

EIXO: Proposição

TECNOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES EM MADEIRA: UMA EXPERIÊNCIA PROJETUAL

AUTOR 1

Célia Regina Moretti Meirelles
Engenheira Civil, Dra., Professor Assistente, Universidade Presbiteriana Mackenzie,
Rua Itambé,45, cerellesm@mackenzie.br;

AUTOR 2

Silvio Stefanini Sant'Anna
Arquiteto, Ms, Professor Assistente, Universidade Presbiteriana Mackenzie,
Rua Itambé,45, silvios@mackenzie.br

AUTOR 3

Mario Lasar Segall
Arquiteto, Ms, Professor Assistente, Universidade Presbiteriana Mackenzie,
Rua Itambé,45, mariosegall@mackenzie.br

AUTOR 4

Henrique Dinis
Aluno de doutorado da Universidade Presbiteriana Mackenzie,
Rua Itambé,45, dinis@mackenzie.com.br

AUTOR 5

Ingrid Oliveira Morais Silva
Aluna de graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Presbiteriana Mackenzie
ingrid_oms@hotmail.com

AUTOR 6

Renata Camargo K. Czernocki
Aluna de graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Presbiteriana Mackenzie
renata_camargo2005@yahoo.com.br

AUTOR 7

Tiago Azzi Collet e Silva
Aluno de graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Presbiteriana Mackenzie
tiago_azzi@hotmail.com

RESUMO

O presente trabalho discute as interfaces entre as técnicas construtivas e o projeto arquitetônico do ponto de vista das relações entre projeto, ensino e aprendizagem e prática projetual, por meio de uma proposta – HABITÁCULO – de um pequeno módulo habitacional em madeira, feita por um grupo de estudantes de arquitetura e professores pesquisadores.

As técnicas construtivas escolhidas visaram aplicar conceitos de racionalização e construção a seco. A chamada construção a seco pressupõe uma montagem sistêmica e criteriosa de peças ordenadas, bem como ausência de sobras e desperdícios comuns nas construções em concreto.

O grupo desenvolveu estudos com base em uma revisão da literatura acerca dos sistemas log, o sistema plataforma, o sistema em vigas e pilares, associações entre estrutura e vedação. Desenvolveu uma série de investigações projetuais aplicando o uso de esboços e croquis, modelos físicos e digitais como forma de experimentação no processo de projeto. Os modelos permitiram diferentes organizações da geometria estrutural, inclusive a visão de problemas inerentes a organização do espaço e a durabilidade do material. O processo de projeto do Habitáculo significou um surpreendente exercício de ensino e aprendizagem, com ênfase profissional e o estabelecimento de um inovador laboratório experimental. Desde o entendimento das solicitações programáticas da pesquisa até as indefinições de uma liberdade criativa ilimitada, o projeto foi enriquecido por ações investigativas. O exercício demonstrou o potencial das ferramentas de pesquisa e experimentação no processo de projeto. O processo continuado – investigação, conceituação, discussões e proposta arquitetônica – integrando e alternando sistematicamente teoria e prática, propiciou o reatamento na aprendizagem e formação dos futuros profissionais.

Palavras Chave: Processo, Detalhe, Forma, Matéria.

Eixo: Proposição

ABSTRACT

This work discusses the interfaces between building techniques and architectural design from the point of view of the relations between design, teaching and learning and project practice, through the proposal – HABITACULO – of a small shelter module made of timber. It involved a group of researchers and teachers, and students of Architecture. The chosen building techniques aimed at applying the concepts of rationalization and dry construction. This technique presupposes a systemic and judicious assembling of organized parts, as well as absence of remains and waste so common in building with concrete.

The group realised studies on the basis of a review of the literature on systems like “log”, “platform” and “pillar-beams”, associations between structure and sealing. It developed a series of design investigations using sketches, physical and virtual models all as means for experimentation in the process of design. Physical models in particular allowed for different organizations of the structural geometry, including a perception of problems inherent to the organization of space and material durability. The process of design of the Habitaculo meant both a surprising exercise of teaching and learning, with a professional emphasis and the establishment of an innovative experimental lab. From the understanding of the programmatic demands of the research up to the uncertainties of an unlimited creative freedom, the design was enriched by enquiries of all kinds. The exercise demonstrated the potential of research and experimentation tools and means in the process of design. This continuing process – investigation, conceptualization, discussions and architectonic proposal – systematically integrating and alternating theory and praxis permitted the reflection of the experience on learning and formation of future professionals.

Key words: Process of design, rationalization, detail, form, substance.

Axis: Proposition

RESÚMEN

Este trabajo discute las interfaces entre las técnicas constructivas y el proyecto arquitectónico desde el punto de vista de las relaciones entre diseño, enseñanza y aprendizaje y práctica proyectual, a través de una propuesta – HABITÁCULO – de un pequeño módulo habitacional en madera, hecho por un grupo de estudiantes de arquitectura y profesores investigadores.

Las técnicas constructivas elegidas buscan aplicar conceptos de racionalización y construcción a seco. La llamada construcción a seco presupone un montaje sistémico y criterioso de piezas ordenadas, así como ausencia de sobras y desperdicios comunes en las construcciones en hormigón.

El grupo desarrolló estudios con base en una revisión de la literatura sobre el sistema log, el sistema plataforma, el sistema en vigas y pilares, asociaciones entre estructura y vedación. Desarrolló una serie de investigaciones proyectuales aplicando el uso de bocetos y croquis, modelos físicos y digitales como forma de experimentación en el proceso del diseño. Los modelos permitieron diferentes organizaciones de la geometría estructural, incluso la visión de problemas inherentes a la organización del espacio y a la durabilidad del material. El proceso de diseño del Habitáculo significó un sorprendente ejercicio de enseñanza y aprendizaje, con énfasis profesional y el establecimiento de un innovador laboratorio experimental. Desde el entendimiento de las solicitudes programáticas de la investigación hasta las indefiniciones de una libertad creativa ilimitada, el proyecto fue enriquecido por acciones investigativas. El ejercicio demostró el potencial de las herramientas de investigación y experimentación en el proceso de diseño. El proceso continuado - investigación, conceptualización, discusiones y propuesta arquitectónica - integrando y alternando sistemáticamente teoría y práctica, propició su rebatimiento en el aprendizaje y formación de los futuros profesionales.

