de distribuição de produtos, culminando em uma revolução digital dos meios de produção, estabelecendo as bases de união entre desenho (design) e produto (BERGDOLL, 2008).

O estágio anterior industrial (3ª Revolução Industrial até os anos 1980) dessa produção, já digital mas ainda centralizada, linear e pouco computadorizada seria superado pelo que Parvin & Reeve (2016) descrevem como o início da Quarta Revolução Industrial (pós anos 1990), marcada pela descentralização da produção de um objeto único, possibilidade de manipulação e oferta de produtos adaptados e específicos em tempo real e o compartilhamento de dados da cadeia de produção, desde projeto até produto final. Além disso, a premissa principal é a de que o produto dessa revolução fosse

exclusivamente empregado a serviço do cidadão.

De acordo com Gershenfeld (2012), tudo começa no Massachusetts Institute of Technology, em 1952, quando pesquisadores do MIT conectaram uma fresadora industrial a um computador. Esta foi a primeira versão de uma máquina industrial a ser comandada por dados binários de software. A partir dessa empreitada, várias outras máquinas de oficina da mesma natureza foram conectadas ao computador, como parafusadeiras elétricas.

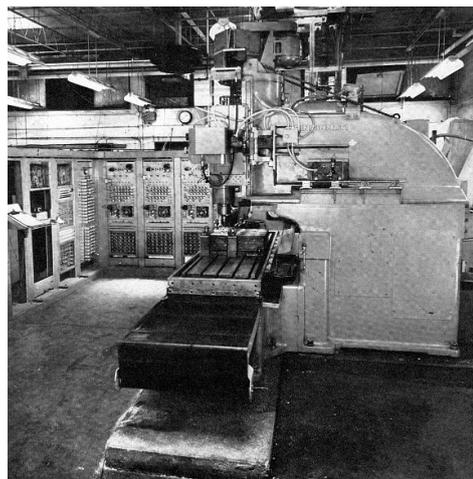


Figura 20: máquina de fresa industrial de 1952 americana; ligada a uma mesa que se movimentava por eixos com três graus de liberdade (X,Y e Z) por processo manual, o software do computador da época era capaz de orientar o processo de desbaste do material movimentando os eixos da mesa com os comandos 0 e 1 (binários), por comandos da linguagem de programação do computador e comando do usuário usados como interface.

Dessa forma, o software criado como interface entre usuário e máquina simplificava etapas da produção onde o trabalho braçal era de delicado emprego, produzindo detalhes em peças com detal-

hes bem acabados, em exata acordância com a demanda e algoritmos.



Figura 21: cinzeiro; peça pioneira do processo de fabricação informatizado; fabricada pelo processo fabril de subtração de material, em um teste de 1959. Fonte: OCW-MIT

Em 2001, uma reunião interdisciplinar, envolvendo professores, alunos e pesquisadores do MIT em um porão do edifício E14 organizava-se quase que espontaneamente em torno de um objetivo: brainstormings e trabalhos manuais em oficina contínuos, com vistas à formulação de um novo conceito de fabricação industrial, no contexto da nova era (da informação), que era observada a caminho pelo professor Neil Gershenfeld; fabricação essa inserida em um contexto de colaboração entre os membros da reunião, admitindo padrões de produção em cadeia e teste exaustivos, em tempo real.

O porão ficaria, segundo Ratti & Claudel (2013), ocupado todas as horas do dia com pessoas produzindo e fazendo testes continuamente, com auxílio de ferramentas informatizadas e de design paramétrico, no que se tornaria um novo

modelo, padrão, de prática fabril manufaturada em série: a **fabricação digital**. Para Alemany & Sousa (2003), **design paramétrico** é aquele que “representa uma intenção de design, através de uma série de operações associativas, controladas por regras e parâmetros”.

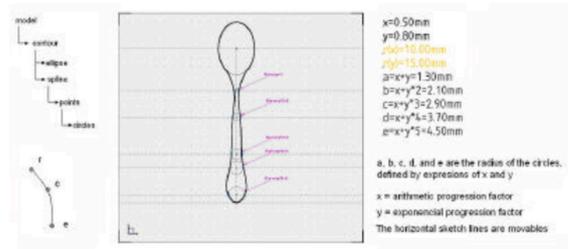


Figura 22 (set): experimento de usinagem metalúrgica com colheres; diferentes entre si e fabricadas em série, através de um projeto paramétrico; manipulação digital padronizando eixos e customizando proporções.

Fonte: Alemany & Sousa (2003)

O professor Gershenfeld, líder dos experimentos, se preocupava com o possível impacto limitado de tal prática, se caso escondido seu potencial de fabricação digital customizada em massa, de potencial benéfico para a sociedade, ao fornecer produtos e soluções customizáveis para qualquer um e por qualquer um (RATTI & CLAUDEL, 2013). Gershenfeld acreditava que tal tecnologia deveria ser aberta e livre.

DESIGN DIGITAL: A FABRICAÇÃO E A FÁBRICA

Segundo Gershenfeld (2012), “a fabricação digital é muito mais do que simplesmente impressão 3D [e outras operações maquinárias]. Ela consistiria na capacidade de transformar coisas em dados, e dados em coisas”. A força da fabricação digital estaria não no seu aspecto técnico, mas no aspecto social da abordagem de sua finalidade. Em suma, ela instigaria mais tarde a união de um ciclo colaborativo de atuantes em torno de uma economia do conhecimento, praticada para a ampla divulgação dos meios e métodos de produção customizada de massa, de produtos para e pelo o setor da pessoa física, do cidadão; uma inversão de valores, como pode ser visto no ensaio de Bourdieu (1974) sobre estética, em “A Alta Costura e a Alta Sociedade”.

Essa inversão (ou subversão) consiste na substituição da gestão de produção manufaturada chamada **top down**, pela gestão de produção **bottom-up**. Na gestão top down (de cima pra baixo), a administração pública se torna a provedora de investimentos para a implementação de Fab Labs públicos, que, pela norma da lógica de liberdade e abertura da produção, devem ser usados sem custos pela população, sejam como hubs de inovação públicos em instituições de ensino e locais patrocinados pelos governos através de decretos legislativos, sejam oficinas fora

da lógica pública, mas que disponibilizem parcela do seu tempo administrativo para uso público.

Um exemplo de fábrica digital pública, ou Fab Lab, é a rede de laboratórios FAB LAB Livre SP, em São Paulo, fruto da parceria entre a Secretaria Municipal de Inovação e Tecnologia da Prefeitura Municipal de São Paulo e o Instituto de Tecnologia Social (ITS BRASIL). Palestras e cursos são ministrados nas dependências dos laboratórios a fim de preparar o cidadão inexperiente e engajar a população no processo de desenvolvimento de produtos customizados digitalmente.



Figura 23 (set): laboratório digital acima; crianças brincam com carrinhos fabricados no laboratório digital abaixo; Fonte: FAB LAB Livre SP

De acordo com a instituição, os 12 laboratórios espalhados pela cidade são abertos a todas as pessoas que queiram desenvolver, individual ou coletivamente, projetos envolvendo a fabricação digital:

- **de subtração** (eliminando a matéria através de equipamento desbastante

para chegar à forma final ex. fresadoras e cortadores à laser);

- **de adição** (construção do produto através do acréscimo de matéria ex. impressora 3D);
- com maquinário auxiliar industrializado ou informatizado;
- de projetos eletrônicos, tradicionais ou artísticos.

A gestão bottom-up (de baixo para cima) é aquela onde a iniciativa de construção dos Fab Labs partem do setor do cidadão, através de necessidades identificadas em coletivo, como cooperativas comunitárias agindo em conjunto para implementar uma solução infraestrutural de uso local, produzida via Fab Lab (GERSHENFELD, 2012). A produção não serviria à massa se fosse destinada a poucos. Esse é o motivo da ênfase na esfera pública como plataforma legítima e de garantia do funcionamento da filosofia de uma fabricação digital de fonte aberta e livre (open source).

No caso dessa gestão, empresas privadas também podem oferecer serviços de maker (fabricantes), via contratação de serviços do maquinário semelhante ou igual aos disponíveis comumente em uma fábrica digital, porém operando com uma gestão comercial.

Nessa condição, o custo de produção é baseado na demanda e os atores principais desse setor da cadeia produtiva se configuram como makers (fabricantes) enquanto prestadores de serviço, e mak-

erspace (espaço de fabricação)(COSTA & PELLEGRINI, 2017). Um exemplo é a Fábrica Jangada, situada no bairro Carlos Prates em Belo Horizonte, Minas Gerais.



Figura 24: fábrica digital Jangada, em Belo Horizonte. A mesa foi construída pelos próprios donos através da obtenção das plantas na lógica de equipamentos do-it-yourself: versões manufaturadas de equipamentos sofisticados de fabricação, mais caros. Essa prática barateia o custo da ferramenta e aumenta as chances de controle e manutenção sobre o equipamento controlado por computador. Fonte: Fábrica Jangada/Instagram

Em entrevista feita com Rafael Cordeiro, dono do makerspace Fábrica Jangada, que possui um negócio de fabricação digital, afirma que:

- a empresa não opera sob gestão de um Fab Lab. É prestadora autônoma de serviços de corte industrial por processo digital sob demanda (on-demand);
- o cliente deve comprar o material e ter os desenhos de software CAD em

mãos, necessários para direcionar o corte na mesa. São também aceitos arquivos salvos em versão SketchUp 8. A máxima "Do-It-Yourself!" da fabricação autônoma de objetos e ferramentas operacionais (RATTI & CLAUDEL, 2013) influenciou o dono do empreendimento a construir por conta própria uma mesa CNC router, de área útil de corte de 1,6x2,2m;

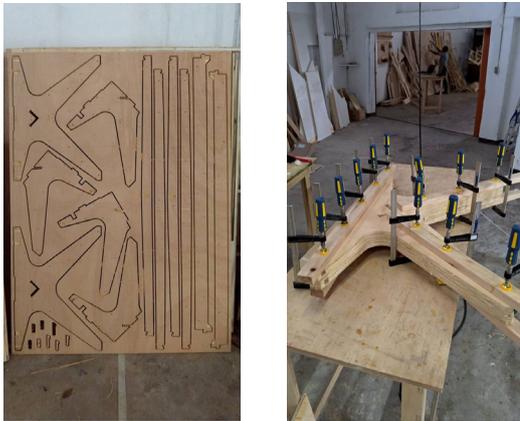


Figura 25: Fábrica Jangada; pós-corte em CNC dos elementos na prancha à esquerda; elementos com cola em espera, formando um componente da mesa; detalhe dos encaixes que possibilitam a montagem da estrutura a partir de lâminas de madeira. Fonte: Fábrica Jangada

- o produto final pode ser acabado na fábrica (polido e tratado com produtos de proteção da madeira em fábrica;
- também vende móveis pré-fabricados digitalmente, de acordo com catálogos e parcerias com designers (hoje fabricam uma cadeira espanhola na fábrica, diz, através do pagamento de 8% de royalties para o dono da criação via licença de propriedade intelectual OpenDesk);

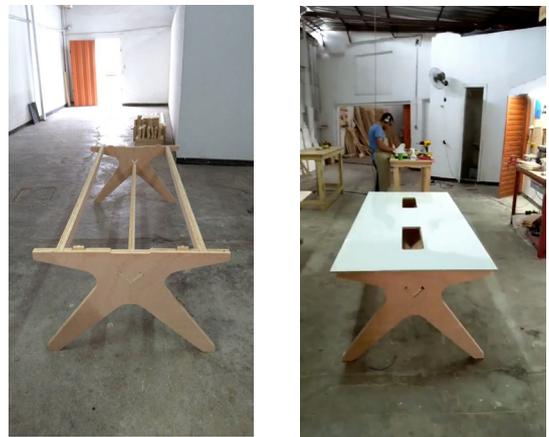


Figura 26: Fábrica Jangada; pós-montagem de componentes da mesa à esquerda e mesa montada à direita. Fonte: Fábrica Jangada

- a proposta para corte deve ser enviada para a fábrica anteriormente ao prazo necessário de entrega do trabalho;
- na data de entrevista (2018), a carga de trabalho que a fábrica tinha mensalmente era a média de 15 a 30 placas de madeira pré-fabricada usinadas por mês (OSB e o compensado);
- o transporte do material pronto para o cliente se dá por carreto, em parceria com a empresa;
- A ética do trabalho na fabricação digital independente comercial é a de que o fabricante divide o lucro com aqueles envolvidos na cadeia de produção. O lucro é dividido com fornecedores das patentes dos objetos (caso seja uma patente estritamente comercial), não permitindo a customização da ideia, ou é conferida taxa gratuita de propriedade intelectual caso o projeto seja derivado de fontes open source,

de disponibilização gratuita;

- trabalham com produtos certificados com as licenças Creative Commons e OpenDesk. Estas plataformas agem como parceiras de garantia da propriedade intelectual do usuário fabricante de determinada ideia ou produto, ante uma disponibilização irrestrita. As licenças OpenDesk tem viés estritamente comercial, enquanto as licenças Creative Commons (ONG sem fins lucrativos) visa proteger a propriedade intelectual do cidadão comum. O funcionamento das licenças para a fabricação digital se baseia na ideia de “alguns direitos reservados, não todos” (Creative Commons Organization). As licenças são a plataforma digital de autorização da manipulação do design de massa por terceiros.

No Brasil, 31 Fab Labs são homologados na organização internacional de fabricação digital, Fab Foundation, do total de 973 no mundo (COSTA & PELLEGRINI, 2017).

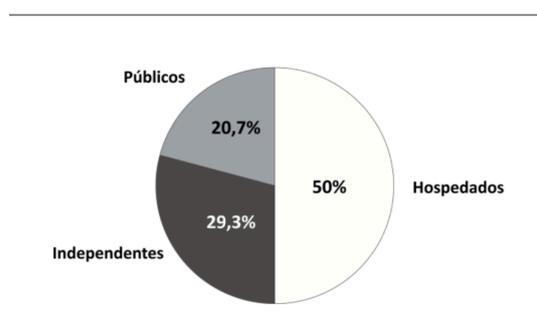


Figura 27: porcentagem da distribuição de fab labs totais no Brasil de acordo com seus métodos de trabalho. Fonte: Costa & Pellegrini, 2017

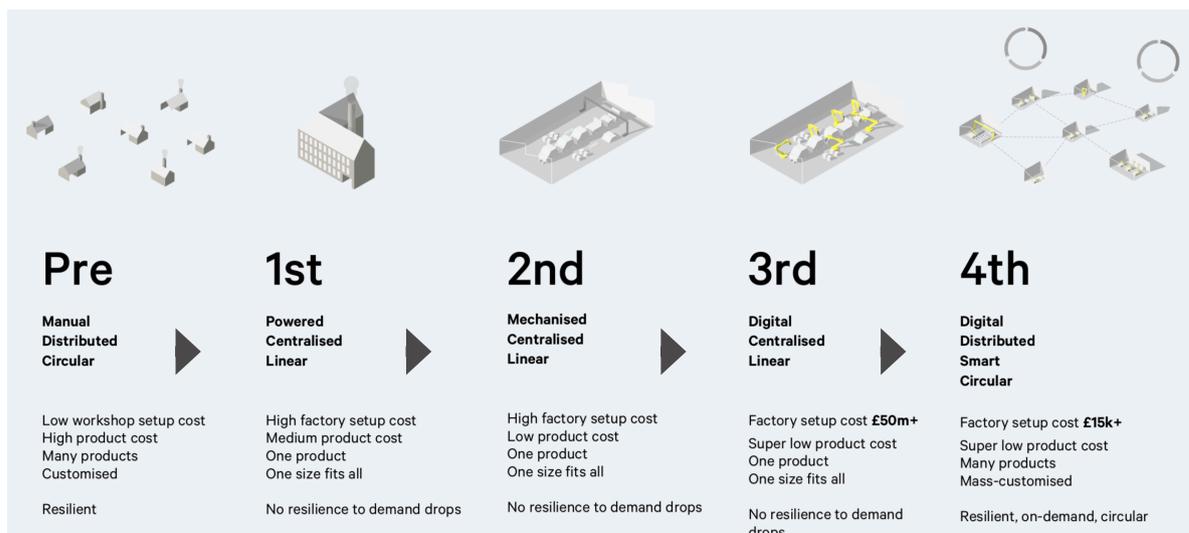
Os equipamentos mais comuns encontrados em uma fábrica digital são:

- **fresadora CNC** (ou Computer Numerical Control router) - para desbaste (subtração) do material a ser cortado. São controlados por comandos de software, com dois ou três graus de liberdade (eixos de motor de passo), dependendo da natureza de construção do equipamento. A máquina possui uma mesa de trabalho onde se encaixa o material para ser cortado (a mesa pode ser móvel ou não), seguindo as coordenadas cartesianas que a broca percorre para corte, dentro da lógica de uma matriz virtual em três dimensões, simulada pelo software no computador. Pode ser operada por uma ou mais pessoas e demanda no mínimo um operante, apesar de que o equipamento, ao cortar a madeira, elimina partículas que se acumulam rapidamente na superfície, necessitando de uma segunda pessoa para a limpeza intervalar entre trabalhos de corte; A área de máxima da mesa de corte de uma determinada máquina CNC, ou área útil, é a característica principal da máquina. Ela determina qual a medida máxima, de comprimento e largura, que um material, normalmente laminar, deve ter para ser cortado e não desperdiçá-lo. O material mais comum de trabalho é a prancha de madeira, cortando elementos

que formam componentes através do encaixe;

- **impressora 3D (3D printer)** - para moldar digitalmente objetos em 3D a partir de maquete eletrônica (maquete digital), operando na mesma composição de eixos e mesa de trabalho que uma fresa. O polímero é o material mais usado para a fabricação dos objetos;
- **cortadora à laser (laser cutter): faz** corte e impressão com alta precisão através do raio laser, calculado em sua potência no computador da máquina para cortar diferentes materiais, de papel a metal. A máquina tem uma câmara de vácuo embaixo da mesa superfície, perfurada e de carbono. Isso faz com o material fique estável durante o corte para não haver imprecisão. No caso das CNCs, grampos metálicos podem ser usados para estabilizar as pranchas durante o trabalho mecânico se necessário.

5 A ARQUITETURA ENQUANTO PLATAFORMA INTERDISCIPLINAR



A HABITAÇÃO E O DESIGN NO CONTEXTO DA PRÉ-FABRICAÇÃO

Apesar de a pré-fabricação ter intensa relação durante o período moderno com a arquitetura, a construção de residências a partir de peças fabricadas em oficinas de trabalho manual já era realidade (BERGDOLL, 2008). A partir do século XIX surgem as primeiras gestões de produção colaborativa da habitação na forma de uma cadeia de produção.

O mundo se via submerso na era imperialista, que exigia das maiores potências da época eficiência ao planejar a expansão de suas colônias - como é o caso da Inglaterra em relação a Austrália,

Figura 28: evolução da produção industrial da habitação pré-fabricada através das Revoluções; esquema parte de estudo sobre o déficit habitacional britânico pela Fundação WikiHouse. Fonte: Fundação WikiHouse

e Nova Zelândia. Se baseavam em ganho de tempo ao construir uma habitação, mas também na qualidade e conforto espacial que o design arquitetônico, considerado em nível de patente, poderia antever com a precisão da técnica. Em retorno, obtinham rápida presença em território estrangeiro e suprimento da demanda habitacional. Os colonos ingleses também não se adaptavam aos materiais achados nas colônias e enviavam de barco as peças de madeira já trabalhadas e estocadas na sede. A Inglaterra é considerada pioneira na história da fabricação fora-de-canteiro

da construção civil (SMITH, 2009).

John H. Manning, inglês de Londres e carpinteiro, lançava mão de uma tipologia de habitação em 1833, cuja qual poderia ser montada em um dia pelo próprio dono, a partir de peças fabricadas em **workshops** e montadas com técnicas de encaixe europeias. Pelo diagrama das revoluções industriais, um tipo de espaço confinado específico, destinado a produção manual de cópias multiplicadas de elementos estruturais únicos, ou uma workshop (oficina), pertence à época da **pré-revolução industrial** (figura 20).

A criação de Manning resultou na produção de uma tipologia de chalé. A estrutura autoportante de madeira consistia de uma tesoura triangular unida a pontaletes verticais com entalhes para corrimento das placas das paredes. Esse pórtico criado era repetido ao longo de um eixo longitudinal, para dar a residência profundidade e área. Quanto mais pórticos repetidos, distanciados entre si por medidas padronizadas, mais área total a estrutura base podia conferir.

Não haviam restrições quanto ao local de implantação e a construção poderia se dar de forma autônoma ou com a ajuda de poucas pessoas para montagem. (SMITH, 2009).

Mais tarde, essa técnica ganhou adaptação para versões mais aprimoradas e simplificadas de construir com madeira nos Estados Unidos, como o Balloon Frame e o sistema plataforma (BERGDOLL, 2008).

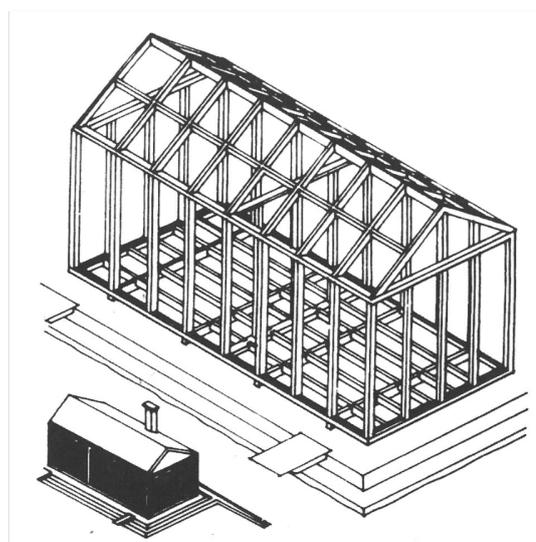


Figura 29: o chalé de John. H. Manning; estrutura porticada, com espaçamento para vedação móvel e repetição ordenada dos elementos estruturais, proporcionando a área total interna necessária. Fonte: Smith (2009)

Após o advento da primeira revolução industrial, arquitetos modernos do início do século XX viram potencial de resolução da crise habitacional pós-primeira guerra mundial na indústria, tendência que novamente surgiria após a segunda guerra mundial. O potencial visto estava especialmente no modelo das linhas de produção Fordistas e Tayloristas de fabricação em série de peças e elementos do carro que, uma vez montado, configurava o objeto todo, pronto. O discurso, impulsionado pela Bauhaus - escola de design experimental fundada em 1919 - era o da aproximação da indústria com o arquiteto, em termos de experimentar novos materiais e técnicas. Em termos do campo, o discurso auxiliava na busca de soluções alternativas para a produção habitacional de massa através do potencial da capacidade de trabalho das linhas de produção.

