

A MODELAGEM FÍSICA COMO PROCESSO DE INVESTIGAÇÃO DE ESTRUTURAS RECÍPROCAS. ESTUDO DE CASO: PROJETO DE UMA COOPERATIVA DE COSTURA

FERREIRA, REGIANA B. P. (1); LAVERDE, ALBENISE. (2)

1. Universidade Federal de Uberlândia. Faculdade de Arquitetura, Urbanismo e Design - FAUeD
Avenida dos Vinhedos, 100 - Bairro Morada da Colina CEP: 38411-159
regiana10@yahoo.com.br

2. Universidade Federal de Uberlândia. Faculdade de Arquitetura, Urbanismo e Design - FAUeD
Av. João Naves d'Ávila, 2121 – Campus Santa Mônica – Bloco I, sala 45. CEP 38400-902
albenise_laverde@yahoo.com.br

Palavras-chave: estruturas recíprocas, modelagem, cooperativismo

Resumo

O presente trabalho descreve a importância da conexão entre teoria e prática como metodologia de projeto no desenvolvimento do Trabalho Final de Graduação, principalmente sobre assuntos com pouca difusão nas escolas de arquitetura como o “Cooperativismo” e as tipologias de “Estruturas Recíprocas”. A partir da identificação de escassas referências projetuais nos campos citados, propôs-se uma pesquisa permeada por investigações volumétricas e estruturais utilizando modelagens físicas e eletrônicas, além de abrangente estudo focado no conhecimento de áreas multidisciplinares, especialmente por meio de entrevistas e visitas técnicas. O processo de investigação prática possibilitou que o projeto para a “Cooperativa de Costuras” fosse desenvolvido de forma analítica e racional, buscando-se fomentar a discussão para a importância do incentivo à novos campos de estudo sobre tipologias estruturais e metodologias de projeto caracterizadas pela investigação à temas de relevância social.

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Este trabalho descreve uma experiência metodológica desenvolvida em um Trabalho Final de Graduação com a temática de uma Cooperativa de Costura, destacando o processo prático e multidisciplinar envolvidos, com investigações volumétricas e estruturais através da modelagem física e eletrônica de uma tipologia estrutural não usualmente estudada no âmbito acadêmico e pouco explorada em obras nacionais, as *estruturas recíprocas*. No que se refere à

multidisciplinaridade, assim como a tipologia estrutural a ser explorada, a temática embora pertinente também é pouco estudada e envolveu várias dimensões:

- *Dimensão social* - A realidade sócio-econômica brasileira aponta para a demanda real de organizações capazes de qualificar cidadãos (educação, profissionalização) e oferecer oportunidades de renda e desenvolvimento que sejam independentes do poder público e do poder privado. A escolha de uma alternativa que satisfaça às necessidades da coletividade, capaz também de trabalhar valores como solidariedade e visão de conjunto, amplia as oportunidades de contribuição para o bem-estar das comunidades muito além do universo físico.

- *Dimensão Humana* – A carência dos cidadãos vai além da carência de renda, portanto, qualquer solução que abarque apenas a satisfação das necessidades básicas será insuficiente para fomentar mudanças mais abrangentes. É necessário possibilitar soluções que contribuam para a formação de cidadãos mais confiantes, empreendedores e independentes, livres da passividade e do paternalismo.

- *Dimensão urbano-arquitetônica* – A paisagem reflete as transformações observadas na sociedade e, a arquitetura na sua função social, pode também ser transformadora. Diversos são os projetos arquitetônicos de cunho social desenvolvidos segundo esta visão, mas raros são os estudos acerca de projetos no campo da economia solidária e, mais especificamente, no campo do cooperativismo, tratando-se de um tema relevante a ser pesquisado, tanto em função da responsabilidade social do arquiteto, quanto em função do vácuo existente nesta área.

Quanto às possibilidades de sucesso de um empreendimento solidário cooperativo, responde claramente RODRIGUES, 1997 apud FERREIRA, 1999, que:

“As cooperativas compõem o único setor da economia cuja doutrina tem sua ênfase no equilíbrio entre econômico e o social, que é o seu primeiro problema frente à globalização, ou seja, elas terão que ser eficientes e competitivas. Espera-se, contudo, que o objetivo maior da modernização das cooperativas, não leve ao sacrifício dos ideais cooperativistas (...), tendo em mente que não são as pessoas a razão do sucesso ou fracasso das empresas cooperativas, e sim a capacidade destas cooperarem entre si para construírem algo maior que suas limitações e seus sonhos individuais.”

A análise destas três dimensões que envolvem o tema, somadas à bibliografia pesquisada, possibilitaram o desenvolvimento de reflexões e diretrizes que resultaram em um projeto com decisões responsáveis e soluções diferenciadas.