Palabras clave: Proceso, Detalle, Forma, Materia.

Eje: Proposición

INTRODUÇÃO

A partir da década de 1970, com a crise do petróleo alguns grupos e instituições internacionais começaram a discutir as questões extrativistas dos recursos naturais e a influência dos diversos setores de atividades sobre o meio ambiente. O setor da construção civil foi considerado um dos setores que mais causam impacto sobre o meio ambiente. Segundo o Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica - IDHEA(2008) os principais parâmetros para definir uma construção sustentável são Aproveitamento passivo dos recursos naturais; Eficiência energética; Gestão e economia de água; Gestão dos resíduos gerados pelos usuários; Gestão da Obra; Qualidade do ar e do ambiente interior; Conforto termo-acústico; Uso de eco produtos em todas as instâncias da obra; Não utilizar ou reduzir o uso de materiais como PVC, amianto, chumbo e alumínio, dentre outros produtos condenados.

A madeira é um material admirável, pois apresenta características diferenciadas, é material natural, tem sua fonte de matéria prima renovável, gasta a menor energia embutida para a sua produção e baixo peso específico, quando comparada ao aço e ao concreto. Entretanto, o potencial da madeira foi subestimado ao longo do tempo.

A partir da definição da Agenda-21, na conferência internacional Rio-92, destacou-se a aplicação da madeira na construção civil como uma das premissas para o desenvolvimento sustentável. Gauzin-Muller (2005) explica que *“..aumentar o uso da madeira na construção dos edifícios promove uma iniciativa direta para a diminuição do efeito estufa, pois se diminuiria o quantidade de CO2 emitida...”* (GAUZIN-MULLER, 2005)

Grande parte da madeira utilizada na indústria da construção civil é absorvida de forma desequilibrada. Em geral a madeira é sub-utilizada servindo para executar as formas das estruturas em concreto armado e quase sempre acaba descartada antes do tempo. O aproveitamento racional da madeira e sua aplicação em construções de edifícios foram os principais pontos discutidos na agenda 21. (SOBRAL et al 2002)

No Brasil as construções em madeira deixaram de ser utilizadas, devido à uma forte tradição das construções em concreto armado e das construções em alvenaria. A construção de madeira foi muito utilizada nas regiões sul e sudeste como habitação, onde a matéria prima utilizada, o pinho do Paraná, era abundante. Entretanto, em 1905, na cidade de Curitiba, o governo proibiu a construção de casas de madeira nas zonas centrais da cidade. Este fato contribuiu para gerar no meio técnico brasileiro, o preconceito contra as estruturas em madeira (DUDEQUE, 2001). O domínio da tecnologia concreto armado é tão marcante na sociedade brasileira que, as principais escolas de Arquitetura do Brasil não apresentavam disciplinas que abordavam as estruturas de madeira em sua grade curricular.

As construções pré-fabricadas e industrializadas em madeira, no Brasil foram consideradas como construções de baixa qualidade e durabilidade devido a falta de uma indústria de componentes voltadas para a construção em madeira, seu processo de industrialização e a falta de um domínio técnico da madeira.

O domínio da tecnologia determina projetos em madeira onde a durabilidade das construções é relatada em mais de 100 anos, em casas encontradas nos Estados Unidos, Canadá, etc. Os sistemas construtivos Americanos são considerados como processo de construção a seco,

Este, passa a ser entendido simplesmente como montagem. Os processos de construção a seco promovem algumas facilidades, entre elas a ausência de sobras ou desperdícios. Não utiliza argamassa de cimento, areia e água. Por meio de montagem sistêmica e criteriosa de peças ordenadas, transforma a construção convencional em antiquado processo construtivo, inadequado aos paradigmas de uma construção sustentável. (SANT'ANNA, PIMENTA, VIDAL, 2005)

Três paradigmas e conceitos das construções sustentáveis, tem sido amplamente discutido por grupos de pesquisa com ênfase no desenvolvimento da madeira, como: flexibilidade, transportabilidade e reciclagem. Segundo o grupo Wood for good; Trada(2008) *“Vivemos em mundo que está em constante mudança, onde a flexibilidade do ambiente construído é importante”*. O projeto de arquitetura em madeira deve considerar a flexibilidade para ampliações ou eventuais alterações e indicar elementos que possibilitem futuros reaproveitamento dos materiais. Esses conceitos são compatíveis com processos construtivos racionais voltados para construção seca.

Com o grande desenvolvimento tecnológico sofrido nos últimos anos as limitações tendem a ser superadas possibilitando ao meio acadêmico brasileiro aplicar e difundir os conceitos de sustentabilidade, utilizando as novas tecnologias disponíveis para gerar construções de grande qualidade e durabilidade, criando meios de aceitação da arquitetura em madeira na produção habitacional. É dentro desse espectro de estudos e análises que a pesquisa buscou determinar as interfaces entre as técnicas construtivas e o projeto arquitetônico do ponto de vista das relações entre projeto, ensino e aprendizagem e prática projetual, por meio do desenvolvimento de um projeto de um pequeno módulo habitacional em madeira.

SISTEMAS CONSTRUTIVOS

O sistema em pilar e viga é das técnicas mais antigas de construção, surgiu na China e se estendeu para o Japão e Europa. Seu apogeu ocorreu durante a idade média e permaneceu estável até o século XIX, quando decaiu em função da revolução industrial, que introduziu o uso de materiais como aço e concreto, só voltando a ser resgatado recentemente, por países europeus, como a França, em função das premissas propostas pela agenda 21. Devido à leveza da madeira, o sistema foi mais utilizado em locais isolados, em áreas rurais, regiões praianas e principalmente, em locais de difícil acesso ou com relevos acidentados, onde não era preciso ter equipamentos especiais para erguer construção.