De acordo com Bergdoll (2008): “O discurso da arquitetura pré-fabricada está associado à mudança de percepções e atitudes e alteração fundamental da relação do arquiteto com a produção e o cliente”.

Em um segundo momento, a aproximação do arquiteto com a indústria, teria reduzido sua escala de trabalho (BERGDOLL, 2008), agora preocupado não somente com a projeção do espaço, mas com seus elementos constitutivos, em suas menores partes.



Figura 30: Casa Eames; foco para o pé direito duplo e vãos livres leves, possíveis pela boa resistência à tração do aço. Fonte: ArchDaily

A capacidade de flexibilidade de arranjo do espaço habitacional e a liberdade de escolha que os materiais pré-fabricados para a construção fornecem, fomentaram a criatividade de Charles e Ray Eames, casal de arquitetos modernistas. O casal projetou a própria casa (a Casa Eames), a partir de estudos próprios, intitulados CSH ou Case Study House. (Casas Caso de Estudo).

O contexto era do pós-ségunda

guerra, em 1949. A indústria de manufatura ganhava força, especialmente pelas demandas de reconstrução das cidades devastadas pela guerra e o alavancamento do consumo de massa de bens e produtos industrializados (FONYAT, 2013). A oferta de possibilidade de incorporação de materiais pré-fabricados, vendidos acessivelmente pela indústria de manufatura para a construção civil como o aço e alumínio, eram estimuladores do imaginário do arquiteto.

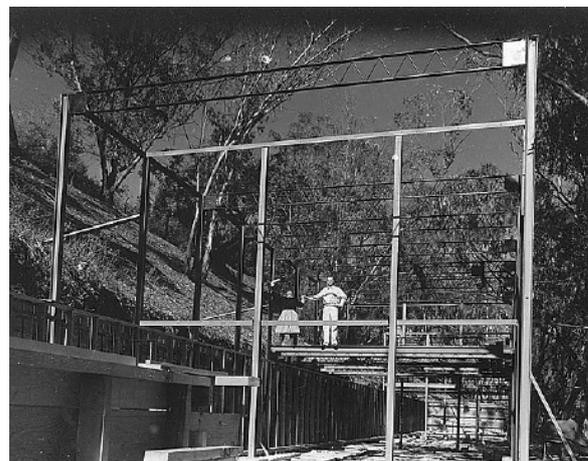


Figura 31: Ray e Charles Eames, durante a fase de construção da residência Eames; grandes pórticos esbeltos em plano. Fonte: ArchDaily

Com essa alternativa, ganharam tempo na execução: 11,5 toneladas de aço foram montadas em um dia e meio com a ajuda de 90 pessoas. Murtinho (2016) alega que a agilidade do calendário de obras foi conferida graças à coordenação modular dos componentes construtivos em planta, possíveis pelo alto valor industrial agregado ao detalhe (do encaixe das peças), estratégico para uma montagem ordenada.

O objetivo era de que a construção fosse dividida entre dois espaços, um para o escritório e outro para a moradia. Foram separados em dois blocos, alinhados longitudinalmente por um eixo de referência. E que se adaptasse ao lote, não prejudicando a harmonia da futura residência com o entorno arborizado. A necessidade de leveza da obra, de materiais e como seus componentes eram alocados, foi atendida por conta da utilização de materiais importantes para a indústria do design da época, como o alumínio e o aço. Permitiram, que planos retilíneos de fechamentos fossem modulados de forma a compor uma paginação e layout naturais vistos nas fachadas e em plantas.



Figura 32: Casa Eames: elevação dos dois blocos; à esquerda, moradia; à direita, estúdio. Fonte: Murtinho (2016)



Figura 33: Elevação dos dois blocos; à esquerda, moradia; à direita, estúdio. Fonte: Murtinho (2016)

Em alusão aos empreendimentos imobiliários e financiamentos hostis ao cidadão, o casal afirmava que, segundo Murtinho (2016), um lar não seria produ-

to de uma mera projeção espacial, mas de uma composição espacial de objetos que formem a ponte de identificação da casa com o habitante. A indústria, nesse escopo, se tornava potencial patrocinadora de uma produção mais autônoma e customizada da habitação, fornecendo os elementos e componentes necessários. (MURTINHO, 2016).



Figura 34: Interior da Casa: ambiente grande aconchegante; donos alegavam que recebiam presentes de amigos e os guardavam dentro da casa como parte da mobília (Eames Foundation). Fonte: ArchDaily

Fonyat (2013) atribuiria a essa relação integrada e colaborativa entre usuário, profissional e produto final o título de **ciclo aberto**, onde a customização de uma obra se vê facilitada pelos processos de fabricação industrial e entendimento profissional de ambas as partes envolvidas, desde o projeto até a fabricação ou montagem. produzindo produtos para atender necessidades específicas, com alto desempenho e possibilidade de intercambialização entre as peças pré-fabricadas. Diferente do **ciclo fechado**, gestão da produção industrial menos flexível, por

exemplo, na conexão entre peças e elementos de diferentes fabricantes da construção civil.

Os benefícios para o cidadão ao optarem por trabalhar com produtos do ciclo aberto da cadeia produtiva (ex. tubos de PVC da Tigre em união a conexões de PVC da Amanco) relação ao fechado seriam a simplificação das etapas de produção de uma obra e maior controle de qualidade. Uma variante, de gestão e gerência abertos, seria o **ciclo flexibilizado**, nascido das linhas de montagem da Toyota nos anos 60, cuja visão de seu inventor, Taiichi Ohno é a redução da produção de resíduos, bem como sua correta destinação, pela linha de produção industrial. Esse processo, durante suas observações andando pelas linhas de produção japonesas, foi concebido com o caráter de uma produção controlada onde, identificada a demanda do consumidor, a linha de produção produziria somente a quantidade solicitada – **produção enxuta** (ou Lean Production) – ao invés do sucesso, mas desperdício, das linhas de produção antecessoras, ao estocar o produto em ritmo de produção sem fim. Flexibilizado pois estaria na concepção do projeto do produto final, também a capacidade de alteração, de quaisquer stakeholders envolvidos, da maneira como o objeto é manufaturado, otimizando o uso dos recursos da produção a qualquer momento (FONYAT, 2013).

Ao longo da segunda metade do século XX, os arquitetos trabalharam

conectados ao design industrial. A vontade de representação modernista através do detalhe, associada a uma produção em massa destes produtos, causaria um boom de ofertas de produtos para diferentes gostos e necessidades, com a marca autoral do arquiteto. Novamente, surge o arquiteto enquanto detentor de uma tipologia patenteada. Essa conexão se deu pelas mesmas vantagens vistas que os materiais pré-fabricados ofereciam, entretanto aqui, valorizando também a manipulação da forma.



Figura 35: Cadeira Side Chair; versão customizada de metal à esquerda; versão patente original de entrada no concurso de design do MoMA à direita. Fonte: MoMA

Charles Eames e Eero Saarinen projetaram juntos, para participar de um concurso no Museu Modern of Art em 1940, a Side Chair, cadeira de madeira moldada que era constituída, ao mesmo tempo, de diferentes materiais advindos da indústria da pré-fabricação industrial, como o alumínio, compensado e arremates de polímeros variados. Com a aliança entre arquiteto e design através da indústria, pode-se inferir que a lógica profissional

aplicada de Manning, Charles e Ray Eames dizem algo em comum: o lado desenvolvedor e interdisciplinar do arquiteto e da arquitetura.

Ainda que Manning tenha sido considerado como apenas inventor, sua contribuição, porém, para a construção civil, ao idealizar a repetição de pórticos para a liberação de espaço interno através de uma casca estrutural de madeira, marca a passagem da produção tradicional para a produção múltipla planejada na construção civil Bergdoll (2008).

A fabricação digital terá explícita influência na maneira como os arquitetos podem trabalhar a habitação e o espaço construído. O que já se conseguia fazer antes da revolução digital dizia respeito à conversa do arquiteto com os diversos atores da cadeia de produção pré-fabricada da construção civil para juntar as partes no todo.

Hoje, esse todo pode ser dividido em partes não somente pela oferta de produtos variados de ciclo aberto, mas pela capacidade que o arquiteto desenvolveu juntamente com a indústria informatizada de trabalhar na micro escala as implicações do design para formar a grande escala.

6 A ARQUITETURA OPEN SOURCE

CONCEITOS E PRINCÍPIOS

Bergdoll (2008) comenta que o que torna a CNC router (Computer Numerical Controller) uma tecnologia útil para a arquitetura é:

“... que o arquiteto tem assim a possibilidade de projetar o que exatamente deseja, estrategicamente dentro de processos de fabricação e construção, com vários pedaços e set de instruções e dados que tornam o processo de manufatura parte de uma descrição integrada da construção”.

A expectativa é a de que a produção customizada de massa da manufatura revolucione a pré-fabricação aplicada à construção civil. Bergdoll (2008) assinala que a tarefa de adaptação às condições climáticas e de terreno somadas à precisão milimétrica de uma produção com alto nível de detalhe e paramétrica poderá atender as exigências de conforto bioclimático mais facilmente. Agora a escala de atuação do arquiteto se reduz mais, de forma a responder demandas específicas mais rapidamente.

Alastair Parvin, arquiteto e britânico, co-fundador da WikiHouse Foundation, uma organização sem fins lucrativos criada em 2010 pautada na criação de moradias fabricadas a partir da autofabricação digital em série, com o uso da

usinagem da madeira em máquina CNC, de placas de compensado ou OSB. Essa usinagem resulta em elementos e componentes que formam uma casa, através da técnica de encaixe ohana, decide encabeçar, junto com outros colaboradores em uma dinâmica interdisciplinar um projeto de residência que permitia ao usuário a sua customização de acordo com suas necessidades, através do computador, da internet e da máquina CNC.

A missão da organização criada é a de hospedar em si um repositório contínuo de dados paramétricos e informações que dizem respeito à casa WikiHouse, plataforma arquitetônica unifamiliar, destinada à produção de massa e acessível ao cidadão. Ao passo de que, objetiva a colaboração e disseminação de dados orientada a uma produção aberta e livre, nesta metodologia de trabalho. Este aspecto respeita ao que Carlo Ratti denomina por arquitetura Open Source, ou Open Source Architecture (ARCOs) (RATTI & CLAUDEL, 2013).

Nela, estariam conservados princípios de uma cadeia de produção enxuta, por se tratar de uma nova forma de comunicação entre máquina, design e demanda, prolongada no tempo e que se dá baseada na aquisição e análise de dados sobre o comportamento físico dos objetos na escala digital, bem como sua aplicação pragmática, resultando na baixa produção de resíduos pela produção focada. Kapp & Oliveira (2006) comentam que, até a data de publicação de seu arti-

go, a produção seriada em favor da individualização da habitação parecia inexistente. Não mais.

Ratti & Claudel (2013) explicitam que a Arquitetura Open Source não é apenas o projeto de uma solução pontual, mas meio de discussão para implementações baseadas nas particularidades à medida que surgem durante o processo de concepção - **em outras palavras, a arquitetura enquanto plataforma.**

DE MANNING A HABRAKEN

Não por acaso, John Habraken foi um dos editores colaboradores do livro intitulado "Open Source Architecture" de 2013, do qual Carlo Ratti e Matthew Claudel são autores principais e aqui, bibliografia. Habraken, arquiteto neerlandês que trabalha com o Open Building, modo de gerência do espaço construído através de associações racionais e conectivas entre componentes pré-fabricados e materiais de uma obra (MORAIS, 2018), antevia uma estrutura pronta em campo intitulada suporte - que antecipa o recebimento do recheio (esquadrias, fechamentos e sistemas tubulares), que age como uma capa (vedação) para a estrutura exposta, por entre a qual os módulos residenciais customizáveis pudessem ser arranjados.

Esse gerenciamento de sobreposição entre elementos leves (soft building) e mais permanentes (hard building) na construção traria a legitimação do conceito de Habraken da relação entre re-

cheio e suporte, respectivamente: o Two-Step Housing System (Sistema Habitacional de Duas Fases). Pode-se observar padrão tipológico similar de relação entre elementos pré-fabricados vistos na casa-tipo chalé Manning, já que originalmente estavam imbuídos em uma gerência customizável, dos componentes do chalé (SMITH, 2013). A habitação unifamiliar também pode explorar a missão do Open Building: customização facilitada do lar para as pessoas em retorno de uma melhor qualidade de vida.

Habraken também via a cidade como um campo de constantes transformações e por isso um edifício deveria ser projetado para se adaptar à elas, junto com a vida de seus moradores, que também muda (Morais, 2018).



Figura 36: NEXT21, em Osaka; projetado originalmente por Habraken para abrigar a moradia de trabalhadores da Companhia de Gás de Osaka; os fechamentos de fachada assim como internos eram móveis e de fácil substituição pelo morador. Fonte: Moraes (2018)

7 METODOLOGIA

O WikiHouse foi a resposta pela busca do autor deste trabalho final de graduação por uma técnica de composição do espaço construído que pudesse racionalizar o processo de construção de uma residência sem limitar a condição de uso do cidadão. Foi também resposta à busca por um método de trabalho da pré-fabricação na construção civil que empregasse elevado grau tecnológico em seu processo de produção, e que ainda oferecesse para ambas as partes, profissional e cliente, instrumentos de pronta estimativa de custos e prazos. Além disso, permitiu a avaliação do potencial de emprego desta tecnologia no mercado consumidor.

Os princípios de conectividade da proposta às quais os criadores se ativeram foram de crítica importância para o desenvolvimento de um estudo acerca desta estrutura, idealizada para ser fabricada em um laboratório de máquinas interconectadas.

O sistema construtivo Wren, responsável pela estrutura do método construtivo WikiHouse, se baseia em uma técnica de encaixe coreana chamada Ohana, onde terminações estruturais de madeira produzem encaixes firmes com o encontro de vértices e arestas em 90 graus ou no plano, através da adição e subtração como em um quebra-cabeça. Dessa forma, encaixes macho e fêmea, amparados

por dimensões modulares e padronizadas estabelecem a rigidez de conexões. Uma das vantagens dessa técnica é a de poder dividir um todo em partes, sendo montadas posteriormente. Assim, uma máquina de corte controlada por computador pode usinar pilares, vigas, pisos e revestimentos e dividi-los em peças menores.

A possibilidade de emprego de um sistema interconectado de madeira na construção residencial, no entanto, foi primeiro vislumbrada na experiência do autor deste trabalho com o intercâmbio nos Estados Unidos.

A maquete desenvolvida para a exposição em Warren chamou a atenção para princípios de composição do espaço que proporcionam uma relação mais próxima do usuário com o próprio elemento com o qual virá habitar, através de princípios de conectividade. A autoconstrução com madeira apresenta fatores compatíveis nessa direção, como a capacidade de conexão imediata entre seus elementos construtivos e ampla e crescente disponibilização dos materiais na **cadeia de produção de ciclo aberto**, inserindo-os no contexto da construção pré-fabricada. A montagem, ao invés da fabricação monolítica do conjunto construído, como no caso da construção tradicional de concreto armado, ganha vantagem em tempo, menor trabalho no canteiro de obras, além de explorar aspectos da construção seca, como pouca utilização de recursos naturais para edificar e menor desperdício de materiais.

Na maquete para o projeto em

Warren, as paredes se articulavam por pilares estruturais fixos de madeira de forma que o visitante da exposição pudesse montar os fechamentos que assim escolhesse. Essa ideia para a maquete possibilitou o pensamento de uma organização construtiva em que componentes pudessem se conectar racionalmente, de modo que o trabalho da pré-fabricação na construção civil pudesse ser dotado de uma positiva racionalização. Com o tempo, esse apontamento, junto com a acumulação de ideias e exemplos a respeito do assunto tratado neste trabalho, de caráter exploratório, foi encontrado o WikiHouse.

A maneira como se trabalha esse método construtivo, que será detalhada nos capítulos a seguir, foi assimilada em sua proposta original, disponibilizada na rede GitHub pela Fundação WikiHouse, proposta esta chamada Microhouse.

A Microhouse é um exemplo de casa fabricada digitalmente, da natureza do livre hardware, que a Fundação tem na nuvem, com seus devidos direitos autorais e permissões de modificação para fins acadêmicos garantidos pela licença Creative Commons Share-a-Like 3.0.

Porém, para adaptar e verificar as condições reais de implementação da proposta, foi feita uma série de customizações e modificações da proposta original disponibilizada, de tal forma que a customização trouxe intencionalmente novas formas de lidar com o método construtivo, inclusive, inserindo novos e diferentes elementos de expansão do sistema

construtivo.

Em resumo, este trabalho final de graduação se dá na **abertura do método construtivo WikiHouse à customização digital de massa** através da engenharia reversa do material original disponibilizado pela Fundação WikiHouse na rede, de modo que o novo método possa sofrer alterações em sua composição, favorecendo o usuário que opte pela sua construção.

Comentários adjacentes, na forma de pequenas fichas técnicas ao longo do corpo do texto, serão anexados, de forma a melhor esclarecer processos que levaram à concretização desta nova metodologia de projeto e construção.

8 ENGENHARIA REVERSA E MODIFICAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO

Para realização deste trabalho, foi baixado da plataforma online GitHub os arquivos que a Fundação WikiHouse disponibiliza para download. Dentre os poucos arquivos gráficos oferecidos, o principal, aquele que aponta de fato o sistema construtivo exemplificado é o arquivo de SketchUp intitulado "microhouse_0.5_chassis.skp". Este arquivo contém a casa criada pela Fundação para simular como seria o sistema construtivo Wren empregado na realidade. Este é o único arquivo encontrado que dá subsídios concretos para entender como o sistema funciona.

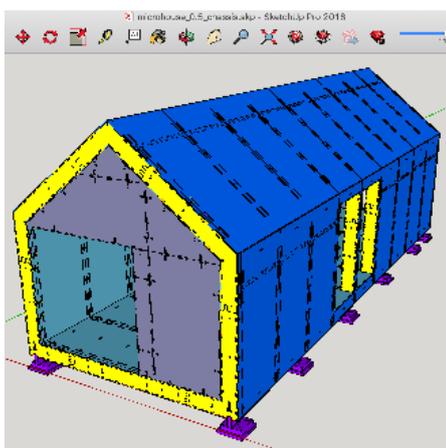


Figura 37: Microhouse. Fonte: acervo pessoal

As cores diferenciam os componentes. Foi necessário entender como o sistema construtivo se estabiliza pois,

todo o conjunto é feito da usinagem de peças em placas de compensado naval de 18mm de espessura, originalmente. Esta característica foi mantida no projeto de alteração. A fim de entender como o conjunto de componentes se comporta e, por conseguinte, se estabiliza, o mesmo foi explodido. Podemos perceber de antemão que existe uma serialização de certos componentes. A serialização causa a estabilização do conjunto através dos encaixes.

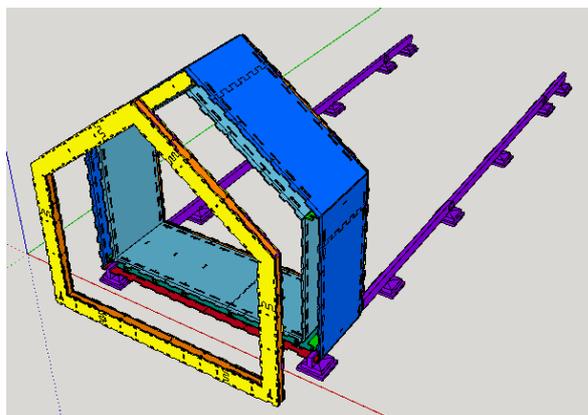


Figura 38: Módulo base da Microhouse. Fonte: acervo pessoal

O **módulo base** replicado ao longo de um eixo longitudinal é percebido ao separar o conjunto. É visível o elemento que recebe as cargas que o pórtico recebe, as vigas baldrame, que são de madeira, em roxo. A seção de ambos pórtico e viga baldrame são em "I", para aumentar a resistência à flexão.

Uma maquete de papel vergê foi elaborada para estudar e compreender fisicamente como os eixos dos componentes se comportam e criam a estabilização do conjunto.



Figura 39 (set): Maquete processual de elucidação do método construtivo WikiHouse; simplificação e padronização de encaixes e formas. Fonte: acervo pessoal

Em nota, a maquete pretendeu simular o método original de articulação do sistema construtivo e abriu, eventualmente, novas ideias para uma solução projetual customizada.

A execução da maquete na fase de análise ainda provocou a reflexão sobre a escolha de materiais apropriados para a obra, como o compensado estrutural (naval), bem como sobre a assimilação entre a forma dos componentes (sempre com seção em "I" ainda que figurativo pela maquete) e sua importância para a estabilidade do conjunto, a fim de conferir mais realidade ao processo abstrato.

Isso possibilitou pensar em circunstâncias reais de emprego e entender o porque da escolha das formas de seção em "I" pelos criadores, antevendo possíveis problemas e desafios que a proposta poderia apresentar sem ter ainda dados técnicos e de desenho. A maquete não seguiu fielmente, porém, o método original e, dessa forma, pôde ser considerada como uma **customização de primeira ordem**.

Com a maquete, também entendeu-se a capacidade de trabalho do módulo (ou seus agregamentos) em escala, aguçando a noção da real espacialidade da obra, bem como de sua estrutura física e de sua aproximação com a realidade. No caso da nova proposta de método a ser detalhada ao longo dos próximos capítulos, a maquete ajudou na identificação da posição de encaixes e da disposição dos elementos e componen-

tes ao longo da estrutura, bem como da necessidade estrutural desses encaixes; a folha de papel ou material da maquete pode simular a ideia de estar-se usando a folha em escala reduzida do material a ser usado na realidade (folhas de compensado): a possibilidade de entender o processo produtivo da pré-fabricação através do processo de se fazer um modelo físico. Os materiais usados (papel) para "usinar" e projetar a maquete poderiam ser os mesmos empregados na linha de produção e fabricação da proposta nessa linha de raciocínio. O corte à mão simularia, efemeramente, o corte da máquina CNC.

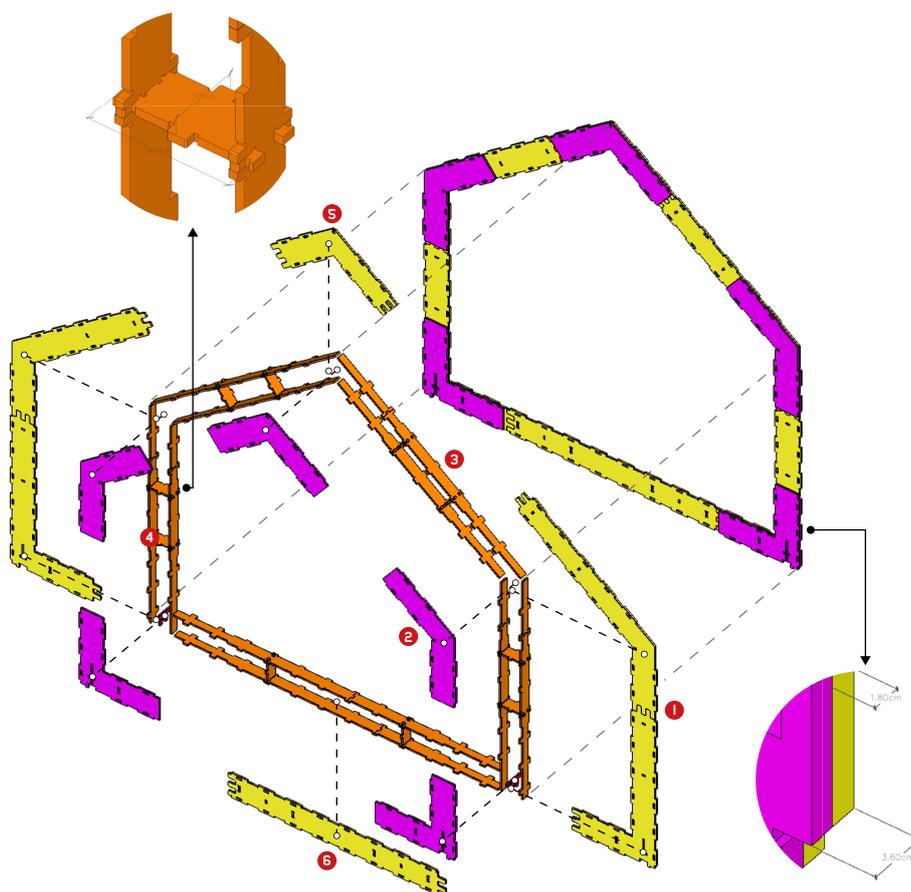
A medida modular simplifica todas as outras, até excluindo o uso de medida padrão para cada peça, sendo que a medida modular, única para um grande número de peças, é a única medida existente e padronizante, a partir dela surgem as medidas para as outras peças automaticamente. **A parametria**, em adição, foi compreendida como aplicada na solução original porque a repetição e padronização dos componentes dentro de uma lógica racional e modular foi fruto da serialização das peças ao longo de eixos e pontos. No caso da maquete e dos quadrados formados pelos espaçamentos, não se pensa em "o espaçamento de 90cm", se pensa no "espaçamento de 30cm em 30cm que origina 90cm, ou seja, três espaçamentos iguais (princípio de medida modular); a subdivisão de um todo em partes e vice-versa.

Por fim, o estudo processual re-

forçou a visão necessária de uma estrutura ser, no mínimo, isostática. Um material pode ser menos ou mais resistente; dependerá do arranjo estrutural (sistema construtivo) que o profissional organizará com o material, de tal forma que o torne resistente. Todo material é potencial e está sujeito à sua máxima solicitação de acordo com a proposta estrutural.

Para além da maquete, tornou-se necessário aprofundar o conhecimento sobre o sistema construtivo Wren, que dita de fato as estratégias de conexão e composição das peças que formam o módulo base do método WikiHouse. A seguir, uma ficha técnica* que examina o sistema (*aproxime o zoom para mais de 100% para ver melhor detalhes nas fichas).

I FUNCIONAMENTO DO SISTEMA CONSTRUTIVO WREN - PORTICO

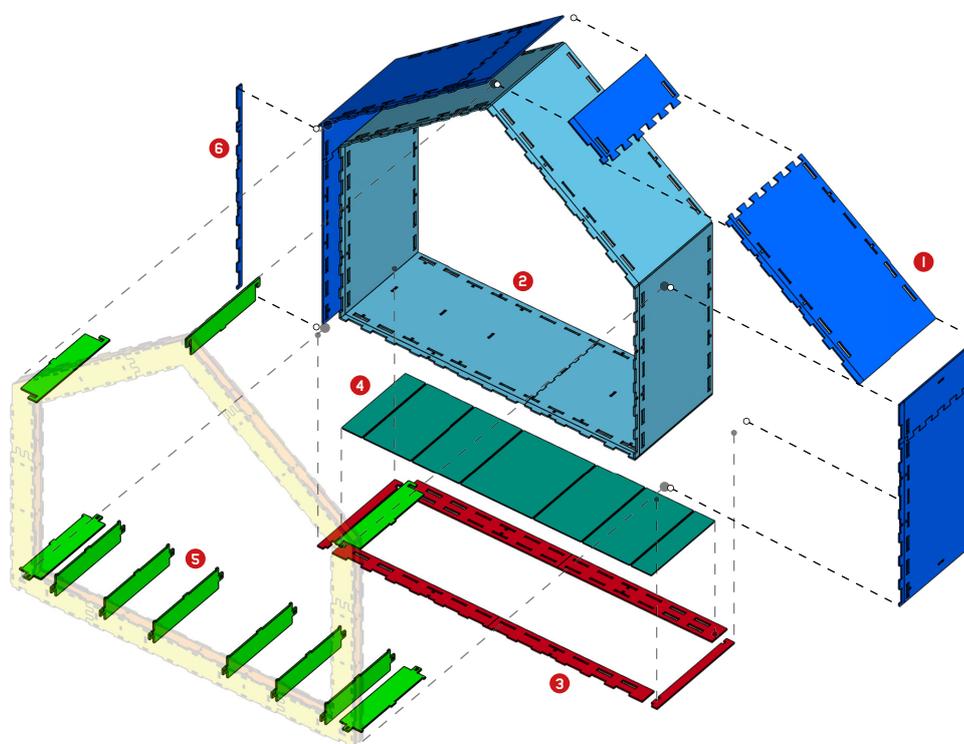


- 1 **Articulação vertical:** responsável pela composição formal das laterais de sustentação do pórtico; no sistema original, a articulação lateral é subdividida em dois elementos, um de encaixe inferior e outro de encaixe superior; a viga baldrame se conecta embaixo;
- 2 **Reforço de articulação:** responsável pela composição formal de reforço estrutural das articulações principais; esses reforços se dão nos pontos do pórtico onde a atuação de tensões normais de flexão e cisalhantes é crítica; está sempre nas quinas;
- 3 **Espinha:** responsável pela conexão que une os dois conjuntos espinhados de articulação e reforço de articulação;
- 4 **Conector de articulação:** responsável pelo aumento de rigidez seccional do pórtico; funciona como um enrijeecedor transversal;
- 5 **Articulação mestra:** responsável pela composição formal do fechamento superior de cumeeira do pórtico;
- 6 **Articulação horizontal:** responsável pela composição formal de um banzo inferior do pórtico; conecta as articulações laterais;

Além do pórtico, também tornou-se necessário entender como se dá a vedação do sistema construtivo. A função da vedação no método construtivo WikiHouse é a de fazer o fechamento da casa e ao mesmo tempo servir de ponte conectora entre os pórticos.

Ele ocupa o espaçamento entre os pórticos (suas dimensões se dão na profundidade dos vãos e com os comprimentos do pórtico) e todo o seu desenho é fruto da necessidade da adequação aos encaixes do pórtico. A vedação está subordinada à composição formal do pórtico.

2 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA CONSTRUTIVO WREN - VEDAÇÃO



1 Vedação exterior: responsável pela composição formal do fechamento exterior dos vãos; se conecta no pórtico e nas peças de ligação;

2 Vedação interior: responsável pela composição formal do fechamento interior dos vãos; se conecta no pórtico; vedação interior de piso é colocada depois das placas de assoalho;

3 Conexão inferior: responsável pela composição da conexão inferior das peças do pórtico (articulações, reforços e espinha); essa conexão visa unir as peças do pórtico e evita-as de se separarem; também serve de apoio para as placas de assoalho;

4 Placas de assoalho: as placas de assoalho são colocadas internamente antes da vedação interior de piso e depois da conexão inferior; se posicionam em cima dessa conexão, que segura as placas com frestas e sobras internas;

5 Conexão longitudinal: responsável pela conexão dos pórticos (pórticos); existem dois tipos: as conexões tipo gancho (que efetivamente unem os pórticos e servem para conectar parcialmente as placas de vedação exterior) e as conexões de estabilização (funcionam como barrotes);

6 Arremate de vedação: serve para arrematar a metade do pórtico onde a vedação não pega; desde que as extremidades de vedação terminam nas metades laterais dos pórticos, as metades onde não há mais vedação são arrematadas por filetes para cobrir a metade restante;

De acordo com as verificações acerca da composição dos elementos e componentes do módulo base do sistema construtivo Wren, pôde-se entender que uma série de elementos conectados, a divisão do todo em partes, possibilita a composição estrutural necessária que confere a estabilidade estrutural para o método.

Entretanto, por necessidades que derivam das condicionantes e variáveis de customização a serem explicitadas, ou seja, necessidades particulares à aquelas verificadas na proposta estrutural original, o módulo base foi alterado, mantendo características do sistema Wren que conservam a integralidade do conjunto.

A segunda customização após a verificada na maquete, ou o que seria o início da **customização de segunda ordem**, perpassa pela análise de uma linguagem formal presente no pórtico; aquela que monta, de acordo com padrões paramétricos e de composição formal, a forma final do pórtico a ser usado na proposta da obra residencial.

Uma linguagem foi identificada como existente pelo autor deste trabalho porque existe um padrão de repetição de espaços para conexão e de repetição de medidas no pórtico. Vem de um conjunto de instruções paramétricas que não foram compartilhadas pelos criadores no arquivo de SketchUp da Microhouse. Por isso, o termo '**engenharia reversa**' é empregado. Para promover a customização oferecida com a devida confiabilidade, teve de ser lida a semiótica por trás da criação da proposta original estrutural. A partir disso, poderia ser possível propor novas for-

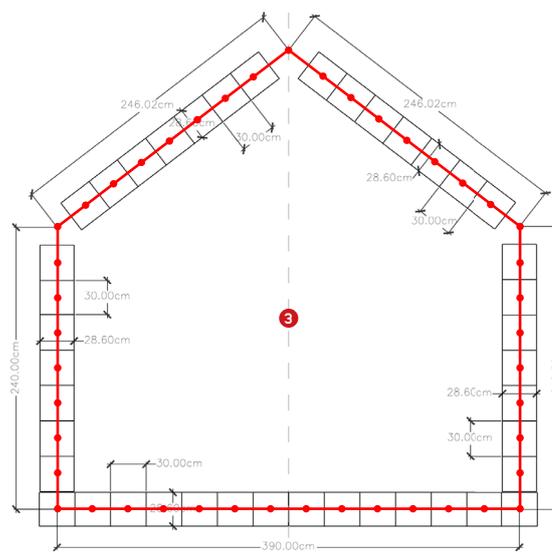
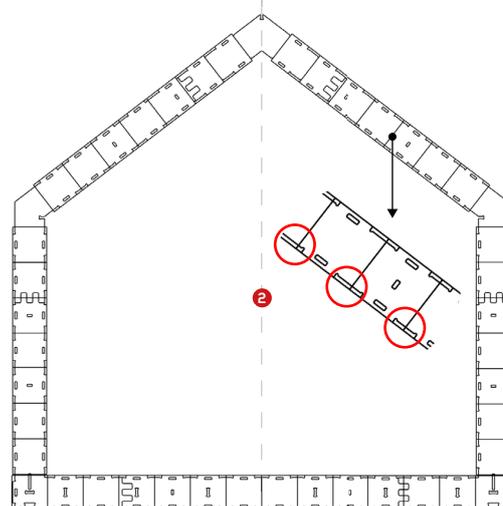
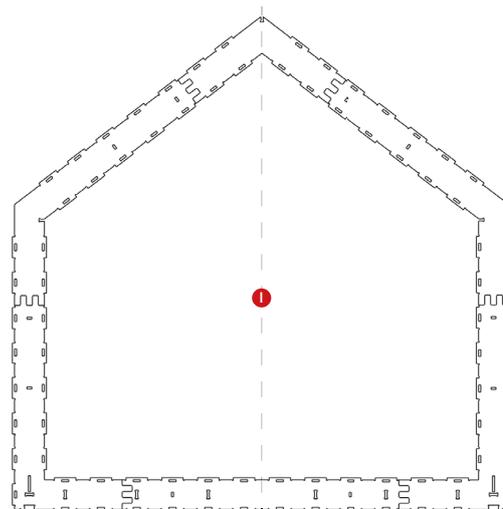
mas com que o sistema pode se articular, além de manipular o método de montagem original, dando luz a novos métodos, de montagem e de emprego do sistema Wren, além de incluir uma **nova característica** para o método WikiHouse que não foi verificada nas pesquisas para este trabalho, que é a **possibilidade de desmontagem** de certos componentes com a estrutura ainda em pleno funcionamento.

8.1 VARIÁVEIS DE CUSTOMIZAÇÃO

O WikiHouse, inicialmente, vem de uma proposta onde a fabricação digital possibilita criar produtos diferentes e customizados (em especial residências unifamiliares), que também possam atender particularidades e necessidades específicas.

Para universalizar a proposta, aplicando assim o conceito de **customização de massa**, foram estabelecidos parâmetros pragmáticos que permitem que a proposta possa ser replicada em série, sem que haja a necessidade de customizar uma obra WikiHouse toda vez que se queira implementar o método. Modificações estruturais foram feitas para que o sistema construtivo obedeça princípios de serialização. Essas modificações permitiram a criação de módulos volumétricos (baseados nos seus respectivos módulos base estruturais) que exemplificarão o resultado dessas modificações.

A customização se inicia na leitura da linguagem de composição formal do pórtico. É nela que se identifica as principais informações de como o método WikiHouse foi concebido e como funciona se utilizando de um sistema estrutural conectivo (ficha técnica 3).



- 1 Pórtico da proposta original em 2D extraído do arquivo da Microhouse;
- 2 Foi verificado um padrão de repetição formal onde cada parte dentada do pórtico se encaixa dentro de um retângulo 30x28,6cm; na parte tilhada em aproximadamente 45 graus, o padrão de repetição é interrompido e assim perde-se o caráter do entendimento linear; o porquê dessa quebra pode ser pelo fato de que para fechar a cumeeira, as peças foram **alongadas** além do padrão; as quinas são pontos neutros na matriz bidimensional;
- 3 Análise da parametria do pórtico original; pontos distanciados igualmente, menos nas quinas diagonais; o **alongamento** não foi considerado;

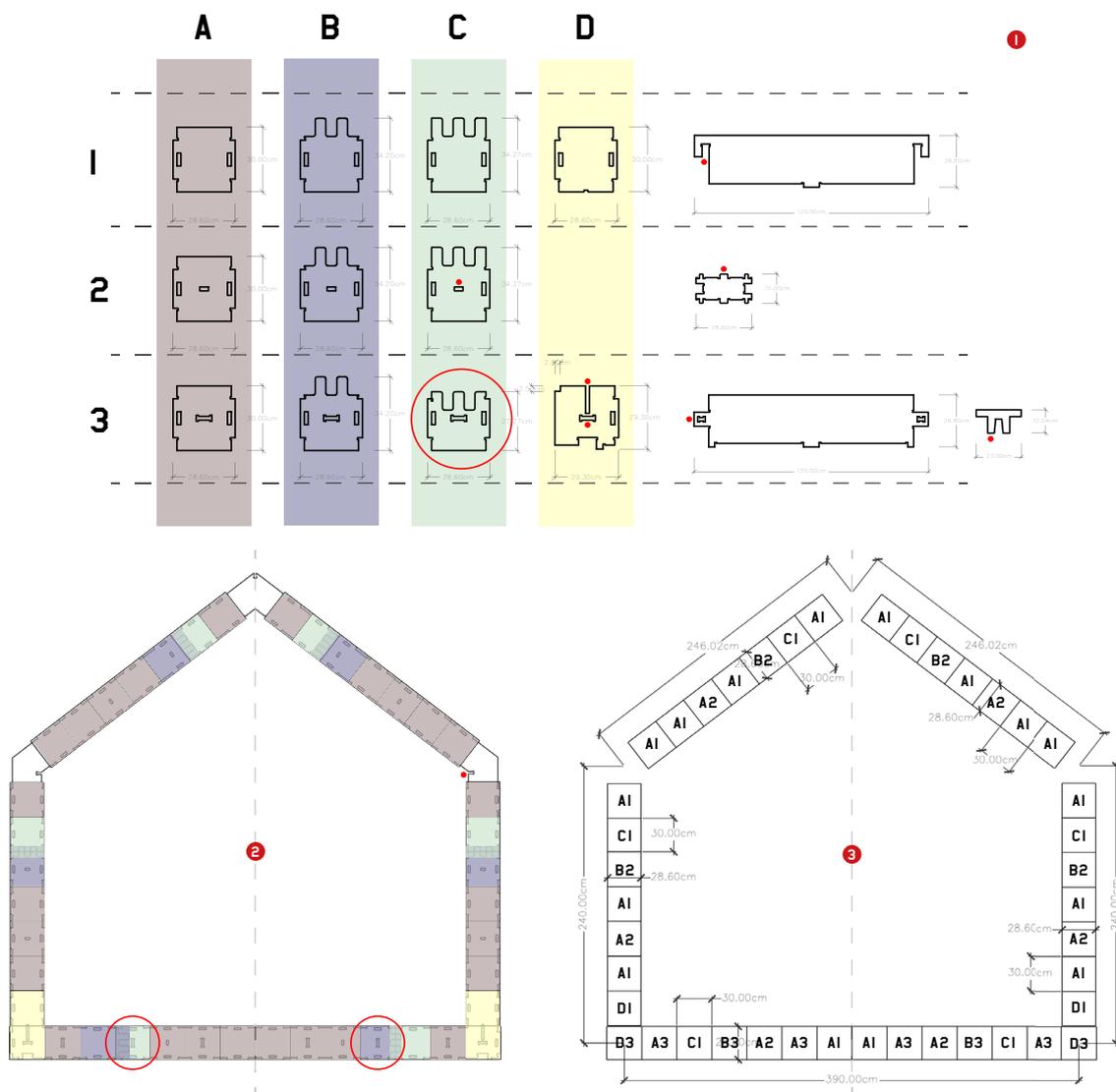
3

ASSIMILAÇÃO DO PÓRTICO

Podemos verificar que na composição da forma do pórtico, algumas estratégias foram usadas como a repetição ritmada dos dentes do pórtico, fuga pontual da repetição de espaçamentos para fins particulares (customização pontual) e aplicação da parametria.

Na identificação de como o pórtico é formado, cada peça dentro do retângulo 30x28,6cm possui também suas particularidades. Estas peças são as responsáveis pela função de encaixe de outras peças no pórtico, além de serem o alfabeto do mesmo (ficha técnica 4).

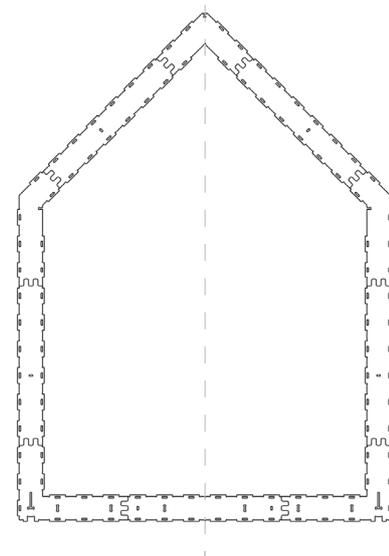
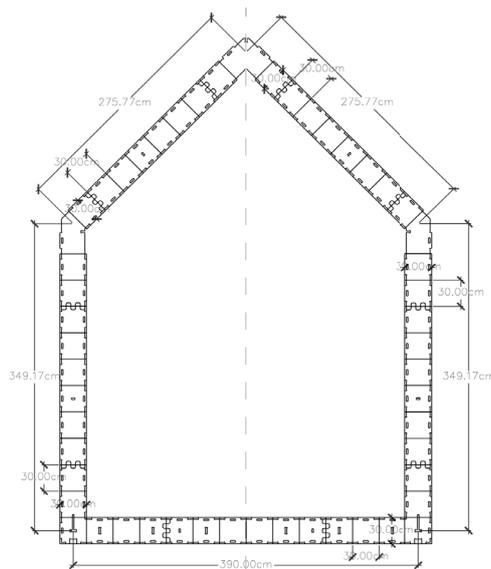
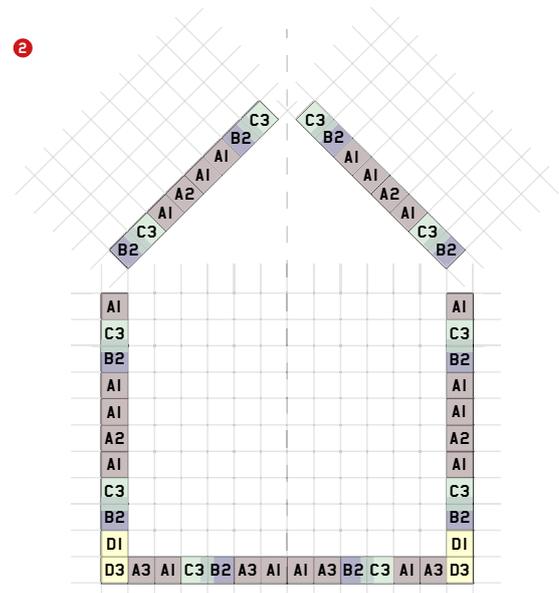
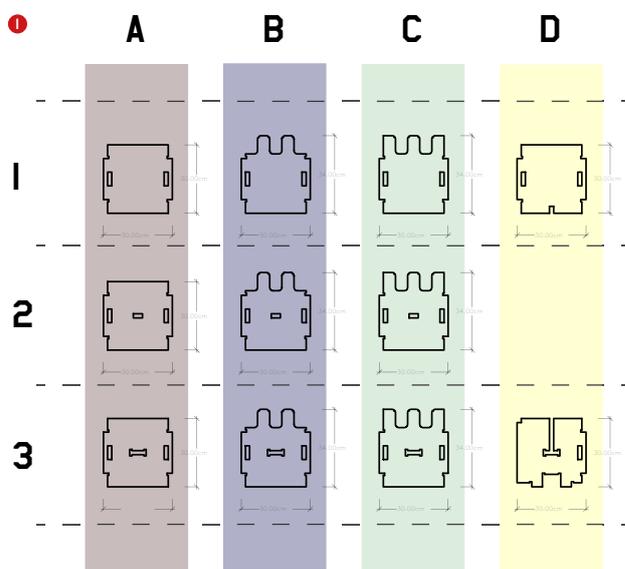
4 ASSIMILAÇÃO DO ALFABETO DO PÓRTICO



Após o entendimento de como funciona a formação do pórtico (a linguagem), criou-se subsídios para a criação de um novo pórtico, adaptado às variáveis pragmáticas de customização elencadas pelo autor deste trabalho.