O sistema viga e pilar apresenta uma alta eficiência estrutural pois a madeira resiste bem a flexão, apresentando uma alta resistência quando o esforço ocorre paralelo à fibra. O sistema é o sistema mais utilizado no Brasil, onde as madeiras utilizadas neste processo construtivo geralmente são madeiras de florestas nativas de alta resistência paralela a fibra. Ferreira; Zenide (2003), em seu trabalho, recomendaram para o uso estrutural, madeiras nativas que não estejam em extinção, como a maçaranduba, itaúba, pequiá, cumaru etc.

Segundo Natterer et al (1995) as modulações entre os pilares variam de 2,40 a 8 metros, a modulação ideal é de 3,60 metros. Os vãos são limitados por dimensões comerciais das peças, em geral para vãos até 4,50 metros utiliza-se vigas maciças de madeiras naturais ou reflorestadas; para vãos maiores que 4,50 metros devemos aplicar vigas laminadas produzidas industrialmente pois podem oferecer maiores opções de altura e formato. As vigas laminadas são produzidas através de madeira de reflorestamento.

Um exemplo arquitetônico referencial na aplicação do sistema de vigas e pilares é o estúdio para artistas em Paris, do arquiteto Yann Brunel, construído em 1992. O arquiteto aplicou uma técnica construtiva contemporânea de pilares contínuos, vigas maciças em madeira laminada e ligações por conectores metálicos. Um exemplo contemporâneo da aplicação desta técnica no Brasil é a casa Tião Bernardi, em São Paulo, projetada pelo arquiteto George Mills em 2000, com módulos de 4,80 m por 4,80 metros, construída pelo engenheiro Hélio Olga.(AFLALO, M. et al.,2005)

As construções em madeira em países como Estados Unidos, Canadá, Finlândia, etc. passaram por um processo evolutivo muito diferente do Brasil, surgindo uma ampla indústria de componentes voltadas para a madeira.

No sistema wood frame a estrutura não é hierarquizada em pilares e vigas, mas trata-se de um entramado leve, composto de inúmeras peças de pequenas dimensões, formando paredes e pisos. A estrutura do edifício trabalha como uma estrutura espacial, onde as paredes da construção funcionam como estrutura portante. A estrutura é comparada a estrutura de uma gaiola. O wood frame é composto de duas técnicas o Balloon e o Platform Frame. (KRAMBECK, 2006)

O sistema Balloon Frame surgiu na América do Norte por volta de 1850, sendo o sistema plataforma uma evolução do sistema *Balloon*. O processo construtivo do Balloon Frame permaneceu durante muitos anos como um dos principais sistemas aplicado pelos Americanos, devido a leveza e ao comportamento espacial das construções frente as questões climáticas. O sistema apresentava pequena modulação entre montantes formando paredes estruturais com a altura total da construção. As principais dificuldades construtivas se reportavam à dimensão da peça face à altura total da construção assim como a grande dificuldade construtiva para levantar as paredes da construção. (LAROCA, 2002)

Esta técnica foi modificada no final dos anos 60 início dos anos 70, quando jovens arquitetos americanos buscavam inovação tecnológica na construção de habitações unifamiliares de baixo custo, mas com alto valor arquitetônico. O arquiteto Franky Gehry foi considerado um dos precursores da técnica, que recebe o nome de *Platform Construction*. (AMERICAN FOREST; PAPER ASSOCIATION, 2001.) Uma das principais diferenças proposta do sistema plataforma foi a quebra da construção em dois subsistemas diferentes que juntos, formam o todo: subsistema parede e plataforma de piso. Os entramados verticais são formados por paredes portantes e o entramado horizontal, formado pela estrutura de piso. Neste processo, diferentemente do sistema Balão, os montantes verticais que formam as paredes, não são contínuos, mas apresentam apenas a altura de um andar. Outra diferença relevante é que primeiro são erguidas as paredes portantes do primeiro andar, sobre a qual será então apoiada a plataforma de piso. O entramado de piso tem a função de estabilizar o conjunto e servir de plataforma para a construção do próximo andar. O sistema apresenta características como rapidez e facilidade de montagem da parede. Outro fato de grande relevância é que a plataforma do piso serve para conter futuras propagações de fogo entre andares.

O sistema plataforma aplica uma pequena modulação entre os montantes de 40 a 61 cm, portanto não necessita de madeira de grande resistência, geralmente utilizam madeiras moles ou madeira de reflorestamento como pinus ou eucalipto citriodora. A figura 1 apresenta um esquema comparativo da estrutura do sistema viga e pilar e do plataforma respectivamente.

Segundo Krambeck(2006) as construções pré-fabricadas em madeira que utilizam o sistema plataforma apresentam a parede como elemento portante e o sistema de vedação associado a parede portante. Uma das primeiras experiências de construção do sistema Plataforma no Brasil foi o conjunto para Habitação Social Condomínio Porto Primavera, localizado na cidade de Curitiba, em 2002 (MORIKAWA, 2006)

Naquele momento, nossas preocupações já se prendiam às tendências da sustentabilidade ambiental, pessoal e econômica, consideradas premissas do equilíbrio triangular fundamental para implantar alguns tipos de edificação, como a que projetamos.

Após longos períodos de pesquisa e reuniões para alinhar pensamentos e inquietudes a respeito do sistema construtivo, partimos para os croquis iniciais com liberdade total para as proposições arquitetônicas. Os croquis iniciais, no entanto, ainda apresentavam divergências conceituais que foram lapidadas conforme as reuniões aconteciam. Questões espaciais eram elaboradas em conjunto com os critérios de modulação; processos construtivos eram rivalizados com logística construtiva; gestões de obra eram definidas em conjunto com disponibilidades de materiais. A madeira estava definitiva em todos seus elementos construtivos desde a estrutura até suas vedações e cobertura.