O pórtico é tão importante no método construtivo WikiHouse porque todos os outros componentes do módulo base estão subordinados a ele, ou seja, surgem a partir dele.

5 CRIAÇÃO DE NOVO PÓRTICO



1 Novo vocabulário; foram mantidos os desenhos padrão das peças com alterações feitas pelo autor como: **1** - redimensionamento individual de cada peça para encaixar em uma matriz bidimensional padronizada (sistema bidimensional de referência de coordenação modular); **2** - correção pontual de erros formais anteriores provindos da parametrização e adição de pequenos pontos de alívio de quinas localizadas para melhor acomodação das peças no todo do pórtico; o **redimensionamento de cada peça de 30x28,6cm para 30x30cm** visa criar uma modulação local e aumentar a taxa de acerto de composição formal do pórtico, facilitando o trabalho de projeto;

2 Inserção das novas peças na linguagem de criação do pórtico. Com o redimensionamento das peças para 30x30cm foi possível inseri-las em uma lógica de coordenação modular, facilitando o entendimento para o desenvolvedor do método WikiHouse de compor novos pórticos e, por conseguinte, novos projetos; torna o processo mais intuitivo; no exemplo, peças inseridas na lógica da matriz bidimensional do sistema de referência modular, girando a matriz sempre que a orientação de desdobramento do sistema referencial mudar de ângulo (operações simplificadas e arredondadas); no caso do novo pórtico, a matriz adota ângulos de 90 e 45 graus, ante 90 e aproximados 45 graus da proposta original;

6 VARIÁVEIS PRAGMÁTICAS

O pórtico é tão importante no método construtivo WikiHouse porque todos os outros componentes do módulo base estão subordinados a ele, ou seja, surgem a partir dele.

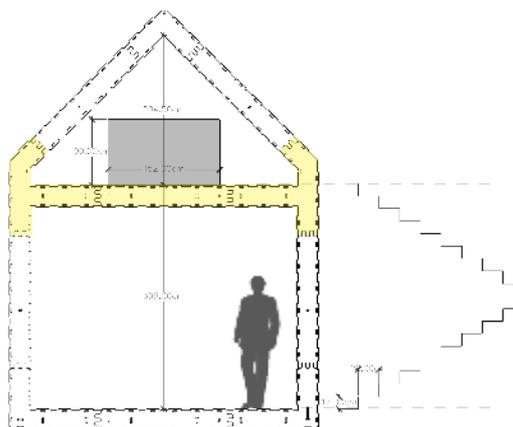
Após o entendimento de como funciona a formação do pórtico (a linguagem), criou-se subsídios para a criação de um novo pórtico (ficha técnica 5), adaptado às variáveis pragmáticas (de projeto) de customização elencadas pelo autor, a serem descritas nesta ficha.

VARIÁVEL 1 - ALTURA

A altura neste projeto está restrita a um pé direito padrão de 306cm para todas as propostas. Isso se deve ao fato de que essa altura já conta com uma eventual escada para uma expansão de segundo andar, dentro da fórmula de Blondel, prevendo 17cm de altura em cada espelho multiplicado por 18 pisos de degraus com 28cm de profundidade. Pela fórmula: $2E+P=62-64 \rightarrow 2(17)+(28)=62$.

O pé direito foi baseado na customização de um piso extra para colocar a caixa d'água, utilizando da linguagem aprendida, componente que não é antevisto no pórtico da proposta original. Com isso, todo o conjunto da obra pode permanecer dentro dos seus limites. As dimensões da caixa d'água são de uma Fortlev de 1000L.

A altura foi elevada em relação à proposta original acrescentando-se mais peças 30x30cm verticalmente no pórtico, e arrematando o restante fora do padrão coordenado modularmente na zona neutra (quinas de 45 graus do pórtico).



VARIÁVEL 2 - LARGURA

A largura interna (vão) não pode exceder 360cm, e a cada 360cm deve-se ter um pilar de sustentação acrescentado. Isso se dá em face da segurança estrutural do conjunto atestada pela parceria com engenheiros parceiros que compõem a equipe da Fundação WikiHouse.

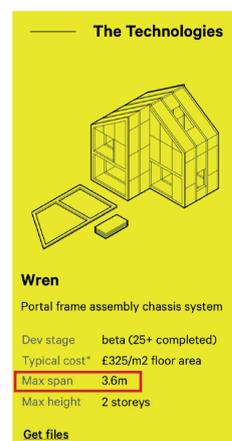
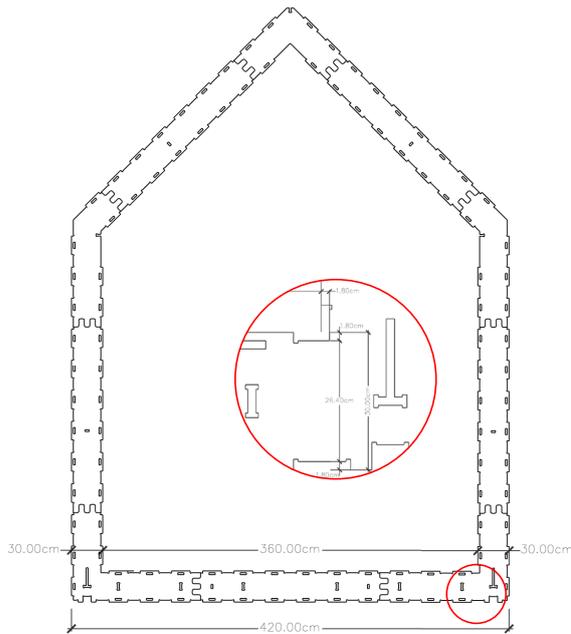


Figura 40: Especificação máxima de largura de vão para o sistema Wren. Fonte: WikiHouse Foundation

A largura pode ser customizada para menos, reduzindo de 30 em 30cm as peças, horizontalmente. Na proposta, foram maximizados 360cm para mostrar o potencial máximo aproveitável (de vão livre).



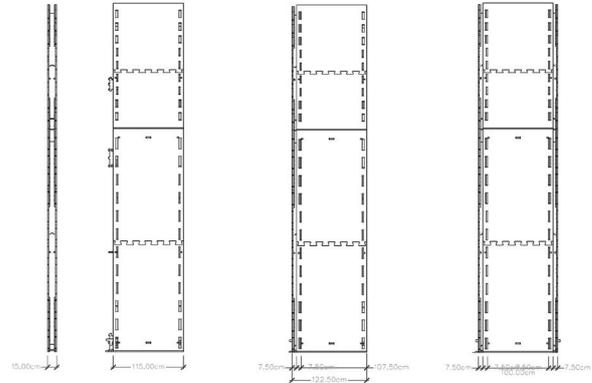
VARIÁVEL 3 - COMPRIMENTO

O comprimento (ou profundidade) padrão da proposta é baseado no comprimento do módulo base, sendo pórtico mais vedação, bem como a soma deles. No caso do módulo base de fechamento, ou módulo de fundo, adiciona-se mais um pórtico para arrematar a borda restante, pois toda repetição longitudinal de módulos sobra espaço na ponta da vedação para fechar um lado. Este módulo base de fechamento é a soma de suporte, recheio e suporte novamente.

Esta variável está passível de respeitar estritamente o código de obras de cada município, já que lida com a ocupa-

ção superficial de território.

VARIÁVEL 4 - ANDARES



A capacidade de expansão vertical do módulo base foi possibilitada nesta nova proposta através da customização de algumas peças presentes nas articulações do pórtico. O módulo base pode já vir com dois andares (máximo possível) ou permite a expansão posterior. Todo módulo base pode ser expandido, graças à customização compatibilizada com expansões verticais.

A expansão vertical se dá desmontando a parte da cobertura, de modo que torna-se possível o encaixe de outro módulo base em cima do existente.

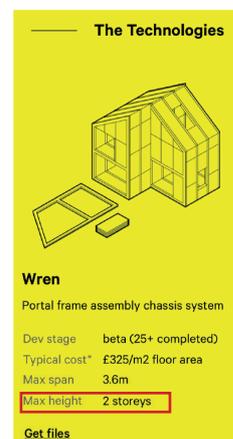
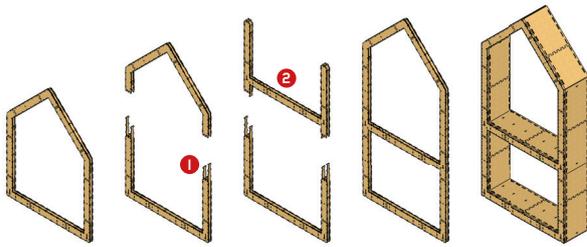


Figura 41: Especificação máxima de expansão vertical do sistema Wren. Fonte: WikiHouse Foundation

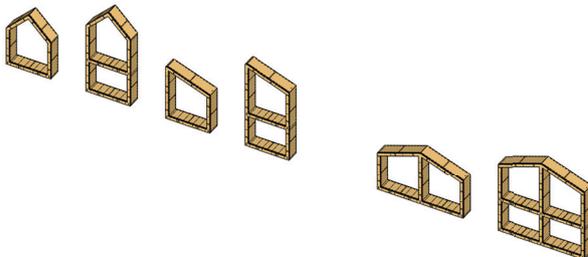


1 **Espera** da espinha, resultante da customização do autor para recebimento de um segundo andar sem desmonte completo do pórtico; no caso do recheio, é só desmonta-lo e desparafusa-lo, cortar a parte de sobra de cima e encaixar novamente no lugar (reaproveitamento de peças do sistema construtivo); esta habilidade de expansão vertical é nova e não pertence à proposta original nem aos arquivos disponibilizados pela Fundação WikiHouse (apesar de ter sido somente vislumbrada pela Fundação); habilidade original de criação do autor deste trabalho; a espinha, como segue a forma do pórtico, foi também intencionalmente customizada para servir de espera para um eventual segundo andar;

2 **Novo composto de componentes** criado pelo autor para fazer o encaixe de segundo andar; logo após, vem a cobertura; O resultado final é um novo módulo base de dois andares;

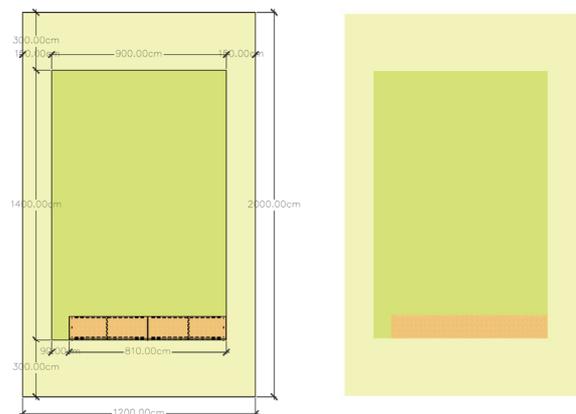
VARIÁVEL 5 - TIPO DE MÓDULO BASE

Logo após feita a engenharia reversa da Microhouse, foram concebidos novos módulos base, baseados na customização do módulo base criado pelo autor e exemplificado na ficha técnica 5.



sustentação principal do pórtico, assim dando lugar para um novo tipo de cobertura ou novo andar. Por nota, o tipo de cobertura escolhido para um projeto baseado no método WikiHouse de construção pode culminar em um alongamento transversal do módulo base. Para esse desdobramento transversal, é necessário estrito respeito ao código de obras municipal.

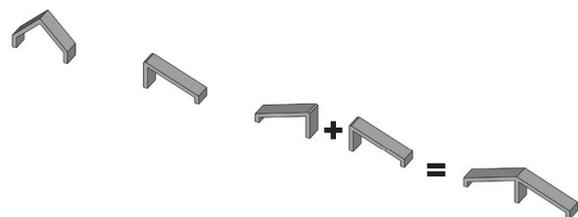
No caso deste trabalho, a máxima expansão transversal possibilitada (para um lote 12x20m) é de até dois módulos base (420cm+420cm), já considerados afastamentos de 150cm previstos por lei (legislação municipal de Itabirito).



VARIÁVEL 6 - TIPO DE COBERTURA

Dois tipos de cobertura foram criados para as propostas de módulo base, uma de 45 graus e outra de 20 graus de inclinação. A de 45 graus é de duas águas e a de 20 graus é de meia água que, em uma expansão lateral, possa se somar a outra meia água.

Essas coberturas, como já demonstrado, podem ser deslocadas da base de



A cobertura que possibilita a expansão lateral é a de meia água.

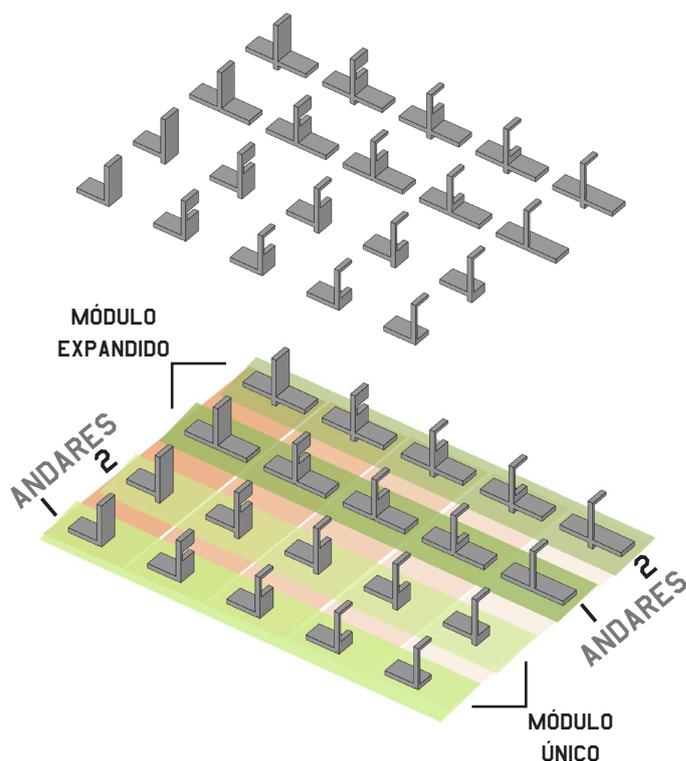
VARIÁVEL 7 - ABERTURAS

As aberturas incorporadas ao mé-

todo construtivo são variadas em 4 tipos, além de 1 tipo fechado. Foi criada uma biblioteca modular no ato dos trabalhos de customização e de reversão da engenharia para facilitar para o autor o trabalho de composição da proposta final de projeto, que lida com situações de variabilidade de aberturas, não somente, mas de cobertura também.

Esta biblioteca, que se tornou ferramenta de projeto de pronta resposta, pode ser disponibilizada publicamente e pode ajudar como estratégia de composição para um projeto de obra WikiHouse; torna o processo mais acessível ao entendimento pelas partes envolvidas e o torna mais inteligível.

Os módulos volumétricos se baseiam fielmente nas faces e extremidades mais externas dos módulos base, estruturais.



8.2 CONSTANTES DE IMPLANTAÇÃO

Como anterior ao estudo de customização foi fornecido pela Fundação WikiHouse apenas arquivos pontuais e não como de fato a proposta pode ser elaborada a partir do zero, o método carece de uma verificação real de possibilidade de emprego no ambiente das exigências legislativas urbanísticas.

A fim de continuar a missão de universalização da proposta, as variáveis de customização tem de serem subordinadas à parâmetros urbanísticos reais. Dessa forma, ao iniciar um novo projeto WikiHouse, poderiam ser verificadas as condições necessárias para que a proposta se aproxime da realidade em um dado cenário de implementação.

Para isso, foram escolhidos parâmetros urbanísticos do código de obras da cidade de Itabirito, em Minas Gerais (Anexo X da lei 2460 - rev. 2008), pelo fato de que o autor deste trabalho foi nascido e criado na cidade e tem familiaridade com o contexto e legislações urbanas.

7

PARÂMETROS URBANÍSTICOS

O bairro escolhido para situar a proposta na legislação se chama Adão Lopes. Concebido em 2010 como residen-

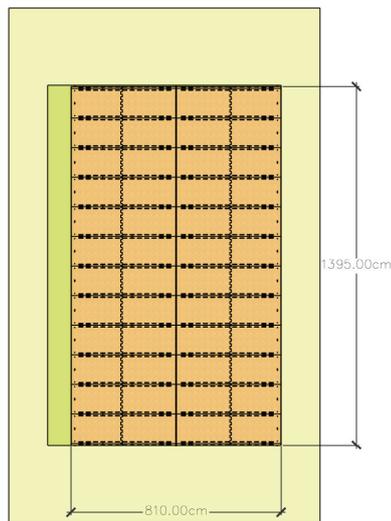


Figura 42 (set): localização da cidade de Itabirito, do bairro e da quadra de situação da proposta. Fonte: Google Maps

cial, fruto de um parcelamento concedido pela Prefeitura Municipal de Itabirito ao empreendedor Cascudo Empreendimentos (desenvolvedor imobiliário na cidade). É um bairro de classe média.

As quadras do bairro são constituídas ao longo dos eixos das ruas por lotes 12x20m. Na época de abertura das vendas ainda em 2010, cada lote custava de R\$25.000,00 a R\$30.000,00 reais, com toda a infraestrutura urbana adjacente pronta (água, esgoto, luz e asfaltamento).

O bairro se situa na região leste da cidade, conhecida como São José, bairro que se aglomerou com outros ao redor por causa da rápida expansão, sendo hoje a região moderna da cidade de Itabirito. Ainda continua no estágio de expansão e o bairro Adão Lopes é um dos recentes exemplos dessa expansão.



$$(8,10m \times 13,95m = 113m^2)$$

MÁXIMA EXPANSÃO MODULAR SUPERFICIAL

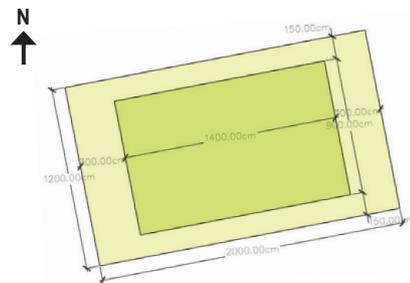
Algumas constantes de implan-

tação, pertinentes às legislações vigentes foram selecionadas para enquadrar a proposta. Primeiro, maximizou-se a ocupação de superfície, considerando expansões transversais e de comprimento maximizadas dos módulos base, a fim de testar se a nova proposta habitacional WikiHouse passa nas exigências.

Anexo X - Parâmetros Urbanísticos

PARAMETROS USOS	Área Mínima (m²)	TD (%)	CA	TP (%)	Afastamentos (m)			Lateral	Fundo	GAB (D)
					Frentais					
					Vias locais	Vias coletoras	Vias arteriais(2) e centrais			
Residencial Unifamiliar	-	60	1,0	20	3,00	3,00	4,50	1,50	3,00	2

Figura 43: enquadramento do lote selecionado na lei urbana municipal. Fonte: Câmara Municipal de Itabirito



De acordo com a lei urbana anexa do Plano Diretor Municipal, o lote 12x20m se enquadra na categoria denominada residencial unifamiliar. A essa categoria, estão subordinados todos os terrenos abaixo de 360m² (mínimo considerado para situação de lotes na lei urbana).

As disposições para um lote na categoria residencial unifamiliar são as seguintes:

Taxa de ocupação: 60% (proposta: 47,08%);

Coefficiente de aproveitamento: 1,0 - 240m² (proposta: 226m² com dois andares 8,10m x 13,95m);

Taxa de permeabilidade: 20% (proposta: ocupação máxima superficial construída

de 47,08%, sobrando 52,92% livres para permeabilidade).

Verificou-se que toda a proposta, em seu número máximo potencial de expansões modulares, atende a todos os requisitos legislativos vigentes.

Ainda na parte dos afastamentos, a lei permite que uma das laterais e um dos fundos de lotes até 250m² de área possam ser liberados para construção. No entanto, essa exceção pode empobrecer a qualidade do espaço construído e inclusive afetar futuros vizinhos negativamente, tendo essa possibilidade excluída do projeto pelo autor.

9 GESTÃO DA PRODUÇÃO

Na cadeia de produção da pré-fabricação residencial, em especial no emprego de diversos materiais de ciclo aberto da indústria, existem critérios e atores que se articulam no processo.

Na visão do autor deste trabalho, o arquiteto é aquele que nesse processo pode atribuir para si todas as responsabilidades da cadeia de produção pré-fabricada, pois ele que estabelecerá contatos e apreciará valores no mercado dos diversos componentes e elementos a serem empregados na construção.

Uma das dificuldades deste mercado ser mais popular entre as pessoas é o fato de que a dependência de várias partes e profissionais diferentes gera o não-entendimento por parte do cliente ou usuário, de como solicitar este tipo de serviço, ou mesmo como ele funciona, restando ao arquiteto ser o ator na cadeia de produção capaz de reunir nele a maior quantidade de conexões possíveis, de forma que ele possa dar todas as respostas que o cliente ou usuário precisa para entender como a construção seca funciona.

Neste caso, **a gestão da produção na pré-fabricação**, mesmo que tenha envolvimento obrigatório de outros profissionais da construção civil, **é planejada pelo profissional que pretende oferecer a metodologia** de construção pretendi-

da, neste caso, o arquiteto.

Por esse motivo, foi conveniente ao autor recorrer a um exemplo de prática bem-sucedida de gestão da pré-fabricação habitacional e conhecer seus processos, de forma que a proposta de metodologia do autor encontre similaridades e se torne consonante com esta prática, a fim de se obter reflexões finais sobre qual a melhor maneira de se trabalhar a metodologia WikiHouse de construção para a customização de massa da habitação.

CASO DE ESTUDO: RESOLUTION: 4 ARCHITECTURE

O estúdio Nova Iorquino Resolution: 4 Architecture é uma firma de dez pessoas que implementa projetos na área comercial e principalmente na área residencial. Foi fundado em 1990 por Joseph Tanney e Robert Luntz. O objetivo do Resolution: 4 é assimilar os desafios da produção habitacional do século XXI através do emprego do design arquitetônico inteligente. De acordo com a empresa, estão comprometidos a trabalhar com práticas sustentáveis na produção da construção e que refletem na perduração a longo prazo.

Começaram seu trabalho com uma série de reformas de interior na Cidade de Nova Iorque, até consolidarem um negócio de produção residencial pré-fabricada em madeira, dentro de galpões, e ser transportada para o campo, a chama-

da construção modular. Em adição, para além da construção modular, o trabalho da empresa está baseado na criação de uma linguagem da construção seca que permita a manipulação integrada de diversos elementos presentes na indústria nacional de elementos pré-fabricados. Cada solução projetual da empresa é única e pode ser adaptada a usuários variados, contudo, possuem de antemão uma série de blocos volumétricos que, articulados entre si, podem gerar prontas respostas no ato de projeto e de brainstorming, junto ao cliente.

O resultado, presente nas mais de 120 casas fabricadas "indoor" desde 1990 até hoje, é a facilidade de customização, rapidez, racionalidade material e qualidade infraestrutural incorporada da construção, frente à construções fabricadas direto no canteiro de obras. Nos Estados Unidos, a empresa Resolution: 4 Architecture se tornou uma prática, um método arquitetônico, sendo premiado e aclamado ao longo da sua existência por diversas premiações da área da arquitetura, como publicações nas revistas Time, Domus, Architectural Digest, e em jornais como o The New York Times e o Los Angeles Times.

A diferença entre os projetos contruídos pelo Resolution: 4 Architecture e a proposta do autor a ser elucidada é que a casa é pré-fabricada dentro de um galpão, enquanto a WikiHouse é pré-fabricada com o auxílio de um laboratório maker e

RES4



RES4



RES4



RES4



RES4



RES4



Figura 44 (set): processo de fabricação de uma residência pelo escritório Resolution: 4 Architecture, desde a fábrica até o canteiro de obras e acabamento final. Fonte: Resolution: 4 Architecture

montada em canteiro, com as peças cortadas por máquinas controladas por computador (CNC), ao invés do uso de peças inteiras e cortadas por quem manipula. A similaridade é que a produção habitacional nos dois casos é feita sob demanda (on-demand).

A empresa Resolution: 4 oferece um paradigma, uma gestão da produção habitacional pré-fabricada em massa, que pode ser chamado de **produção habitacional pré-fabricada em 4 fases**, onde a obra se dá desde o processo de projeto, incluindo opiniões do cliente final para realização das plantas, até a maneira como a obra é construída em campo. Esta metodologia de produção será explorada aqui, e que entra em consonância com a estratégia de produção almejada para um projeto WikiHouse.

8 PRODUÇÃO HABITACIONAL PRÉ-FABRICADA EM 4 FASES

FASE I - DESENHO ESQUEMÁTICO

De acordo com o escritório Resolution: 4, nesta fase da gestão de produção habitacional pré-fabricada de massa, o desenho esquemático é a ferramenta essencial para composição formal da proposta de projeto. Ela pode ser adotada tanto para clarear a visão do profissional (arquiteto) na hora de projetar a obra, quanto para projetar a obra junto ao cliente final, como forma de aproximar o entendimento de ambas as partes de como

funciona o método.

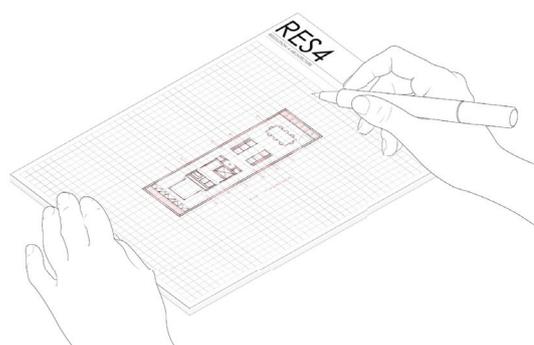
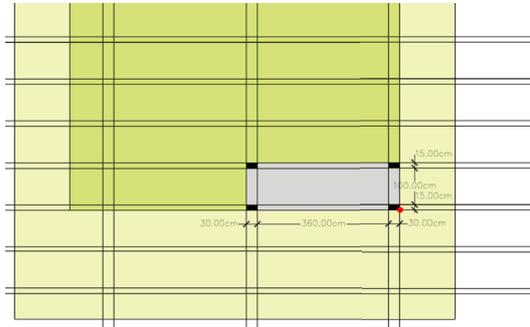
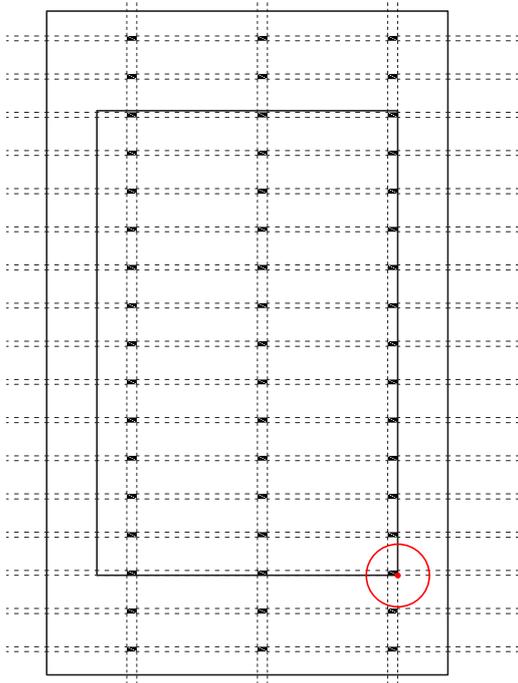


Figura 45: desenho esquemático, na gestão de produção do escritório Resolution: 4. Fonte: Resolution: 4 Architecture

Nesta fase, o escritório fornece uma série de folhas de papel quadriculadas para os profissionais da arquitetura projetarem. Intencionalmente, a folha quadriculada remonta uma articulação modular, pelo fato de que os quadriculos podem remeter a medidas modulares. Dessa maneira, o processo de projeto se dá de forma modularizada, facilitando o emprego e alocação de objetos e módulos pertencentes à estratégia de projeto.

No caso da proposta do autor para este trabalho, essa mesma estratégia pode ser usada, no entanto não através de uma folha quadriculada já pronta - remetendo a um sistema referencial bidimensional de coordenação modular -, mas através do arranjo de uma própria matriz coordenada modularmente, se espelhando nas medidas padrão do módulo base do método

WikiHouse criado.



A posição da matriz de desdobramento dos módulos em um dado lote (no caso do trabalho um lote 12x20m) necessita de um ponto de referência inicial. Este ponto seria o ponto inicial do gabarito. Pode ser colocado em quaisquer locais que o profissional deseje trabalhar o desdobramento da matriz. Para concretização da proposta habitacional do autor, o ponto de gabarito (matriz) foi colocado no canto inferior direito, onde se encon-

tram as arestas de afastamento.

Além disso, o **ângulo da matriz** pode ser alterado, o que muda a forma da residência. Como parte do objetivo da proposta deste trabalho é demonstrar a implantação da nova WikiHouse em um terreno, o ângulo de 90 graus foi escolhido. Ou seja, a casa adotará uma forma longitudinal, paralela à maior aresta do terreno.

A situação do lote e suas elevações, sua **topografia**, é **irrelevante** do ponto de vista da matriz bidimensional, pois o que interessa nesse caso é a posição do objeto construído no plano. **Os desníveis topográficos são arrematados na fundação.**

Essa matriz poderia ser desenhada ou impressa no papel após a definição de sua posição e giro, e assim daria-se início ao processo de design da obra WikiHouse, como por exemplo desenhos esquemáticos de esquadrias, acessos e posição de elementos terceiros.

FASE I - DESENVOLVIMENTO DO DESIGN

Esta fase do processo de gestão consiste no design efetivamente volumétrico, por programas dedicados de design arquitetônico (SketchUp usado pelo autor) para materializar a proposta vinda do processo de desenho esquemático.

Nesta fase, o design ainda conta com a participação direta do cliente e do profissional na construção volumétrica da

obra, escolhendo materiais e espacializando os cômodos e aberturas.

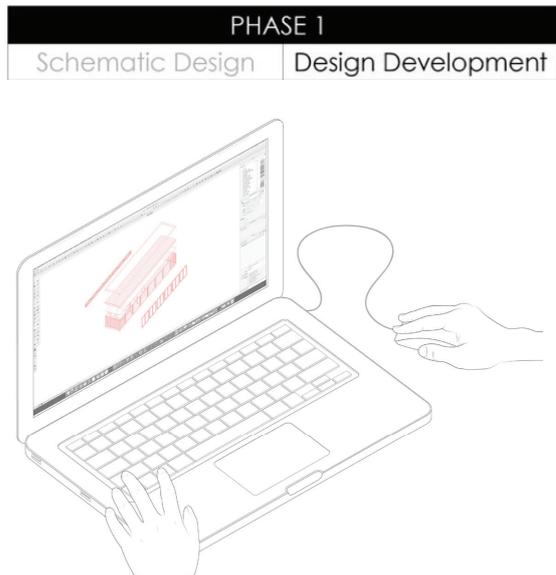


Figura 46: desenvolvimento do design, na gestão de produção do escritório Resolution: 4. Fonte: Resolution: 4 Architecture

A estratégia que o escritório Resolution: 4 utiliza para a **organização volumétrica e programática** é a aplicação do chamado **“the modern modular”**. O processo do modular moderno criado pelo escritório consiste na montagem dos volumes residenciais a partir de módulos pré-definidos. Estes módulos, por conseguinte, são depois transformados no desenho arquitetônico do projeto, concretizando a fase do desenvolvimento do design.

Os módulos configuram uma alternativa pré-pronta para instruir e dinamizar a estratégia de projeto. A oferta de módulos prontos cria uma interface mais forte entre cliente e profissional, o que não significa que a proposta não possa ser customizada.

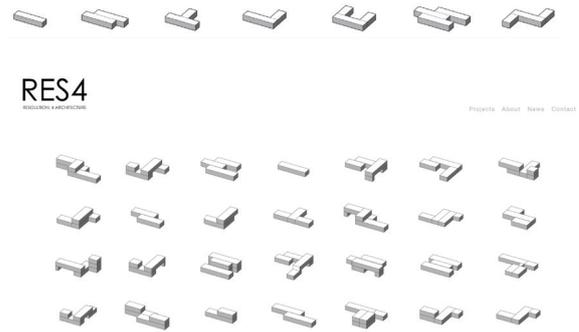
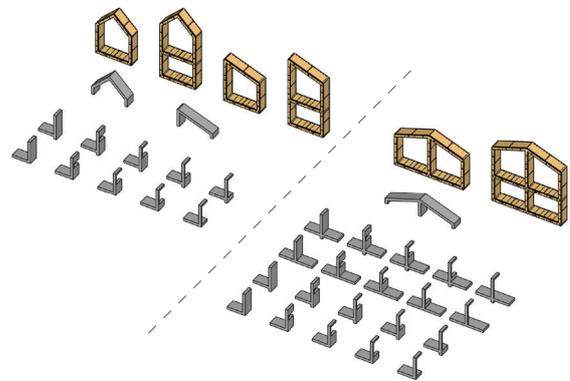
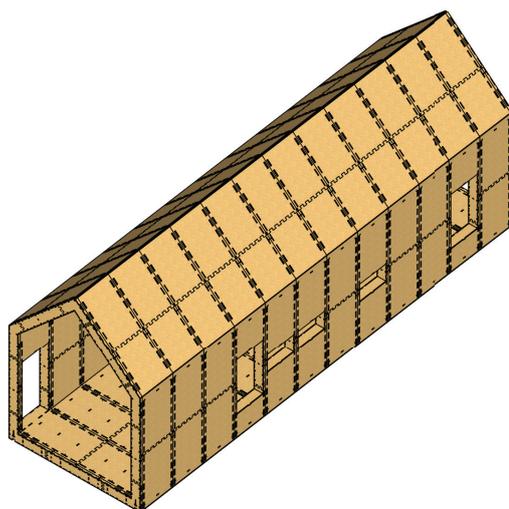
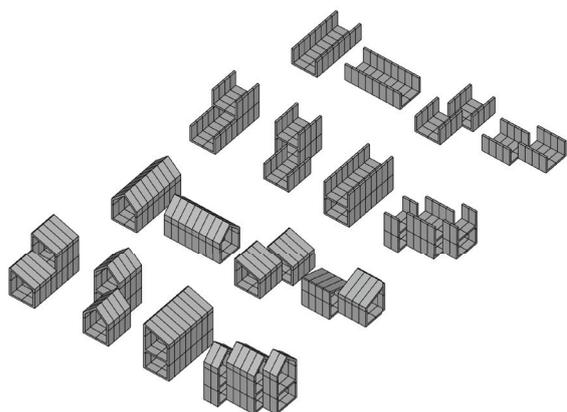


Figura 47 (set): desenvolvimento do design, na gestão de produção do escritório Resolution: 4. Fonte: Resolution: 4 Architecture

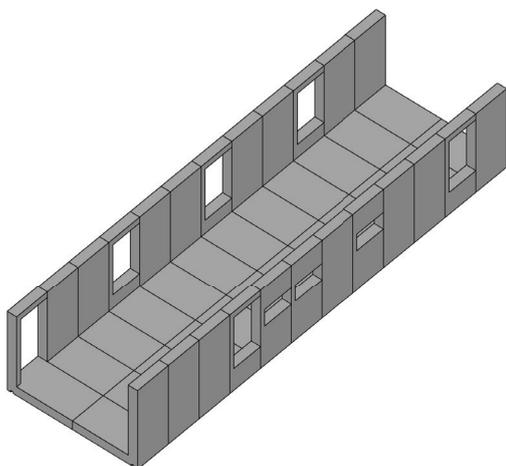
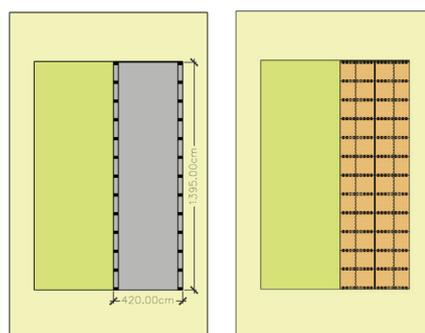
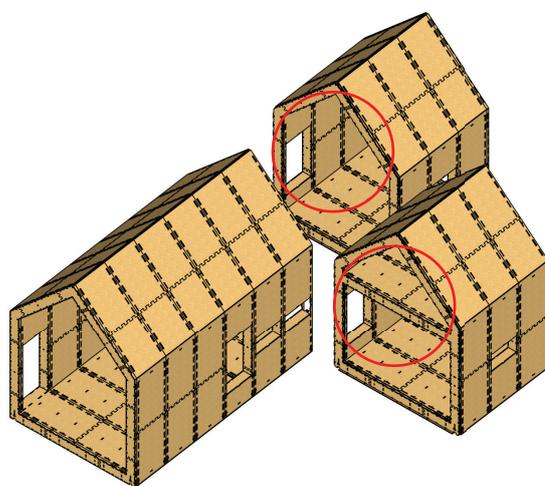


Como o módulo base WikiHouse trabalhado aqui é simétrico, ele foi dividido em no meio e, a partir disso, customizado em suas metades com variações de aberturas e cobertura, mostrando como exemplo a qual módulo base pertencem os módulos volumétricos (módulo base único na esquerda e expandido na direita).

Diferentemente dos módulos criados pelo Resolution: 4, as aberturas são uma variante a mais na hora da escolha para compor o projeto final. Com isso ganha-se uma dimensão na posição de cômodos e elementos internos. A seguir, algumas possibilidades de composição de módulos volumétricos.



Para o proposta final de projeto, foi escolhido um set de módulos com fechamentos diferenciados (dentro da biblioteca modular volumétrica criada), e esse set foi disposto longitudinalmente. O **material final escolhido foi o compensado estrutural de 18mm de espessura** (compensado naval) pelas suas propriedades hidrofugantes e resistentes. O OSB também é uma alternativa de material para o sistema construtivo. A coloração a título de exemplo foi baseada no que há disponível no SketchUp, que é a textura OSB. O compensado não tem textura que reflete o material e por isso, não foi aplicada.



Através da composição modular volumétrica, retirou-se a versão final estrutural do projeto deste trabalho. Os pontos circundados em vermelho expõem a diferença entre os módulos com pórticos comuns e os módulos com pórticos de suporte para caixa d'água.

Depois do volume estrutural composto, pode-se avançar para a segunda fase.

FASE 2 - DOCUMENTAÇÃO E LICITAÇÃO

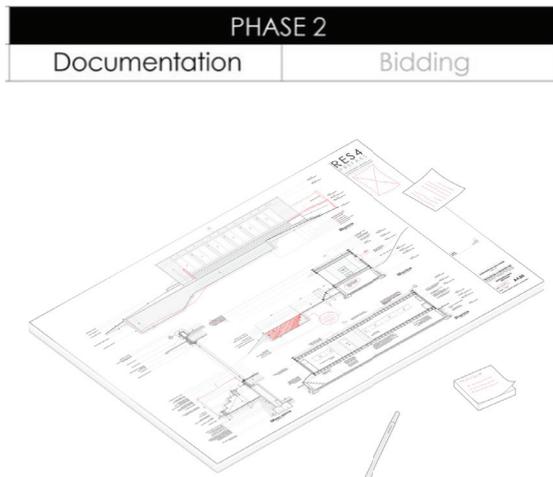


Figura 48: desenvolvimento da documentação, na gestão de produção do escritório Resolution: 4. Fonte: Resolution: 4 Architecture

Na fase 2, a documentação diz respeito ao envio dos documentos técnicos – plantas-baixas, cortes, elevações – da proposta arquitetônica para aprovação pelo corpo técnico autorizado local (prefeitura). Os arquivos técnicos da proposta deste trabalho estarão dispostos no capítulo ‘Anexos’.

Após a estruturação do design digitalmente, é necessário extrair os arquivos técnicos para aprovação de construção. Mesmo que um projeto WikiHouse se diferencie em sua natureza por tipo de construção (seca em relação à convencional construção tradicional em alvenaria), **o autor deste trabalho enseja que a obra WikiHouse passe pelos mesmos critéri-**

os de aprovação que na construção tradicional, pois as leis urbanas atuam, acima de tudo, sobre o campo do ambiente construído, ao qual pertence uma obra WikiHouse.

A responsabilidade técnica entra nessa etapa. No caso de Itabirito, o arquiteto, após os documentos técnicos realizados, dá entrada ao pedido de vista aos documentos exigidos pela Secretaria de Urbanismo da Prefeitura Municipal, em um prazo máximo de 60 dias.

Após o prazo de análise dos documentos, a Prefeitura pode devolvê-los para o requerente caso sejam detectados detalhes e elementos que não correspondem aos padrões legais e exigidos pelas leis municipais.

Essa roda de entregas e devoluções podem acontecer até que toda a documentação esteja em acordo com as leis. A partir daí, o projeto executivo é autorizado e expedido com aval municipal para construção.

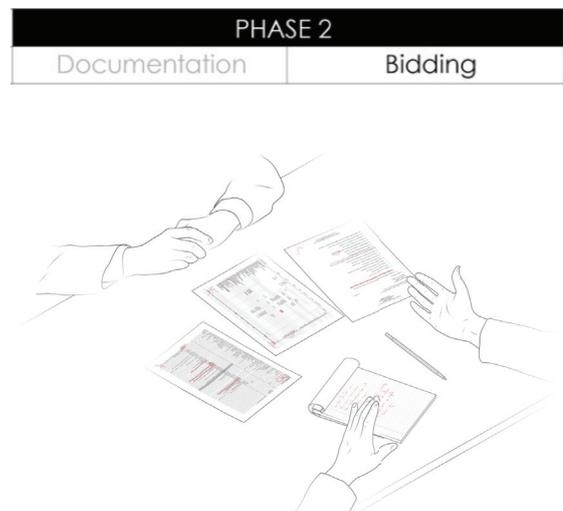


Figura 49: desenvolvimento da licitação, na gestão de produção do escritório Resolution: 4. Fonte: Resolution: 4 Architecture

A licitação na fase 2, como explicitado pelo escritório Resolution: 4, é a etapa onde a mão-de-obra é contratada. A obra WikiHouse elimina nessa etapa a necessidade de contratação de mão-de-obra terceira, isso porque, de acordo com a Fundação WikiHouse, os próprios donos futuros da obra podem se ajudar entre si para construir. É possível tal ação pela capacidade de montagem do todo construído pelas partes. A explicação de montagem será exposta na fase 4.

Ainda que a obra WikiHouse possa ser manipulada em canteiro pelos próprios donos, algumas ressalvas surgem. Para trabalhos de execução de fundações, anexação de componentes além daqueles oriundos do método construtivo WikiHouse (peças de compensado), execução de telhado e de acabamentos internos, é importante que sejam contratados profissionais que saibam trabalhar com tais materiais, manualmente e tecnicamente.

Isso indica que a autonomia na qual a proposta original WikiHouse se baseia é ideal. Ela não é procedente no cenário casual. O arquiteto nessa fase tem a responsabilidade de contatar e conectar ao calendário de obras os atores que serão solicitados para o canteiro da obra WikiHouse.

FASE 3 - PRODUÇÃO EM FÁBRICA E TRANSPORTE

PHASE 3	
Factory Production	Delivery

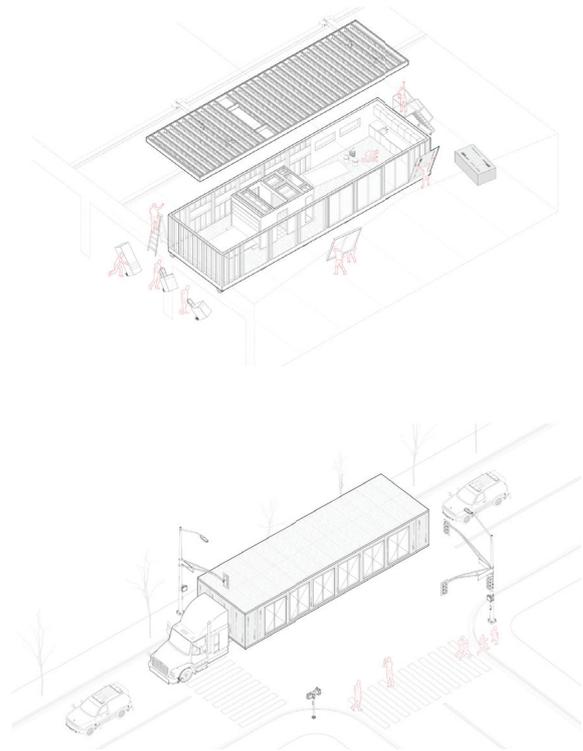


Figura 50 (set): desenvolvimento da produção em fábrica e transporte, na gestão de produção do escritório Resolution: 4. Fonte: Resolution: 4 Architecture

Na etapa de produção em fábrica das residências, três aspectos são considerados para relacionar o método construtivo WikiHouse e o Resolution: 4.