Decorrente das análises sobre o sistema construtivo, contextualizando-os frente às condições climáticas e florestais brasileiras, foi adotado um sistema misto. O sistema misto com estrutura portante em vigas e pilares e o painéis de fechamento independente da estrutura portante. Os principais fatores que determinaram a adoção de um sistema misto têm como princípio normativo: a disponibilidade de madeiras de alta resistência no Brasil, as quais apresentam uma grande eficiência quando aplicadas como vigas ou pilares, como a maçaranduba, o cumaru etc. Diferentemente da América do Norte, que apresenta uma grande disponibilidade de madeiras moles ou de reflorestamento, com baixas qualidades mecânicas. O segundo aspecto importante é que o sistema Americano chamado de sistema plataforma, por ser uma construção espacial, necessita de uma fundação em “radier” ou fundação de vigas continua como apoio. (CTBA, 2006) Já o sistema em viga e pilar podem ser apoiados sobre uma fundação em pilotis tocando minimamente o solo.

Ao longo do desenvolvimento do projeto, as questões importantes que permeiam o sistema construtivo foram sendo ajustadas, assim como as divergências conceituais de projeto. As principais premissas de projeto e do sistema construtivo foram sintetizadas no estudo final.

No primeiro estudo do habitáculo a intenção formal de projetar três blocos interligados gerando um pátio central, definido pela implantação de um pequeno jardim, tinha como referência projetual os conceitos de modulação da arquitetura japonesa os pequenos espaços e seu simbolismo. (FREEMAN, 2004).

O croqui 2 mostra a isométrica do volume proposto definido pela limpeza das formas e linhas ortogonais. Neste momento as idéias ainda eram iniciais e o projeto ainda apresentava divergências conceituais frente às questões climáticas Brasileiras e durabilidade da construção em madeira: como escadas externas, inserção da construção próxima ao solo e pequenos beirais.



Figura 2: Croqui do primeiro estudo

Fonte: Imagem dos autores

No segundo estudo projetual a decisão estabelecer o projeto do Habitáculo em um único bloco definiu a aplicação de um mezanino. A proposta de gerar uma construção elevada do solo, que toque minimamente nos pontos de fundação, mantendo toda sua permeabilidade. A solução determina no interior da casa uma agradável condição de conforto térmico, pois o espaço entre o chão do terreno e o piso da construção promove suficiente passagem de ar, evitando a umidade transmitida por capilaridade, muito comum no nosso clima tropical. A circulação do ar promove uma maior durabilidade da construção em madeira. Com base premissas do pesquisador Julio Natterer(1989) foi admitido no projeto a modulação ideal para madeira maciça 3,60 metros. Esta modulação é muito aplicada para o sistema de vigas e pilares maciços devido às dimensões encontradas no mercado, assim como esta medida permite um espaçamento regular de 60 cm entre as vigas secundárias. A madeira como estrutura e as formas simplificadas do módulo exigiam cobertura integrada, de forma a não comprometer a pureza das soluções apresentadas. A alternativa foi aplicar o mesmo painel industrializado como piso, fechamento e cobertura. A decisão de não utilizar telhas na cobertura mas aplicar sobre o painel produtos impermeabilizantes de alta performance, determinou uma inclinação bastante razoável na cobertura, ficando garantida uma cobertura com leveza suficiente para uma única água.

Neste momento ainda estávamos buscando as potencialidades investigativas das formas e da estrutura. Foram analisados diferentes composições da estrutura pilares inclinados, em V, etc. e balanços. (Figura 2). A cobertura ganhou a declividade imposta pelas discussões projetuais. Para suportar os balanços da cobertura analisou-se duas possibilidades estruturais uma atirantada e outra com escoras de madeira. (Figura 3 e 4) Para verificar os resultados projetuais, foram construídos modelos físicos em escala reduzida (Figura 4), proporcionando uma visão mais próxima da realidade. A manipulação dos modelos permitiu um maior aprofundamento em várias frentes do projeto, como por exemplo, na concepção da cobertura, na concepção estrutural, demonstrando as dificuldades construtivas da cobertura estaiada, dos pilares inclinado, etc...

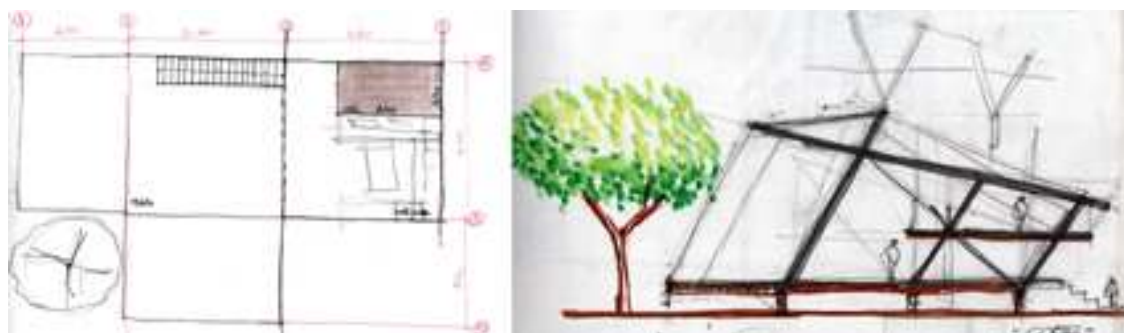


Figura 3: Croqui da planta e corte do segundo estudo.

Fonte: Imagem dos autores



Figura 4: Experimentação com modelos físicos.

Fonte: Imagem dos autores

Buscando conceitos de economia e racionalização da construção optou-se por aplicar painéis de fechamento sem nenhum revestimento externo. Para selecionar o tipo de painel de vedação necessária para as condições de execução, rapidez, leveza, durabilidade e resistência, o trabalho nos levou a pesquisar diferentes tipos de painéis compensados, wall, gesso e um painel conhecido como OSB - “*Oriented Strand Board*” (painel de fibras de madeira Orientadas). (HUGHES,2007)

O painel OSB apresenta o menor peso e desempenho técnico mais adequado para a aplicação em conjunto com as estruturas de madeira. O painel apresenta qualidade estética em harmonia com a dinâmica visual pretendida. Sua textura em lascas desencontradas fez dessa opção o nosso desafio hipotético maior, de utilização. A decisão de aplicar os painéis sem nenhum revestimento nos levou a reavaliar os beirais propostos neste segundo estudo. Neste momento a dimensão espacial e tátil do modelo físico foi decisiva para o projeto, pois permitiu observarmos que em uma direção o projeto estava protegido das intempéries, entretanto na outra direção existia a necessidade de criar beirais para proteção dos painéis verticais e da estrutura em madeira. No terceiro estudo projetual a estrutura foi racionalizada, os pilares foram verticalizados, mas a inclinação do telhado foi mantida. Foram criados pórticos verticais em diferentes alturas. Como retratado no croqui da figura 5.

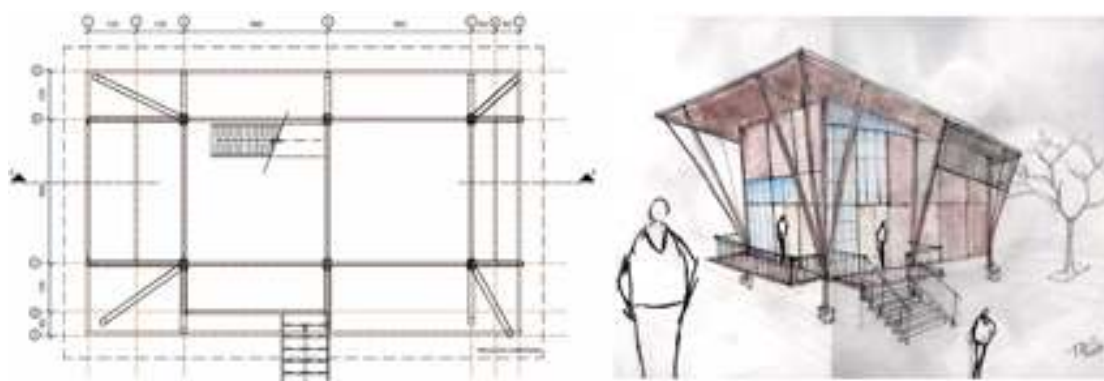


Figura 5: planta do terceiro estudo projetual, e croqui.

Fonte: Imagem dos autores

Devido ao conceito de uma durabilidade da construção, criamos beirais prolongados, suficientes para afastar os painéis de fechamento do contato direto com a água da chuva. Para gerar os grandes beirais o projeto de cobertura foi alterado. Os grandes beirais da cobertura foram estabilizados através de 14 escoras ou mão francesas. A

projeção determinada pela cobertura também serviu para dar um maior aproveitamento das áreas de acesso criando varandas permitindo uma sensação de maior espaço interno do projeto.

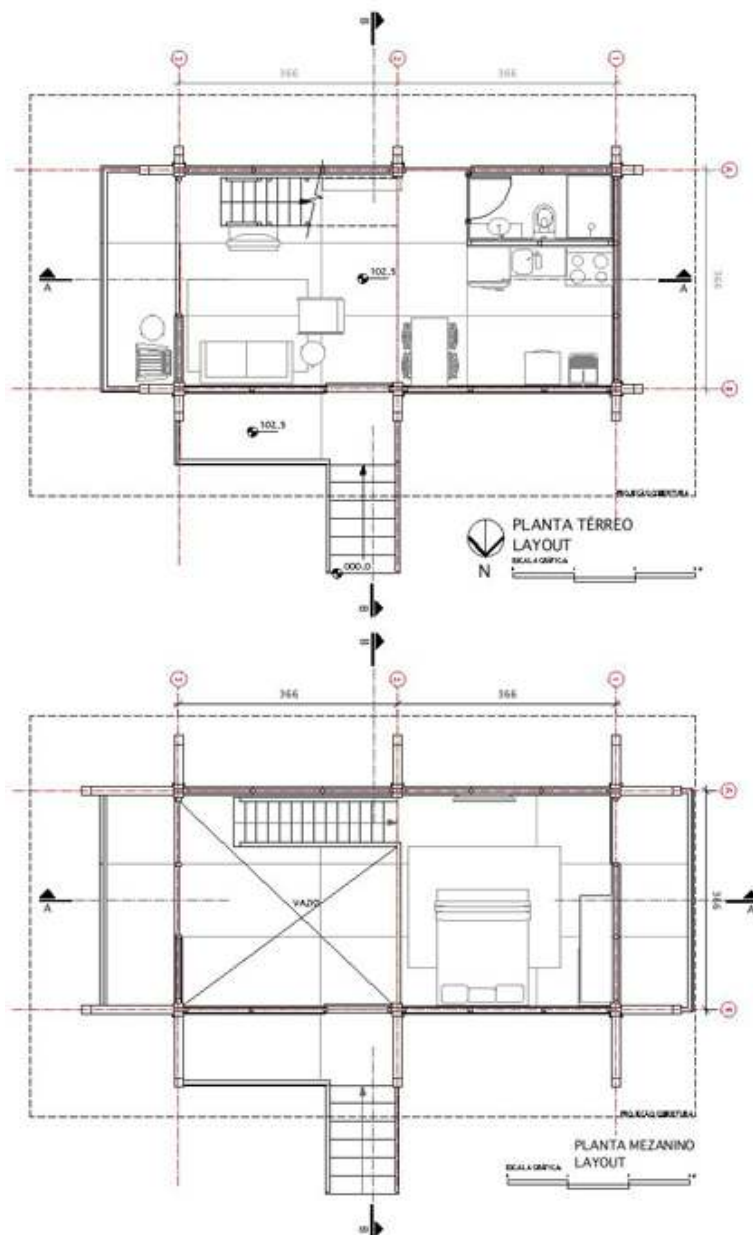


Figura 6 planta do térreo e mezanino com layout .

Fonte: Imagem dos autores

O projeto arquitetônico foi setorizado em área íntima, área molhada e área social. A área íntima localizou-se no mezanino definindo o espaço do dormitório (figura 6 e 7), embaixo do mezanino estão localizadas as áreas molhadas de banheiro e cozinha divididos por uma parede hidráulica. No banheiro, a região do Box recebeu um piso de fibra de vidro, moldado especialmente para proteger a madeira. A área social é composta da sala, a qual apresenta pé direito duplo, transmitindo uma amplitude do espaço ao usuário. Os painéis de correr permitem uma amplitude física do espaço integrando varandas e salas. O mesmo recurso foi utilizado para ampliar o espaço do dormitório. A construção foi mantida elevada do solo e apoiada em pilotis de concreto de modo que a madeira tenha a menor contato possível com o concreto e mantendo a permeabilidade.