	RES4	WIKIHOUSE
PRODUÇÃO		
MONTAGEM		
TRANSPORTE		

O primeiro aspecto relacional é o

da produção. **A produção de residências pelo método Resolution: 4 (the modern modular)**, assim como pode ser verificado nas imagens no início do capítulo, **se resume ao trabalho manual em galpão**, de construtores habilitados para trabalhar com a metodologia respectiva. Isso gera empregos e a mecanização atinge menor nível. Perde-se em tempo e qualidade de produção, pela segregação das funções e tarefas de produção. O processo de montagem total em fábrica dos módulos de uma casa, de acordo com a empresa, leva de 4 a 6 semanas.

A produção de residências pelo método WikiHouse se resume ao trabalho majoritariamente **mecanizado, e computacional**. A máquina é que faz o trabalho de produção em fábrica (fábrica digital). Isso diminui a geração de empregos, requerindo uma mão-de-obra mais qualificada do que aquela somente de montadores de partes. Ganha-se em tempo e qualidade de produção, pela concentração das funções e tarefas de produção. A velocidade da máquina (CNC) ao cortar as peças, bem como a quantidade de máquinas disponíveis na fábrica é, portanto, fator determinante no processo de produção no âmbito da indústria 4.0.

O segundo aspecto relacional é a montagem. **Pelo método do Resolution: 4, a montagem da casa se orienta pela composição das partes em um todo estrutural**, que será transportado inteiramente. **No método WikiHouse, a montagem da casa se orienta pela com-**

posição do todo estrutural através de partes, ou seja, o reverso. Mesmo que a produção do Resolution: 4 se dê utilizando elementos e peças menores como vigas e pilares de madeira pinus pré-fabricados, o todo estrutural depende de uma série de operações diferenciadas para estar efetivamente formado, como por exemplo a anexação de chapas de metal em juntas estruturais (o que configura uma variação de natureza de materiais).

No WikiHouse, as operações de montagem desse todo são simplificadas, resumindo-se apenas ao trabalho de encaixe de componentes e eventualmente, a parafusação, tendo menos variações de materiais empregados na estrutura (somente compensado naval ou OSB) e facilitando a linguagem de montagem, manuseio e previsibilidade, dadas as condições essenciais de instrução para execução das tarefas.

O arquiteto é imprescindível nos dois métodos. Ele instruirá em canteiro de obras e supervisionará efetivamente a montagem estrutural, tornando necessária sua permanência junto às atividades por grande parte do tempo de construção. **O benefício dessa operação é o compulsório controle de qualidade**. Novamente, a ideia de autonomia de construção oferecida pelo método original WikiHouse, onde as pessoas podem autoconstruir o todo estrutural (o conjunto final dos módulos base) carece de acompanhamento profissional.

O terceiro aspecto relacional é o

transporte. **O transporte pelo método do Resolution: 4 indica a necessidade de utilização de grandes carros** (semirreboque e caminhões guindaste) para içar seus módulos e assim, seu todo estrutural em campo. **Este método enfrenta grandes dificuldades na realidade brasileira.** O Brasil tem uma pobre infraestrutura de transporte, com alta concentração no setor rodoviário, que no geral, é precário.

Em outras palavras, **a dificuldade de transporte de carga no caso de uma produção modular em blocos** no Brasil inviabiliza este tipo de prática, além das condições regionais geográficas acentuadas (como regiões montanhosas abundantes), que dificultam o acesso destes grandes carros ao canteiro de obras.

Na metodologia WikiHouse, o transporte do todo estrutural pode ser feito em pequenos furgões porque o que vai a campo ainda são peças finas (18mm) cortadas e que podem ser empilhadas ocupando pouco volume, em contraste ao módulo tradicional, em bloco. Os módulos base do WikiHouse são desenvolvidos no canteiro. Com a utilização de carros menores, se possibilita e viabiliza o método para a produção habitacional, especialmente no Brasil.

FASE 4 - IMPLANTAÇÃO E CANTEIRO DE OBRAS

PHASE 4	
Set	Site Construction

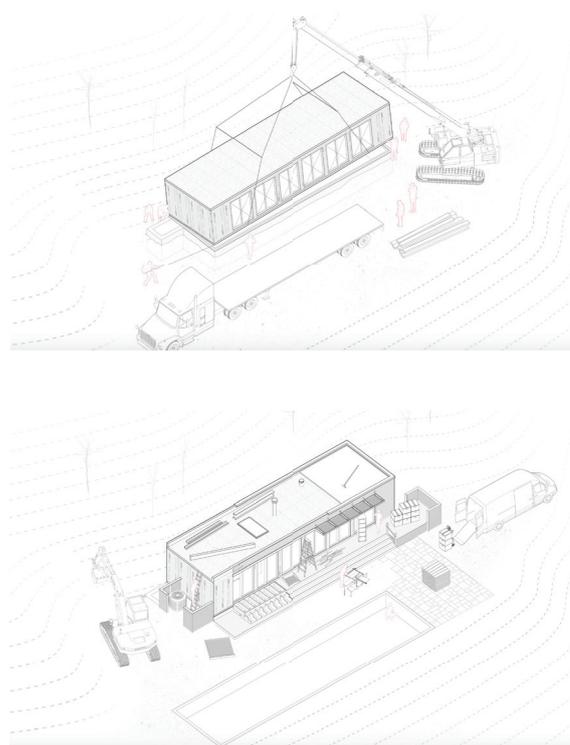


Figura 51 (set): desenvolvimento da produção na implantação e no canteiro de obras, na gestão de produção do escritório Resolution: 4. Fonte: Resolution: 4 Architecture

De acordo com o escritório Resolution: 4, a implantação das suas residências, consistindo na reta final do processo de gestão da sua produção pré-fabricada, é feita por um caminhão guindaste e um grupo de operadores, onde os módulos são colocados em cima de uma fundação anteriormente feita e impermeabilizada. Essa operação quer dizer que, antes da alocação modular em canteiro, a fundação já tem que estar pronta (vigamento baldrame com manta asfáltica).

Para o método construtivo WikiHouse, não necessariamente a fundação precisa ser um vigamento baldrame, e em concreto armado. A impermeabilização, no entanto, tem que existir. A fundação

para receber a estrutura de OSB ou compensado naval é feita com um vigamento de perfil de madeira, geralmente utilizando-se peças de madeiras que também podem ser aplicadas em telhados (como peças de terças). O dimensionamento da seção transversal dessa viga baldrame de madeira é feito para resistir aos esforços do conjunto construído (acabamentos mais estrutura dos módulos base).

A implantação e organização do canteiro de obras para uma obra WikiHouse também é mais simplificada nesse caso. Ao contrário de sapatas corridas ou radieres, simples pilares de fundação (tubulão) com curtos diâmetros são necessários para receber as cargas. No entanto, essa é apenas uma indicação preliminar, variando caso a caso para o perfil de terreno a ser trabalhado.

A fundação para o WikiHouse também tem de estar previamente pronta, mas pela natureza do peso do conjunto construído que tende a ser mais leve do que uma obra em alvenaria, pode-se diminuir o dimensionamento da mesma para receber a obra. Ganha-se em raciocínio de recursos naturais nesta etapa, além de menos intervenção física e manipulação da terra no ato de arremate do canteiro.

Depois de posicionada a estrutura principal nos dois casos, a obra fica pronta para receber as intervenções adjacentes (acabamentos, patamares de acesso, garagens, dentre outros).

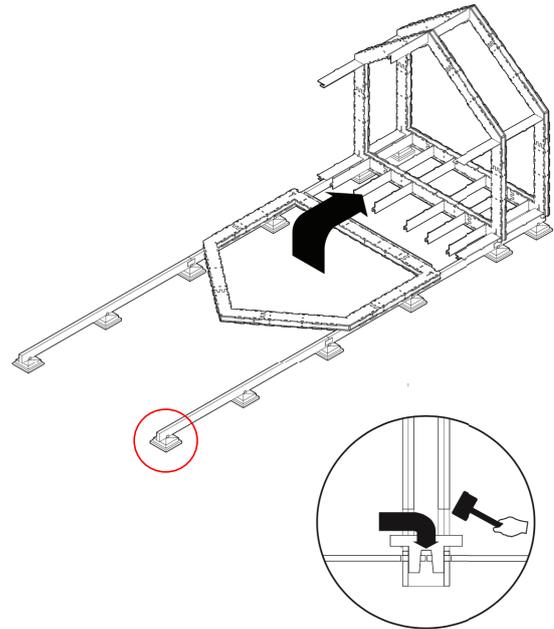


Figura 52: fundação no caso WikiHouse; acima, é mostrado com ela foi pensada para a Microhouse; as sapatas podem ser feitas de metal, que não somente de concreto armado, e apoiadas na superfície. Fonte: caderno de encargos Microhouse / Fundação WikiHouse

IO ORÇAMENTO

A caráter de cumprir a última missão deste trabalho, este capítulo se dedica a mostrar a visualização final da nova proposta residencial WikiHouse, fruto da engenharia revertida e da customização digital da Microhouse, através de uma estimativa de custo.

O orçamento que aqui consta diz respeito aos materiais; alguns materiais de fundação, materiais da estrutura principal (conjunto de módulos base), e dos elementos de proteção externa (acabamentos externos e cobertura). Os acabamentos internos e a fundação não foram contabilizados porque o autor considerou que esses dois dispositivos podem ser de escolha dos usuários, além de demandarem um estudo técnico mais aprofundado.

A internet e os canais de venda online foram usados exclusivamente para este orçamento. Isso porque a internet constitui uma via de acesso rápido para uma estimativa, além de ser um meio de comunicação disseminado e aberto, tanto para o profissional da construção civil quanto para o cliente da obra. **A melhor forma de se orçar é consultar o atacado**, sempre que possível. Porém, pela natureza de estimativa, os canais online de vendas de materiais de construção oferecem até mesmo a linha máxima, na qual todo o orçamento detalhado subsequente pode se basear, já que os preços podem ser

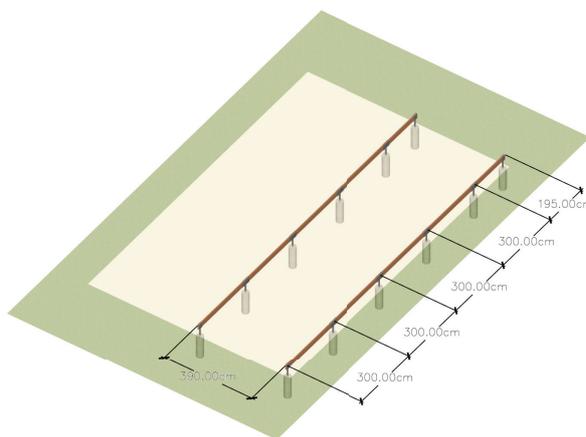
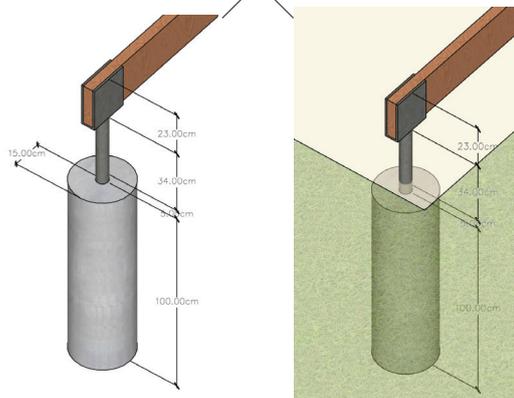
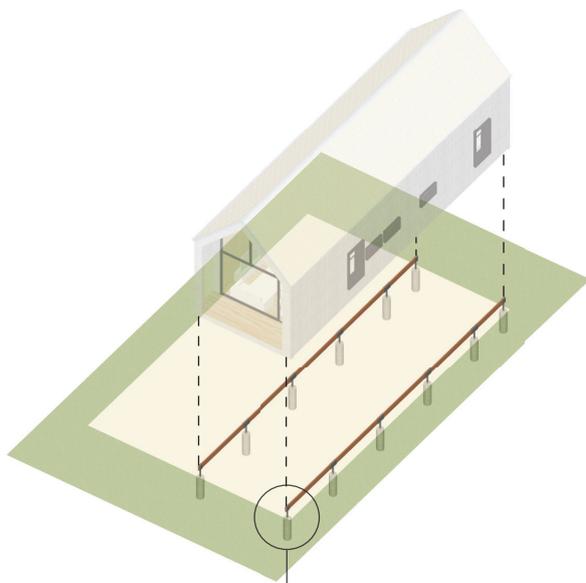
mais caros que o próprio atacado.

O orçamento para um projeto WikiHouse pode ser entendido em 5 partes: fundação (vigamento), **estrutura principal** (peças de madeira dos módulos base), **fechamentos externos** (encapeamento, trama de madeira e emplacamento), **cobertura** (trama de madeira, telhado, rufos e calhas) e **fechamentos internos** (vedação e acabamentos). Para demonstrar como essas áreas se articulam entre si para formar o todo construído e a residência final, seguem as descrições de cada uma.

FUNDAÇÃO

A fundação recomendada para este projeto WikiHouse **foi o tubulão**. Um tubulão é uma cava simples com dado diâmetro e profundidade. Circunstancialmente, é mais seguro do que uma fundação simplificada (radier) e mais econômico do que uma sapata corrida.

A profundidade do tubulão e a seção transversal (juntamente com o traço) tem a ver com o perfil do terreno e a quantidade de carga que a obra transmitirá ao solo. Como o sistema construtivo do WikiHouse é leve e não usa materiais que criam rochas artificiais (concreto), gera-se uma compensação no dimensionamento da seção transversal e da profundidade, gerando redução de custo e de intervenção no solo.



A fundação foi pensada contendo tubulões de concreto armado, cada um conectado a um engaste metálico que recebe as vigas baldrame de madeira salig-

na. Foi cotada e selecionada pela sua densidade aparentemente elevada. Também foi escolhida uma viga com seção 5x22cm e comprimento de 300cm (perfil em "I" para resistir aos esforços simples por flexão). Foram usadas **10 peças**, somando um **total de R\$ 769,00**.

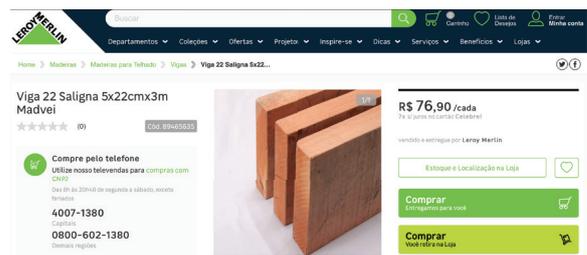


Figura 53: cotação do vigamento baldrame. Fonte: Leroy Merlin Belo Horizonte

ESTRUTURA PRINCIPAL

O preço da estrutura principal está ligado à **quantidade de placas de compensado naval** que foram utilizadas **para cortar todas as peças** em CNC, além da mão-de-obra do serviço de corte.

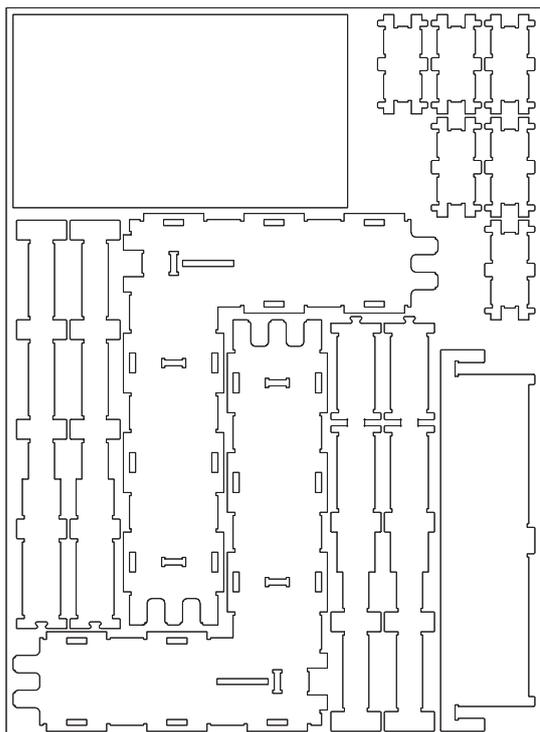
A contabilização de placas passa primeiro por um **critério de área útil**. É imprescindível que as peças que serão cortadas tenham o desenho de corte (2D) planejado, de forma que caiba o máximo de peças o possível dentro de uma mesma placa de madeira. Tem de serem respeitados parâmetros que a fábrica digital específica para o corte, como afastamento mínimo das bordas, pois a máquina possui um offset.

Para exemplificar os parâmetros de fábrica para tornar o orçamento mais

aproximado da realidade, foram utilizados os parâmetros de corte com os quais o laboratório maker Fábrica Jangada, anteriormente explicitado neste trabalho, trabalha.

O parâmetro mais relevante é **“deixar afastamento entre peças e borda da chapa de aproximadamente 20mm**. Estes valores podem mudar conforme a ferramenta utilizada”. Apesar de o afastamento entre peças ser de 2cm, foi burlado esta condição afim de racionalizar o processo de fabricação, cabendo mais peças em cada placa.

Os afastamentos internos variaram entre 0,5cm e 2cm. 0,5cm porque a ferramenta de corte (a broca da máquina) possui espessura de 0,5cm, cortando faces de duas peças, reduzindo indiretamente tempo e trabalho de máquina. Os afastamentos de borda foram mantidos em 2cm.



O segundo critério de contabilização é o **critério de área total**. Mesmo que haja sobras de desenho de corte nas placas, ou que sobre grandes áreas vazias nas placas, a placa inteira precisa ser usada. Dependendo do desenho, pode ser que os pedaços restantes sirvam para serem reutilizados, mas não é recomendado, pois o pedaço pode não encaixar-se bem na máquina e ter resultados frustrantes.

Nesse caso, toda a contabilização, mesmo que com sobras de espaço, foi feita em cima de placas inteiras, sem reutilização de sobras. As sobras, porém, podem ser inteiramente recicladas se destinadas a um setor correto para tal operação, tornando o processo sustentável.

A dimensão de área máxima que a máquina de corte CNC da Fábrica Jangada permite é a de 160x220cm. Assim, **foram utilizadas no total 223 placas de compensado naval, com dimensão de 160x220cm cada, somando um total de R\$ 45.703,85.**

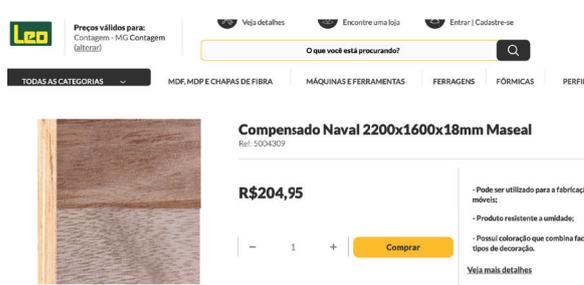


Figura 54: cotação do compensado naval. Fonte: Leo Madeiras Grande Belo Horizonte

É importante ressaltar que, nesse caso, é extremamente recomendado a cotação por via atacadista, pela quantidade

do mesmo material usada. No entanto, seguindo a linha da estimativa máxima, foi apreciado o valor de varejo.

FECHAMENTOS EXTERNOS E COBERTURA

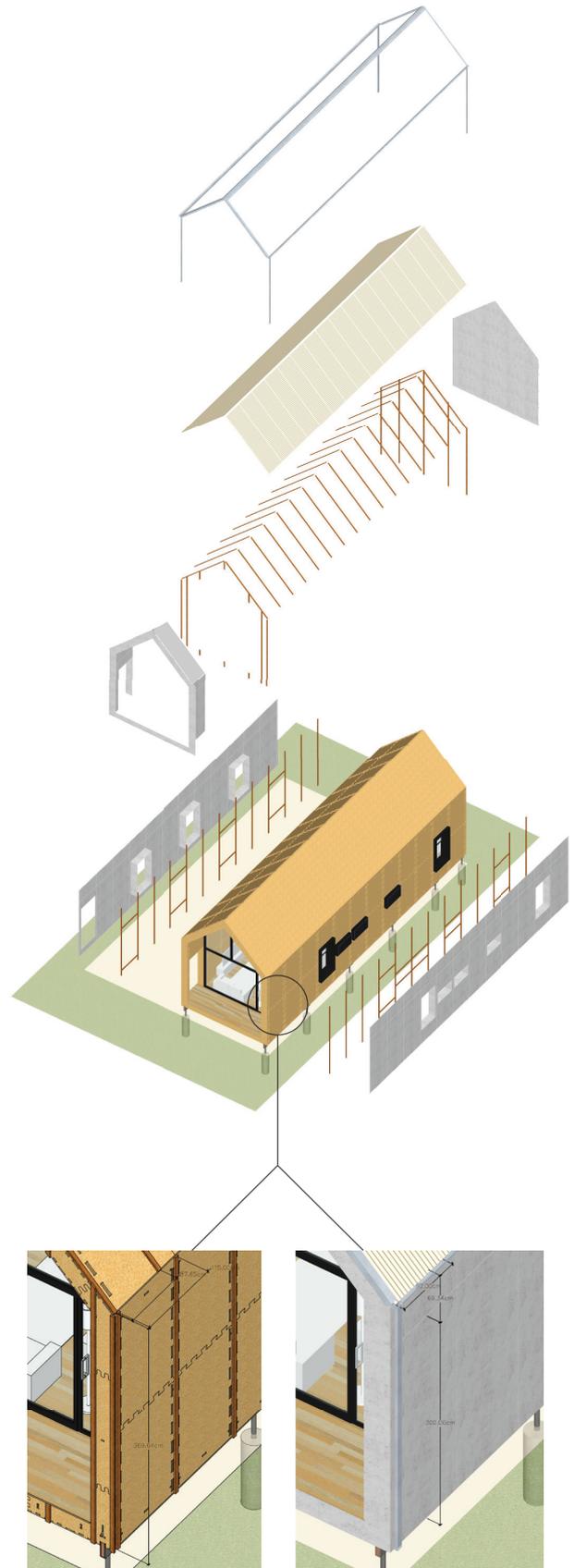
O orçamento dos fechamentos externos e da cobertura foram feitos com três materiais, em três etapas: trama de madeira (fachadas e cobertura), emplacamento (chapas de placa cimentícia hidrofugadas) e telhado (placas de telha em PVC).

Trama de madeira

Para fazer a interface entre a estrutura principal e as placas cimentícias (também entre as placas de PVC), são necessárias ripas anexadas ao compensado. As ripas são parafusadas nas chapas de compensado. As placas cimentícias são parafusadas em cima das ripas assim como as telhas, respectivamente. Juntas de dilatação de 0,3cm são presentes entre as placas cimentícias.

A madeira escolhida para a trama foi a ripa saligna, mesmo material do que a viga baldrame, por ter aparente densidade elevada. Isso faz com que o parafuso não rache a madeira na hora da anexar, ou que apresente resistência a esse tipo de avaria.

A ripa possui seção transversal de 2,4x5,7cm, com 396cm de comprimento. Tal comprimento faz com que a economia



com o material seja maior, pois todas os comprimentos das faces onde são anexadas são menores do que 396cm, não havendo necessidade de serrar outras peças inteiras para completar o comprimento restante.

É obrigatório empacotar a estrutura principal com filtro anti-humidade. Esse filtro pode ser a manta Tyvek Pro Home Wrap ou similar, que vêm de mercado em rolos de 30 metros ou mais.

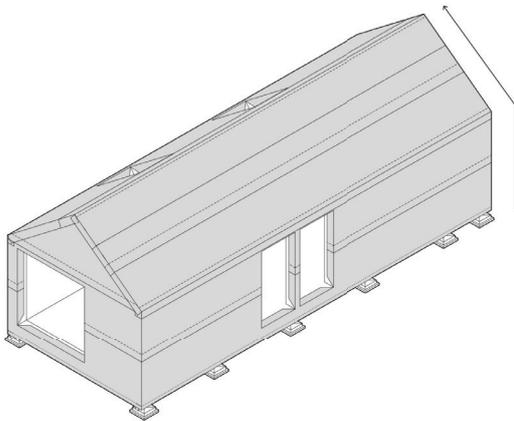


Figura 55: imagem exemplificando o empacotamento da estrutura principal com o filtro anti-humidade. Fonte: caderno de encargos / Fundação WikiHouse

Foi usado um total de 76 peças de ripa saligna para toda a trama de madeira do projeto, constando um valor total de R\$ 728,84.

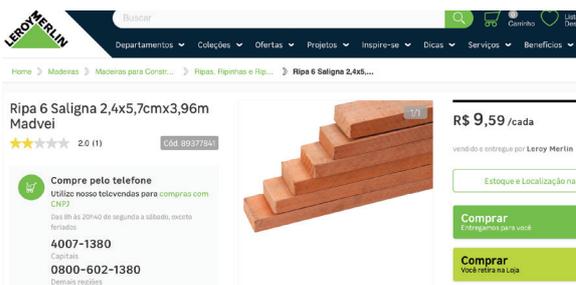


Figura 56: cotação das ripas da trama de madeira. Fonte: Leroy Merlin Belo Horizonte

Emplacamento

A placa cimentícia foi escolhida para revestir as fachadas externas pela sua capacidade de receber variados acabamentos, além de poder ser usada sem nenhum acabamento. Para isso, precisa ter propriedade hidrofugante. Pode ser aplicada em quaisquer casos, interna ou externamente.

As dimensões da placa cimentícia usada são 120x300cm, com espessura de 1cm. Quanto maior o comprimento da fachada, mais desejável se torna a aplicação de um material que tenha comprimento equivalente, para evitar o desperdício por causa de sobras.

No caso das placas, suas sobras podem ser reutilizadas na obra, desde que atenda a geometria e forma necessária, pois foi aplicada no projeto de forma que se corte somente suas extremidades laterais para arremate com os vãos de 115cm. Nas outras localidades onde a geometria não é retangular, as sobras de outras placas foram usadas.

Foram aplicadas **46 placas cimentícias** no total, **somando R\$ 5658,00.**



Figura 57: cotação das placas cimentícias. Fonte: Leroy Merlin Belo Horizonte

Cobertura

Foram escolhidas para fazer a cobertura da casa telhas de PVC minionda da fabricante Precon. Essas telhas têm dimensões de 91x240cm, com espessura de 1,4cm.

A ideia é que as telhas foram colocadas em espaçamentos de 90 em 90cm e os 1cm restantes são sobrepostos em suas bordas para tapar aberturas indesejáveis, evitando a entrada de água de chuva. São unidas por parafusos nesses encontros entre uma e outra, somando 2cm para essa operação. A manta impermeabilizante também é presente embaixo da telha e da trama de madeira da cobertura por causa do embrulho total.

Como o telhado tem mais de 240cm de comprimento na inclinação, foram necessárias duas telhas para cada segmento de 90cm. **Utilizando 64 telhas, somou-se um custo total de R\$ 4665,60.**

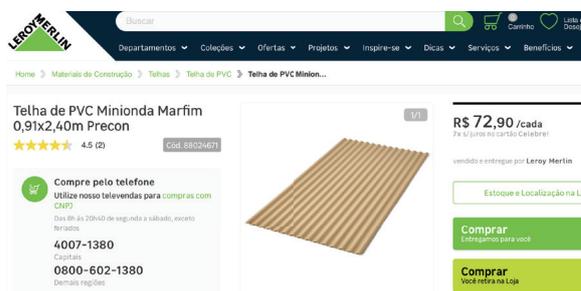
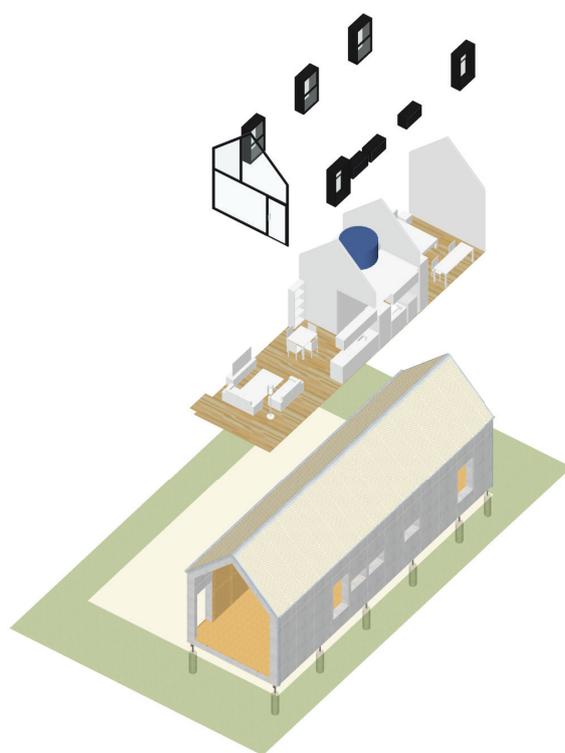


Figura 58: cotação das telhas PVC. Fonte: Leroy Merlin Belo Horizonte

internos não foram aplicados a este trabalho pelo autor considerar que pode ser escolhido diretamente pelos usuários que vierem a construir pelo método construtivo WikiHouse. Subsistemas (eletricidade e hidráulica), além dos acabamentos de piso, parede e teto, podem ser de livre escolha.

O autor recomenda que, de início, uma leve camada de gesso para acabamento do compensado interno descoberto é o suficiente para trabalhar a superfície sem grandes gastos. No entanto, no banheiro e nas faces da cozinha pode ser necessária a aplicação de materiais hidrofugantes, especialmente no piso até certa altura em que a capilaridade não consiga percolar.



FECHAMENTOS INTERNOS

Os fechamentos (acabamentos)

As esquadrias propostas se re-

sumem a vidro e castilhos de alumínio anodizado na cor preto. Os castilhos sobressaem intencionalmente pra fora dos limites das fachadas para bloquear luz solar intensa e se tornarem pingadeiras na parte inferior.

O layout interno foi resultado da melhor estratégia encontrada pelo autor para organizar um fluxo agradável dentro dos 55m². Poucas divisórias internas, fruto da estratégia de fluxo mais aberto, ajuda no planejamento de economia com instalações, inclusive hidráulicas, as concentrando em um volume central.

No setor central, acima do banheiro e do corredor que leva ao quarto, reside a caixa d'água. Ela pode ser acessada por escada de alumínio pequena e planejando uma abertura simples no gesso acartonado em forma de pequena porta, de forma que o usuário só necessite de tirar a tampa da caixa dentro do sótão por fora e executar a limpeza periódica. O gesso acartonado foi indicado para fazer os fechamentos internos por conta da sua fácil instalação, leveza e capacidade de manutenção sem grandes intervenções. no espaço construído, preservando o conjunto da obra.

Para as faces internas do banheiro e da cozinha, recomenda-se o acabamento em gesso acartonado verde, que possui propriedades hidrofugantes. No piso dessas áreas molhadas, recomenda-se a aplicação de manta impermeabilizadora e argamassas hidrofugantes, com ralos e tubulação estratégica para escoamento.

II CONCLUSÃO

DO ORÇAMENTO

Podemos perceber que a soma total do que foi escolhido para ser orçado neste trabalho (R\$ 57.525,29), indica o caráter de uma obra WikiHouse no contexto da realidade.

A escolha de materiais, a escolha dos canais de mercado, a escolha das estratégias de design – partindo da micro escala – e as definições legislativas sobre a terra são fatores chave que influenciam no preço final de uma obra.

Ao passo de que uma obra WikiHouse seja oriunda do campo da pré-fabricação, da construção seca e do campo da alta tecnologia – de um setor servitizado da indústria de manufatura, não se impede que tal natureza de construção esteja passível da atuação das oscilações do mercado imobiliário.

Além disso, várias outras **estratégias podem ser adotadas para contornar as dificuldades de adaptação de novas tecnologias para a habitação**. Uma delas é a do **trabalho de acadêmicos** para buscar soluções de racionalização dos métodos construtivos de ponta já existentes, visando sempre encaminhar as pesquisas no sentido de buscar o aumento da segurança estrutural, da vida útil e redução de preços. Estes são os três fatores pelos quais o autor deste trabalho medita

quanto às possibilidades de adentramento dessas tecnologias no panorama social.

Os benefícios da construção seca e com valor tecnológico agregado, como é o caso do método construtivo WikiHouse, se refletem na viabilização de instauração de uma nova cadeia de produção, mais sustentável, onde mesmo que a máquina ocupe postos de trabalho humanos, tenha-se que redirecionar os postos de trabalhos de mão-de-obra humana dentro desse processo de produção, no caso deste trabalho, no cenário da indústria 4.0.

Uma nova organização de trabalho pode ser elaborada, incluindo rotinas na cadeia produtiva que comumente não são encontradas na indústria tradicional de manufatura, como a constante e permanente destinação de resíduos para a reciclagem e reaproveitamento.

Isso pode gerar abertura de postos de trabalho dedicados à uma **economia verde** – sem demagogia de conceito – e estímulos governamentais para o desenvolvimento de cooperativas nesse sentido. Pelo fato de que a tecnologia de fabricação digital tem em sua raiz a democratização e inclusão (os Fab Labs são exemplo disso), indicam que a cultura maker pode ser o contrário do que o medo em relação ao aumento da modernização dos meios de produção prega.

Em um último momento, **podemos confrontar o valor de orçamento obtido com dados de tabela do mercado** da construção civil, como é o caso da tabela

TCPO, um indicador de variáveis de valor agregado, como valor da mão-de-obra, de materiais e de contextos socioespaciais, por unidades de medida, espaciais e econômicas. Os últimos dados disponíveis são de dezembro de 2017 para a categoria de custo direto habitacional.

Use de Edificação	Custo Total	Material	Mão-de-obra
Habitacional			
Residencial fino (1)	2.076,83	1.321,14	755,69
Residencial média (5)	1.564,20	282,05	642,29
Residencial popular (3)	1.165,20	688,52	476,68
Sobrado popular (11)	1.352,28	786,52	565,76
Prédio com elevador fino (4)	1.582,04	855,02	727,02
Prédio com elevador padrão médio alto (12)	1.263,17	960,57	602,60
Prédio com elevador médio (10)	1.459,70	975,76	483,94
Prédio sem elevador médio (9)	1.424,41	874,90	549,51
Prédio sem elevador popular (6)	1.153,53	613,66	539,87
Comercial			
Prédio com elevador fino (7)	1.696,90	995,37	701,53
Prédio sem elevador médio (8)	1.626,81	1.028,45	598,33
Clínica Veterinária (14)	1.632,19	1.073,71	558,48
Industrial			
Galpão de uso geral médio (9)	1.315,65	917,06	398,60

Figura 59: portal TCPO e Custos Unitários PINI de Edificações. Fonte: TCPO Web

A residência proposta neste trabalho final de graduação possui 50,22m2 internos. Externamente, possui 59,82m2. Se considerarmos a metragem quadrada de todo o perímetro da obra, ou seja, 59,82m2, além do preço material aproximado final de R\$ 57.525,29, **tem-se um custo material por metro quadrado aproximado de R\$ 961,63.**

À contragosto do autor deste trabalho, o valor material, ainda que reste orçamento de outros elementos como acabamentos internos, esquadrias e fundação, não corresponde a um valor de alcance social, como primariamente almejado. É um valor que aponta para uma habitação residencial fino, de acordo com a tabela e com os critérios analisados para a conformação dessa denominação.

O valor não aprecia todas as cidades, somente as capitais.

Ainda sim, o autor deste trabalho atenta para a adoção de estratégias de redução do preço final que possam não ter sido exploradas em sua totalidade, mas que foram relatadas ao longo dos capítulos.

Secundariamente a esses dados de orçamento obtidos por pesquisa própria, a Fábrica Jangada contribuiu via e-mail com um orçamento preliminar em valores totais sobre custos de material e mão-de-obra. A mão-de-obra para a proposta desse trabalho final (corte CNC das peças) fica em R\$ 19.250,00. A Fábrica consegue também oferecer a matéria-prima sem a necessidade do usuário orçar por conta própria ou com ajuda de terceiros. As placas de compensado (223 unidades) ficam em R\$ 46.250,85. Um serviço alternativo oferecido foi o acabamento de peças, num total de R\$ 17.000,00.

DO LEGADO A OUTROS TRABALHOS

Este trabalho pode primariamente contribuir para o entendimento de variados termos como 'fabricação digital', 'engenharia reversa', 'orçamento preliminar' e para o entendimento da influência do design industrial na arquitetura.

Também, chama a atenção para a importância do arquiteto como articulador entre variadas partes do mercado da construção civil, em especial do mercado

da pré-fabricação, pois reside nele o ônus do processo construtivo, desde a elaboração e divulgação dos métodos construtivos não-tradicionais, até a implantação da obra de fato (como visto na gestão de produção em 4 fases da empresa Resolution: 4). O benefício dessa operação é o assegurado controle de qualidade para o usuário.

As reflexões neste trabalho acerca de sistemas construtivos oriundos da pré-fabricação, seja digital ou fabril, podem contribuir para a continuação ou desenvolvimento de novas linhas de pesquisa, como o teste estrutural de um sistema construtivo resultante da conexão direta de partes e componentes e o desenvolvimento de novas tecnologias construtivas a partir de reversão da engenharia de outras já existentes, desde que respeitados parâmetros legais de disponibilização, obtenção e manipulação de material salvaguardado por licenças e patentes.

BIBLIOGRAFIA

RATTI, Carlo. **CLAUDEL**, Matthew. "Open Source Architecture". 2013. Disponível em: <https://soa.cmu.edu/s/RattiClaudel_Open-Source-Architecture.pdf>. Último acesso em 26/11/2018.

PARVIN, Alastair. **REEVE**, Andy. "Scaling the Citizen Sector". 2016. Disponível em: <<https://medium.com/@AlastairParvin/scaling-the-citizen-sector-20a20db-b7a4c>>. Último acesso em 26/11/2018.

GERSCHENFELD, Neil. "How to Make Almost Anything". 2012. Disponível em: <<http://cba.mit.edu/docs/papers/12.09.FA.pdf>>. Último acesso em 26/11/2018.

KENDALL, Stephen. "An Open Building Strategy for Achieving Dwelling Unit Autonomy in Multi-Unit Housing". 2012. Disponível em: <http://www.mom.arq.ufmg.br/mom/05_biblioteca/acervo/kendall_housing.pdf>. Último acesso em 19/07/19.

FONYAT, M. A. R. "A Pré-fabricação e o Projeto de Arquitetura". 2013. Disponível em: <<http://www.cezar-sucupira.com.br/artigos>>. Acesso em: 26/11/2018.

MORAIS, L. P. Z. **Next 21. Experimentações em espacialidades habitacionais**. Arqtextos, São Paulo, ano 18, n. 213.04, Vitruvius, fev. 2018. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arqtextos/18.213/6899>>. Acesso em 26/11/2018.

MACIEL, C.A. **Arquitetura, indústria da construção e mercado imobiliário. Ou a arte de construir cidades insustentáveis**. Arqtextos, São Paulo, ano 14, n. 163.00, Vitruvius, dez. 2013 Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/80415>>. Acesso em 26/11/2018.

SERRA, S. M. B. et al. **Evolução dos Pré-fabricados de Concreto**. 2005. Disponível em: <http://www.set.eesc.usp.br/1enpppcpm/cd/conteudo/trab_pdf/164.pdf>. Acesso em: 26/11/2018.

PIETRAROIA, G. C. 2017. Trabalho Final de Graduação: "Demolição Como Política Pública Urbana: O Caso de Warren, Ohio, EUA". FAUUSP.

KAPP, Silke. "Síndrome do Estojo". 2007. Disponível em: <http://www.mom.arq.ufmg.br/mom/05_biblioteca_2/arquivos/kapp_sindrome.pdf>. Último acesso em 26/11/18.

KAPP, Silke. "Interface Digital IDA: Apoio Ao Projeto Com Sistemas Construtivos Alternativos". 2016. Dis-

ponível em: <<https://ufmg.academia.edu/SilkeKapp>>. Último acesso em: 26/11/18.

KAPP, Silke. **OLIVEIRA**, N. M. A. "Produção Serida e Individualização Na Arquitetura de Moradias". 2006. Disponível em: <http://www.mom.arq.ufmg.br/mom/05_biblioteca/acervo/kapp_producao_serida.htm>. Último acesso em 19/07/19.

KAPP, Silke. "Uma tipologia de espaços cotidianos". 2012. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/risco/article/view/48853/52928>>. Último acesso em 19/07/19.

BERGDOLL, Barry. "Home Delivery: Fabricating The Modern Dwelling". 2008. Disponível em: <https://www.moma.org/documents/moma_press-release_387164.pdf>. Último acesso em 19/07/19.

COSTA, Christiane M. O. N. G. **PELEGRINI**, A.V. "O Design dos Makerspaces e dos Fablabs no Brasil: um mapeamento preliminar". 2017. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/det/index.php/det/article/view/375>>. Último acesso em 26/11/18.

ESPÍNDOLA, L.R. "Habitação de Interesse Social Em Madeira Conforme Os Princípios de Coordenação Modular e Conectividade", 2010. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/93836>>. Último acesso em 26/11/18.

MURTINHO, V. "Casa Eames: um lar prefabricado". 2016. Disponível em: <https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/35313/1/Casa%20Eames_um%20lar%20prefabricado.pdf>. Último acesso em 26/11/18.

SMITH, R. E. "History of Prefabrication: A Cultural Survey". 2009. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/902a/970592fdf534e5ca082749a24fdc8cee0300.pdf?_ga=2.227628635.715847270.1563585059-56146731.1563585059>. Último acesso em 19/07/19.

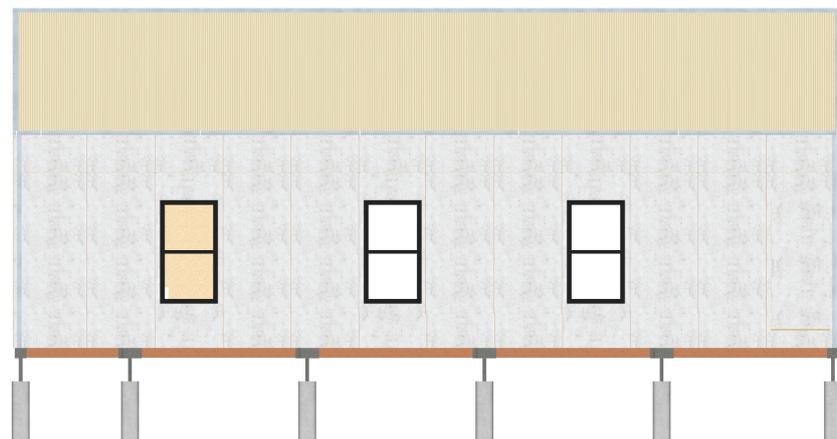
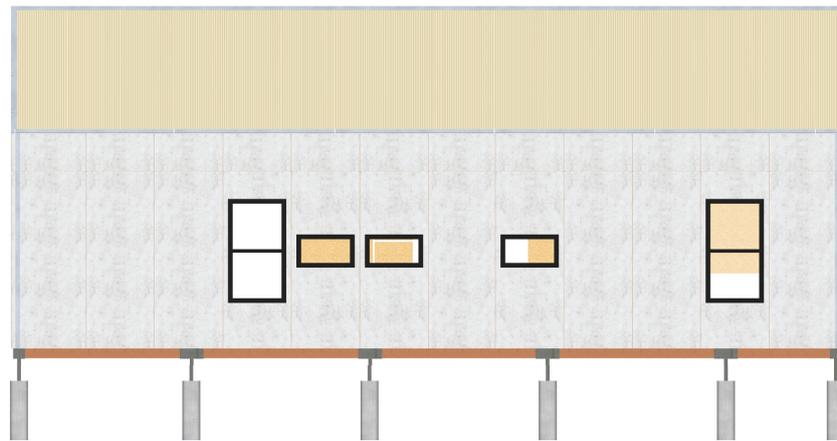
DEBORD, G. L. "A Sociedade do Espetáculo". 1967. Disponível em: <<http://www.cisc.org.br/portal/biblioteca/socespetaculo.pdf>>. Último acesso em 19/07/19.