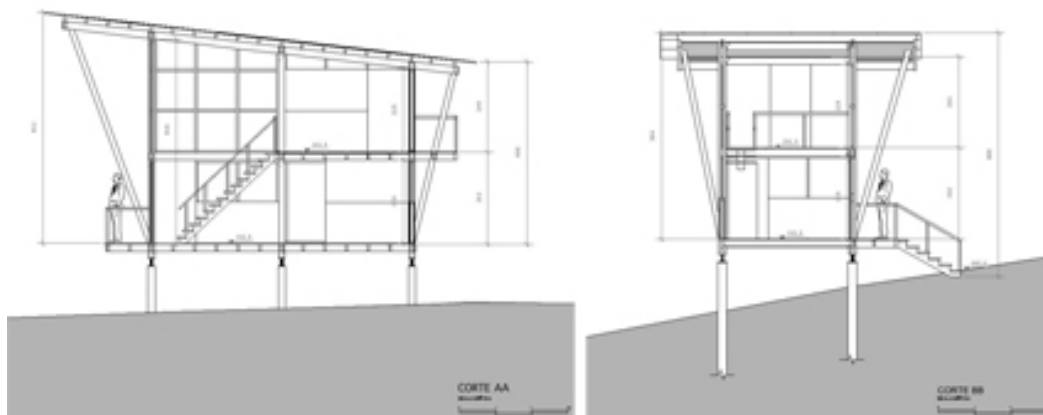


Figura 7 : corte do estudo final.

Fonte: Imagem dos autores

Para uma maior compreensão dos espaços internos gerados no projeto foram realizados modelos virtuais do Habitáculo em 3D . A modelagem permitiu diferentes experimentações do projeto. A ferramenta permite uma maior realidade dos resultados obtidos no projeto final inclusive da disposição dos equipamentos e mobiliários. As imagens da (figura 8), demonstram os espaços do projeto e a potencialidade da madeira na construção habitacional. Os painéis OSB posicionados na face interna pode ser pintados de branco, como mostra a imagem da figura 8. A partir de uma volumetria pré-definida e dos espaços internos foram elaborados vários estudos de composição dos painéis de fechamento, estudos de painéis colocados na posição horizontal e vertical, visando trabalhar as percepções espaciais dos elementos, a quantidade de luz e sombra, assim como seu posicionamento para uma maior durabilidade dos painéis. Em função das dimensões comerciais dos painéis OSB (2,44m x 1,22m) foi realizado um estudo de racionalização, possibilitando menor número de recortes possíveis, tanto de piso, como cobertura e fechamento. A partir desta análise foi realizado, um ajuste na dimensão modular passando de 3.60 para 3.66. A concepção estrutural também sofreu pequenos ajustes, eliminando excessos, como a retirada de quatro escoras de sustentação da cobertura. A imagem 8 mostra o resultado final obtido.

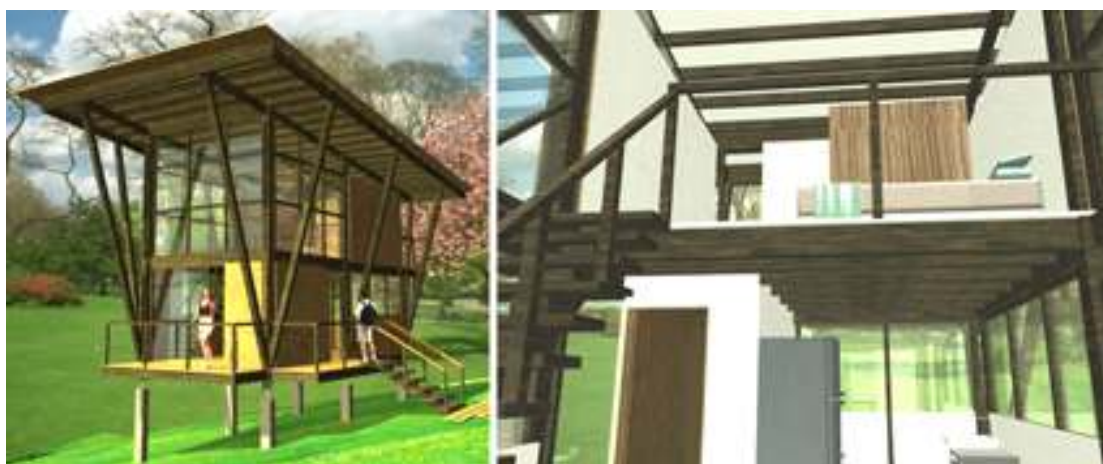


Figura 8: 3D vista externa e vista interna

Fonte: Imagem dos autores

A figura 9, apresenta uma isométrica com as várias camadas da construção: estrutura e vedação. A imagem permite uma visão do processo construtivo proposto. Estrutura mista em vigas e pilares apoiados em pilotis de

concreto e painéis de vedação independente da estrutura portante. A estrutura interna do painel parede é similar ao sistema wood frame, entretanto não apresenta função portante. A estrutura dos painéis pode ser em madeira de reflorestamento como Eucalipto grandis ou o Pinus. Na concepção proposta foram utilizados painéis OSB em ambas as faces do fechamento, tanto interno como externo. A técnica construtiva permite uma grande agilidade construtiva, pois enquanto as paredes são produzidas dentro da indústria a estrutura portante está sendo montada no local da obra.

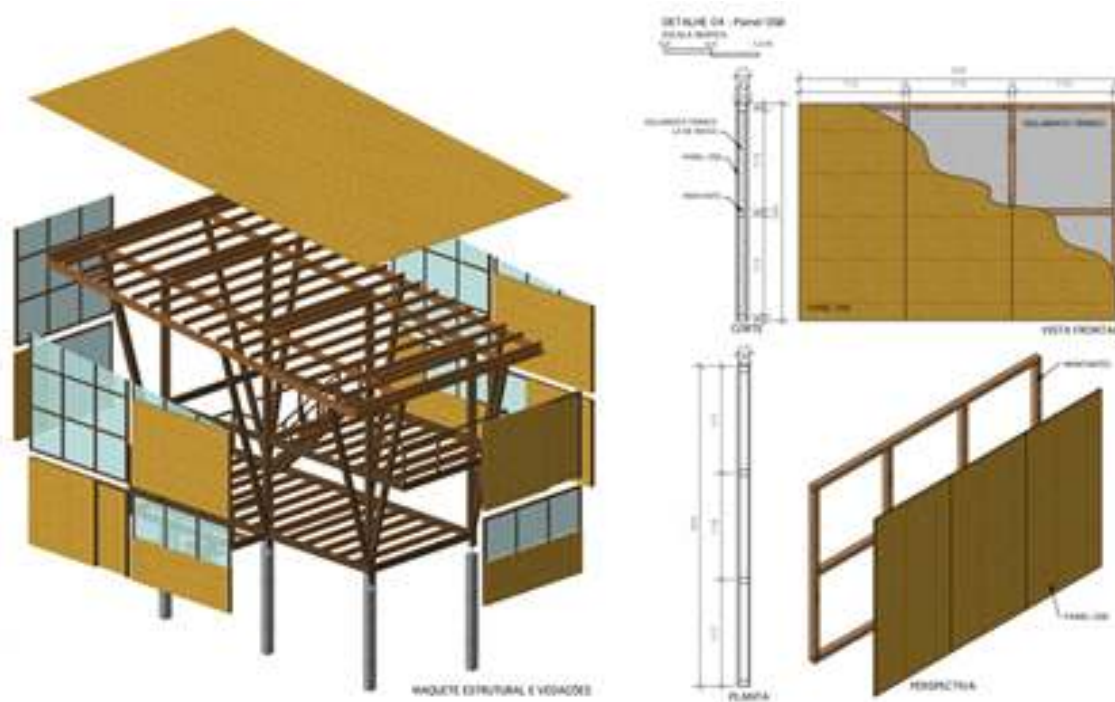


Figura 9 : Estudo final, isométrica das estrutura e vedações .

Fonte: Imagem dos autores

A independência dos painéis de vedação da estrutura portante permite composições finais diferentes, tanto de posicionamento, como de aberturas, etc. possibilitando que o projeto das vedações possa se ajustar as necessidade e desejos dos usuários, possibilitando a identidade de cada morador com a própria casa.

O elementos de ligações aplicam um conceito contemporâneo de ligações por conectores metálicos, tornando possível uma montagem rápida e com precisão, diminuindo as possibilidades de erro na montagem. As ligações foram parafusadas de modo a permitir futuras reutilizações da própria casa.



Figura 10: Etapas de realização do modelo final

Fonte: foto dos autores

A Figura 10 mostra o modelo final construído na escala 1:30. A construção do modelo permitiu visualizar pequenos problemas construtivos, característicos das construções em madeira, não analisados durante o processo de projeto. A reflexão crítica e a experimentação foram decisivos durante o processo de projeto um processo continuado entre teoria e prática.

A PESQUISA E EXPERIMENTAÇÃO NO PROCESSO DE PROJETO

Parte do esforço deste trabalho ora exposto é propor uma reflexão sobre o processo de projeto e seus meios de representação e expressão, ou o ‘fazer arquitetura’, nos anos formativos dos futuros profissionais. Os artefatos produzidos são considerados não do ponto de vista de registros gráficos e físicos, em si, isolados e descontextualizados, mas em termos de concepção e conceitos implícitos neles, como marcas do pensamento e do conhecimento dos estudantes envolvidos.

Visamos chamar a atenção para a importância da construção gradual e contínua, por parte dos estudantes, de suas habilidades para interpretar e discorrer sobre seus temas de projeto, explicitar seus conceitos justificando consistente e coerentemente suas decisões projetuais e, o mais importante, o desenvolvimento de sua capacidade de descrever criticamente seus processos de concepção arquitetônica. Em outras palavras, entender o conhecimento como um tipo de saber inerente à ação criadora, produzido por meio da reflexão, da experimentação, lidando com dúvidas, incertezas, diversidades e divergências, propondo novos sentidos para novas situações de projeto. Neste contexto, experimentação não é apenas a confirmação de pré-suposições, nem tampouco uma joguete da prática, mas um desenvolvimento consciente da mesma, tendo como fundamento a pesquisa desenvolvida. (MIRANDA,2008)

O projeto de arquitetura é um processo de gestação criativo desafiando a capacidade humana de propor soluções para problemas concretos. Pesquisa e testes constantes, idas e voltas, são parte intrínseca do processo. Estudante e futuros profissionais são motivados a descobrir novas possibilidades, a partir das sugestões fornecidas por esboços, modelos físicos, imagens 3D etc. Projetar é a interação entre fazer e ver, manipular e descobrir. Os artefatos constituem-se em discurso do autor, cujo sentido é concretizado no contexto em que é absorvido pelo observador/usuário. O sentido não está no artefato em si, mas na mente deste observador/usuário. Deve, portanto, estar aberto à investigação, ao teste, a modificações e re-construções. Foi desta forma que os artefatos expostos – projeto de pesquisa e modelos – contribuíram para a proposta final, rerepresentando uma das possibilidades de metodologia projetual, entre tantas possíveis.