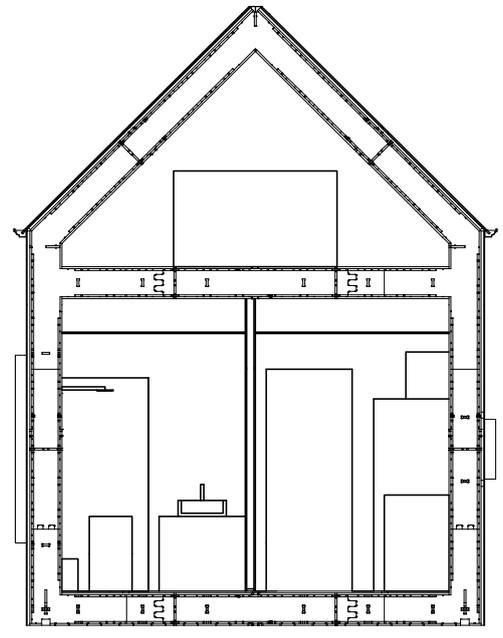
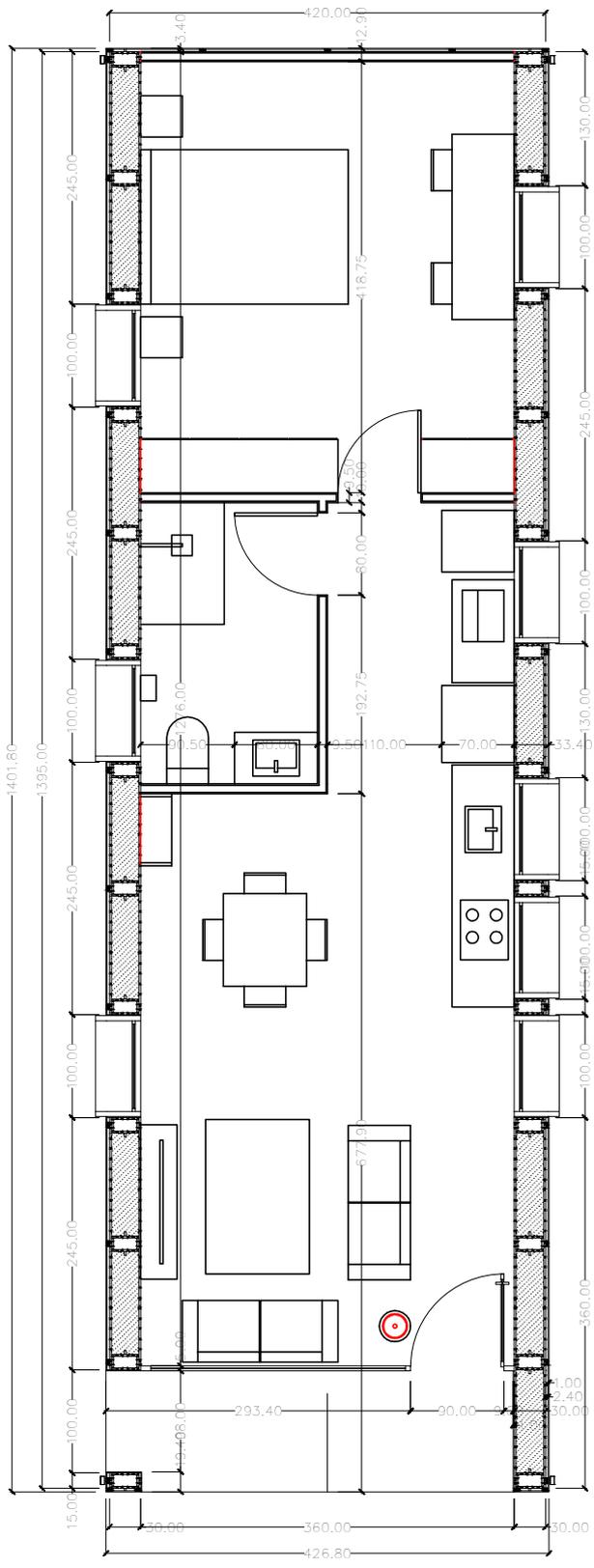
ALEMANY, M. M. **SOUSA**, J. P. "Parametric Design As A Technique of Convergence". 2003. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/65224>>. Último acesso em 19/07/19.

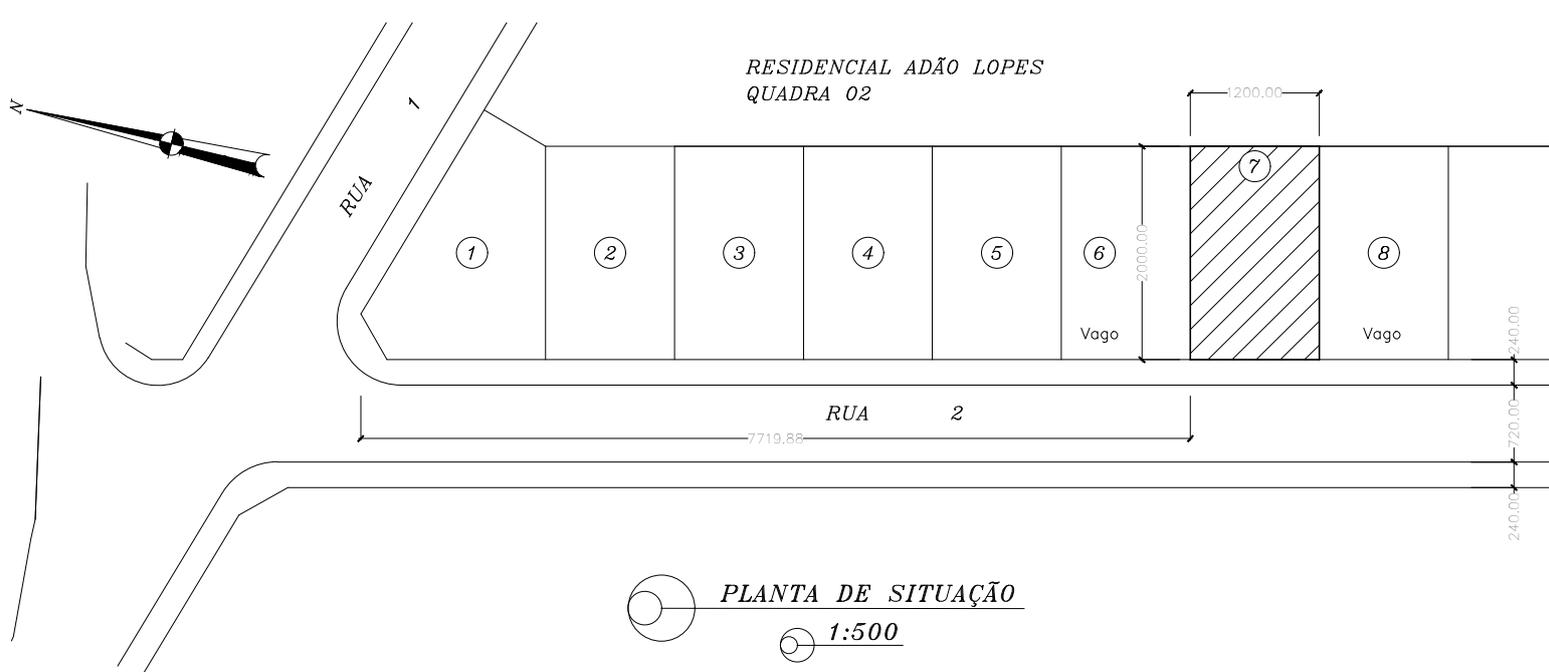
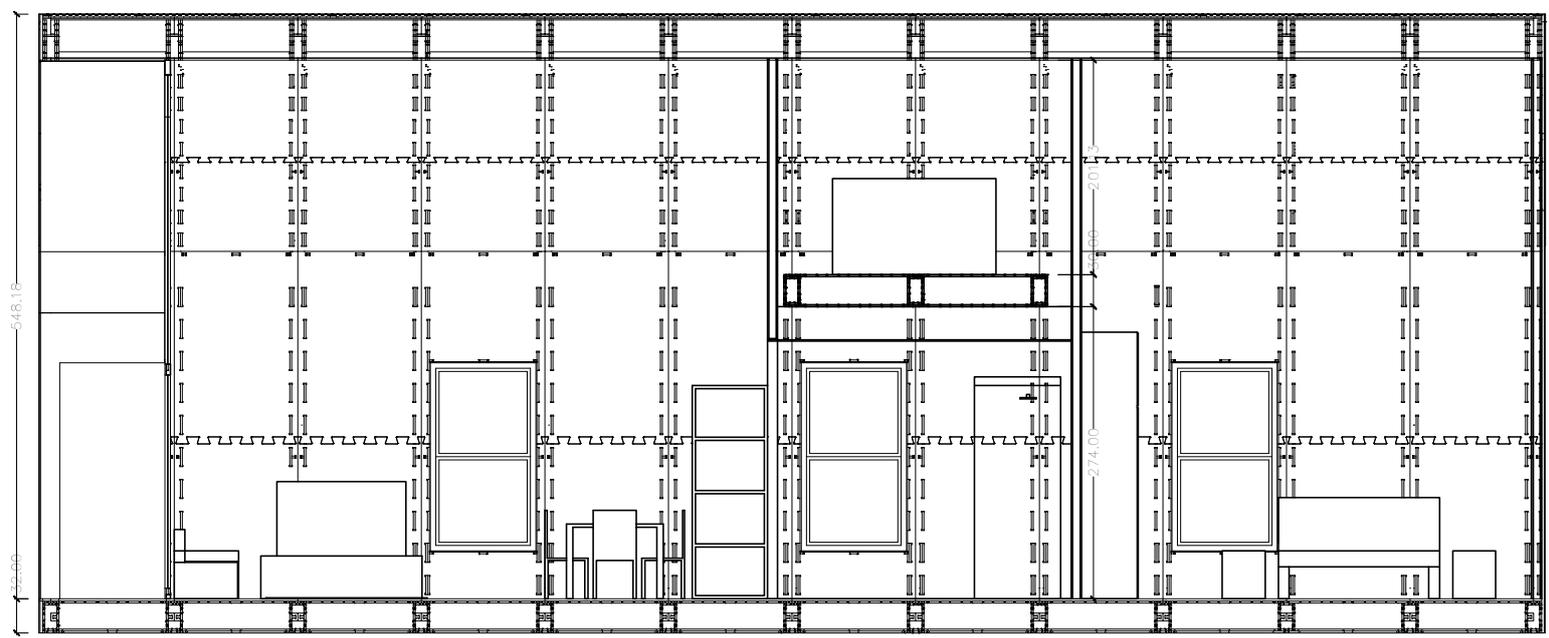
BOURDIEU, Pierre. "Alta Costura e Alta Cultura". 1974. Disponível em: <<http://www.mom.arq.ufmg.br/mom/babel/textos/bourdieu-alta-costura.pdf>>. Último acesso em 19/07/19.

RES4: Resolution 4 Architecture. "The Modern Modular". Disponível em: <<https://www.re4a.com/prefab#/the-modern-modular/>>. Último acesso em 19/07/19.

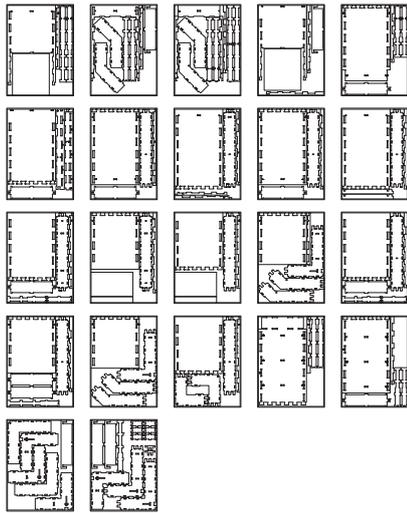
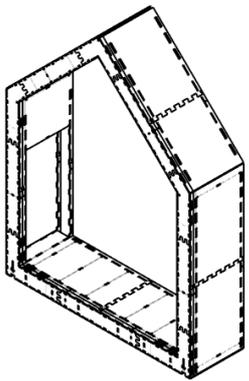
ANEXOS



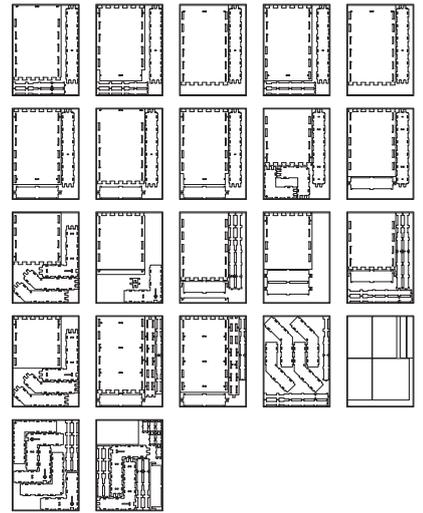
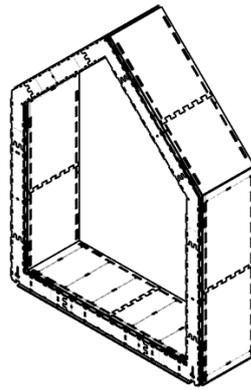




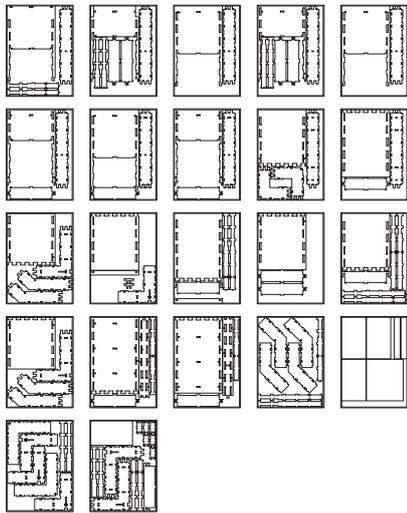
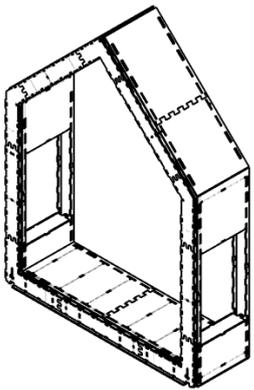
MÓDULO BASE 1



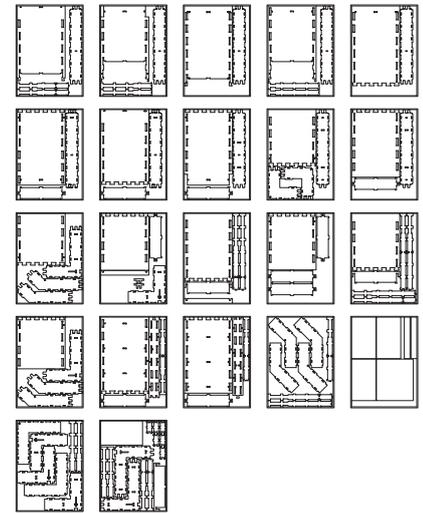
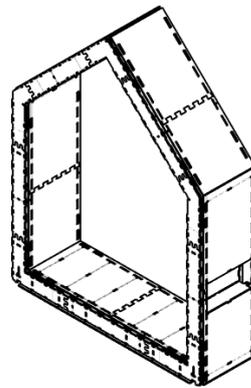
MÓDULO BASE 2



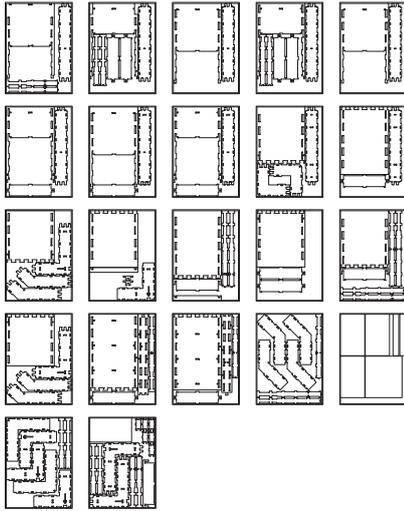
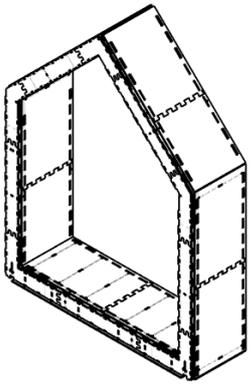
MÓDULO BASE 3



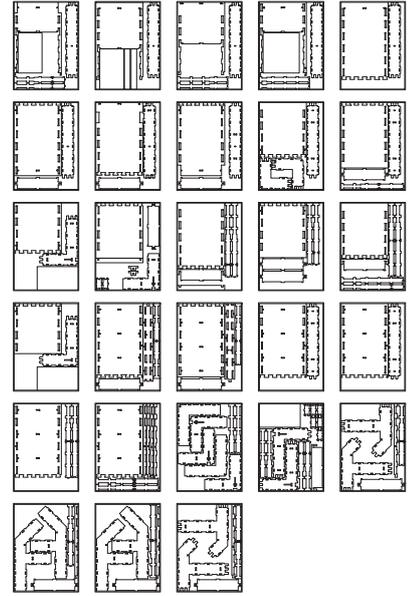
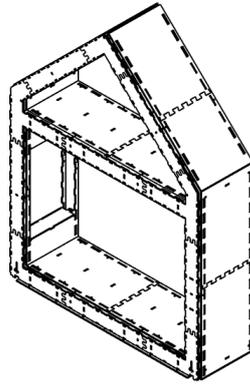
MÓDULO BASE 4



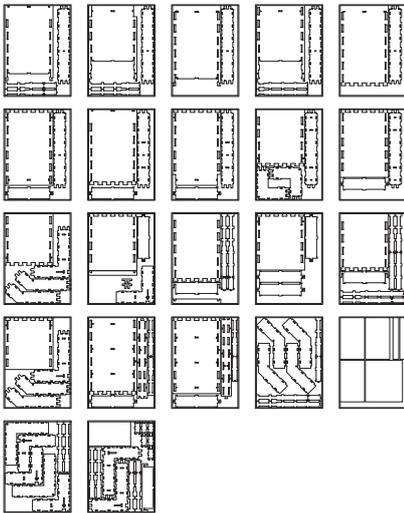
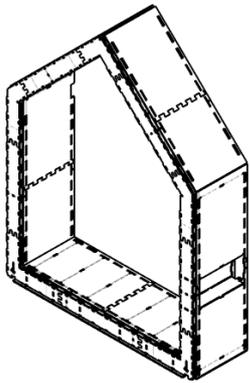
MÓDULO BASE 5



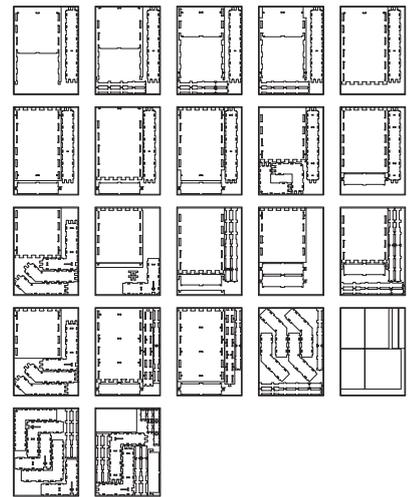
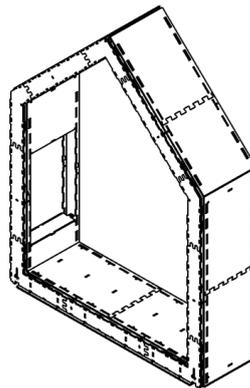
MÓDULO BASE 6



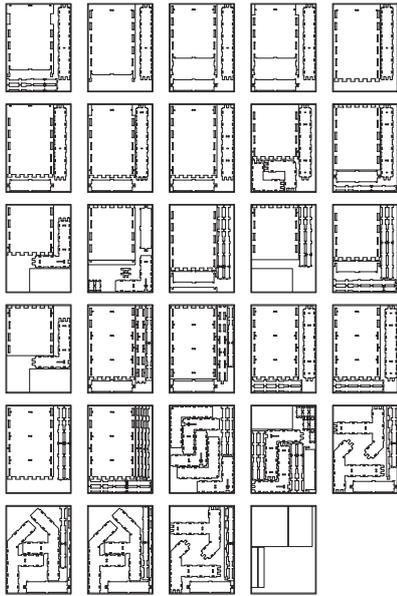
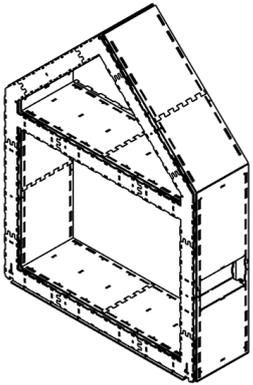
MÓDULO BASE 7



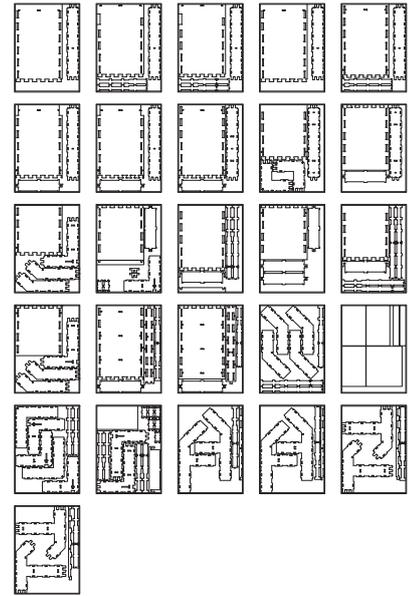
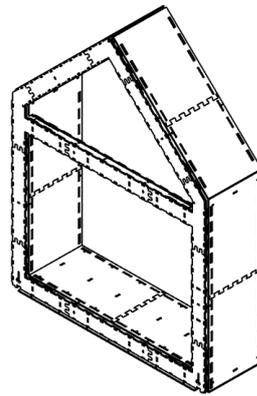
MÓDULO BASE 8



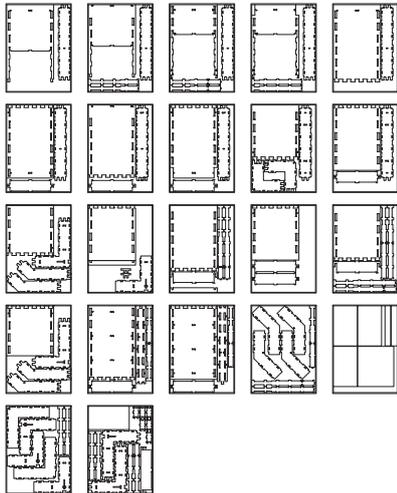
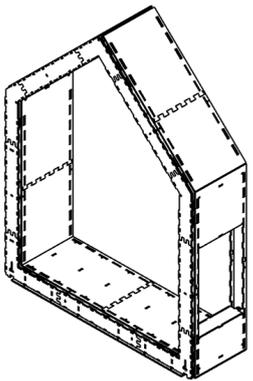
MÓDULO BASE 1



MÓDULO BASE 2



MÓDULO BASE 3



MÓDULO BASE 4