CONCLUSÃO

O exercício projetual demonstrou a relação entre a técnica e o projeto arquitetônico. O módulo, o afastamento do solo, a estrutura em madeira, a cobertura de placas impermeabilizadas de uma água e a vedação por meio de vidraças e placas OSB conferiram condições para introduzir no projeto os demais detalhes enriquecedores. A partir das dimensões dos painéis, o projeto apresentou amarração de tal consistência que as medidas dos cômodos passaram a representar variações das medidas dos painéis. A grande qualidade do processo foi a máxima utilização dos materiais, sem desperdícios. Por se tratar de peças inteiras e não existir no processo construtivo a modelagem de

paredes em tijolos ou mesmo de vigas e pilares em concreto, o projeto possibilitou procedimento diferente daquele empregado nas construções convencionais. Apresentou-se realmente uma tarefa extremamente comprometida com a execução, resultando numa montagem sistematizada, rápida e isenta de perdas, sem resíduos. Uma construção seca e sem resíduos, sem, no entanto, deixar de lado as necessidades funcionais da arquitetura e durabilidade da construção. O projeto final tem como base o módulo de 3,66 x 3,66 metros, grandes beirais de proteção dos painéis de vedação, além de considerar a possibilidade futura de transportabilidade pois as principais ligações são parafusadas por meio de conectores metálicos. O projeto por ser modulado, permite com facilidade sua ampliação, duplicação até mesmo a transportabilidade de local, etc. Demonstrando seu potencial de aplicação em diversas situações e locais apropriados para a madeira de uso permanente ou emergencial, etc.

A simplicidade na concepção, com definições mínimas de materiais e processo construtivo adequado a uma montagem sem arrojados estéticos, não fez deste exercício um projeto óbvio ou menor. Pelo contrário, por ser singelo e extremamente comprometido com o acabamento e com a escala humana, o projeto se destacou pelo esmero de detalhes construtivos, entre eles o sistema estrutural, o sistema de fechamento, os sistemas de aberturas e passagens, as áreas molhadas e funcionais e as áreas externas de circulação e de estar.

Partindo sempre do desenho simplificado, as soluções e todos os detalhes foram pensados e analisados dentro das proporções entre o equilíbrio harmonioso e o abuso do convívio na dimensão da madeira. Tal proposta mostra-se com clareza na concepção das aberturas nem sempre condizentes com o que há de costume.

Na pesquisa foram aplicadas diferentes ferramentas com forma de tomada de decisão que influenciaram no projeto arquitetônico, no sistema estrutural aplicado, nos sistemas de fechamento, etc. Foram realizados 3 projetos iniciais aplicando conceitos voltados para as construções a seco e de racionalização da construção, sem perder as características fundamentais do projeto arquitetônico, tendo como ferramentas: revisão da literatura, reuniões com especialistas arquitetos e engenheiros, o uso de modelos físicos e modelos digitais. A construção de modelos físicos e digitais permitiu diferentes experimentações e organizações da geometria espacial, estrutural e construtiva, demonstrando a estreita relação da tecnologia, processo construtivo, com a concepção do projeto. As diversas etapas do exercício de projeto demonstram o potencial das ferramentas de pesquisa e experimentação no processo de projeto. Processo continuado – investigação, conceituação, discussões e proposta arquitetônica – integrando e alternando sistematicamente teoria e prática, caracterizou-se uma constante do processo maior e seu rebatimento na aprendizagem e formação dos futuros arquitetos.

REFERÊNCIAS

- AFLALO, M. et al. **Madeira como Estrutura: A história da Ita**. São Paulo: Paralaxe, 2005.
- AMERICAN FOREST & PAPER ASSOCIATION. **Details for Conventional Wood frame Construction**. Washington, 2001. Disponível em: <www.awc.org.br > Acesso em: 20.jan.2007.
- CTBA – CENTRE TECHNIQUE DU BOIS ET DE L'AMEUBLEMENT. **Construction de maison à ossature bois: conception et mise em oeuvre**. Ref.: L271. Paris: Eyrolles. 2006.
- DUDEQUE; I. T. **Espirais de madeira: Uma História da Arquitetura de Curitiba**. São Paulo: Studio Nobel, 2001. 437 p
- FERREIRA, O. P.; ZENIDE, G. **Madeira: Uso Sustentável na Construção Civil**. São Paulo: IPT/ Sinduscon, 2003.

- FREEMAN, M. **Espacios Japoneses**. Nova York: Ed. Gamma, 2004.
- GAUZIN-MÜLLER, D. **Arquitectura Ecológica: 29 ejemplos**. São Paulo: Parallaxe, 2005.
- HUGUES, Theodor; et al. **Construcción con Madera**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2007
- IDHEA. **Nove Passos para a Obra Sustentável**. São Paulo: IDHEA, 2009. Disponível em <http://www.idhea.com.br/> acesso em 20 mai 2008.
- KRAMBECK, Thaís Inês. **Revisão de Sistema Construtivo em Madeira de Floresta Plantada para Habitação Popular**. 2006. 100 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. Disponível em < <http://www.tede.ufsc.br/teses/PARQ0028.pdf> >. Acesso em: 08.jan.2009.
- LAROCA, C. **Habitação Social em Madeira: Uma Alternativa Viável**. 2002. 93f. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002. Disponível em <www.floresta.ufpr.br/pos-graduacao/defesas/pdf_ms/2002/d356_0499-m.pdf> Acesso em 05.fev.2009
- MIRANDA, Juliana Torres de. In: **O lugar do Projeto: No ensino e na pesquisa em Arquitetura e Urbanismo**. Rio de Janeiro, Contra Capa Livraria, 2008.
- MORIKAWA, Devanir Cabral Lima. **Métodos construtivos para edificações utilizando componentes derivados da madeira de reflorestamento**. 2006. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.
- NATTERER, J.; MOHLER, K.; HOOR, D.; GOTZ, K. **Construire en bois**. Lausanne, Press Polytechniques Et Universitaires Romandes, 1995
- SANT'ANNA, S. S.; PIMENTA, C.; VIDAL, A. **Vila barulho d'água – Um Caso de Arquitetura Sustentável**. São Paulo: Editora Pró-Livros, 2005.
- SZÜCS, C.P. Sistema Stella-UFSC. Avaliação e desenvolvimento do Sistema Construtivo em madeira de reflorestamento. Rio de Janeiro: Habitare, 2004. Disponível em:< www.habitare.org.br > Acesso em: 15 out. 2008.
- WOOD FOR GOOD, TRADA. **Reusable and Adaptable Wood Structure**. Londres, WOOD FOR GOOD, TRADA, 2009. Disponível em < www.woodforgood.com > acesso em 20 jan 2009.

AGRADECIMENTOS

Ao apoio financeiro recebido do MACPESQUISA