2. OBJETIVOS

O principal objetivo deste trabalho foi aproveitar a oportunidade de desenvolvimento do Trabalho Final de Graduação para abordar temáticas pouco exploradas visando proposições diferenciadas, abrindo um campo de discussões acadêmicas e de oportunidades de transformação social. O tema escolhido foi o projeto de uma Cooperativa de Costura (tema pouco explorado nos TFGs de arquitetura e de relevante potencial social) com tipologia diferenciada, capaz de criar identidade e significação do espaço, com resultados fundamentados em um processo caracterizado por profundidade analítica e contribuições de experiências que ultrapassam o campo da arquitetura.

3. METODOLOGIA DE PROJETO

O Trabalho foi desenvolvido a partir de uma linha de raciocínio na qual cada etapa foi composta por reflexões conclusivas que definiam diretrizes de projeto e o conteúdo da etapa seguinte. Desta forma, o conteúdo explorado teve um caráter dinâmico e os capítulos se interconectaram ao invés de manterem-se distintos.

A *primeira fase* de projeto foi composta por pesquisas relativas ao tema, envolvendo a compreensão dos Conceitos Cooperativistas e Resultados (histórico, valores cooperativistas, panorama global e regional, visão dos cooperados) e Principais Desafios cooperativistas (educação, autogestão, conciliação do espírito solidário/empresarial, oportunidades/ameaças). O trabalho de CHERFEM, 2009, traz em sua pesquisa experiências reais sobre práticas desta natureza, possibilitando desenvolver um projeto com maior “caráter humano”, o que pode ser constatado especialmente através da proporção do espaço dedicado ao diálogo e educação, em relação ao espaço dedicado à produção propriamente dita.

Nesta fase do estudo foi definido e pesquisado o Público-Alvo do Projeto e o Ofício a ser desenvolvido na cooperativa, seguindo-se de entrevistas e visitas para levantamentos humanos /funcionais /técnicos (aspectos operacionais, psicossociais, espaciais e ambientais, acidentários e interfaciais) quanto a Processos Produtivos, o que possibilitou a definição de um programa diferenciado e detalhes específicos de layout, que provavelmente não teriam sido considerados caso não fosse adotada uma visão multidisciplinar dos profissionais de outras áreas. Esta etapa foi baseada principalmente na obra de CAMAROTTO, 1998, inserida nas pesquisas sobre Edificações Industriais, Tendências para Espaços Produtivos, além da Metodologia de Tipogramas para planejamento de projetos arquitetônicos conforme o tipo de trabalho a ser desenvolvido no espaço.

Toda a bagagem de pesquisa realizada até então levou ao estudo de Técnicas Construtivas, culminando com a pesquisa sobre Estruturas Recíprocas, sendo adotada esta tipologia como principal solução para o projeto arquitetônico, tanto por demonstrar uma total integração com os objetivos de projeto (necessidades conceituais e técnicas) em função de suas características

estruturais, quanto pelo fato de tratar-se de uma área de estudo pouco explorada no campo acadêmico, configurando-se forte oportunidade de aprendizado.

A *segunda fase* referente às Análises Urbanas, como as visitas aos bairros, o estudo de diversos terrenos no mesmo bairro, os diálogos realizados com a vizinhança foram determinantes na escolha da área e definição das decisões de relação do projeto com o seu entorno. As decisões desta etapa foram integralmente conectadas aos conhecimentos adquiridos na primeira fase, na qual os dados foram colhidos, realizadas reflexões e determinadas as necessidades a serem atendidas pelo espaço, capazes de manter o alinhamento com os objetivos de projeto. A determinação do terreno, por exemplo, foi resolvida tendo-se por fundamento os princípios cooperativistas (dimensões, localização, entorno.) ao mesmo tempo que atendia simultaneamente às necessidades empresariais, como características locais e sistema viário compatível com o desenvolvimento de uma indústria.

Porém, é na *terceira fase*, no desenvolvimento do Projeto Arquitetônico, que as experiências práticas mostraram-se altamente necessárias ao alcance dos resultados previamente propostos. A utilização da modelagem física e eletrônica para o desenvolvimento da tipologia estrutural selecionada – “estruturas recíprocas” - evitou o uso de soluções inadequadas que poderiam ter sido eleitas, além de possibilitar um resultado de alcance plástico e construtivo diferenciado. A terceira fase foi desenvolvida com o fim de possibilitar ao leitor a compreensão dos motivos que levaram a cada uma das decisões de projeto, tanto no processo de criação das estruturas recíprocas (modelo, dimensões, detalhes.), quanto na composição do projeto como um todo (forma, volume, função, layout, escala, acessos, traçados reguladores, hierarquia, zoneamento, fluxograma, expansão, e assim por diante).

Na Figura 01, é possível observar os espaços previstos para a Cooperativa de Costuras, com ênfase para os três espaços circulares que abrigam a creche, a área de convivência e o espaço produtivo. Em virtude de questões conceituais, foram estes os espaços escolhidos para utilização das estruturas recíprocas, como elemento essencial da identidade da cooperativa.

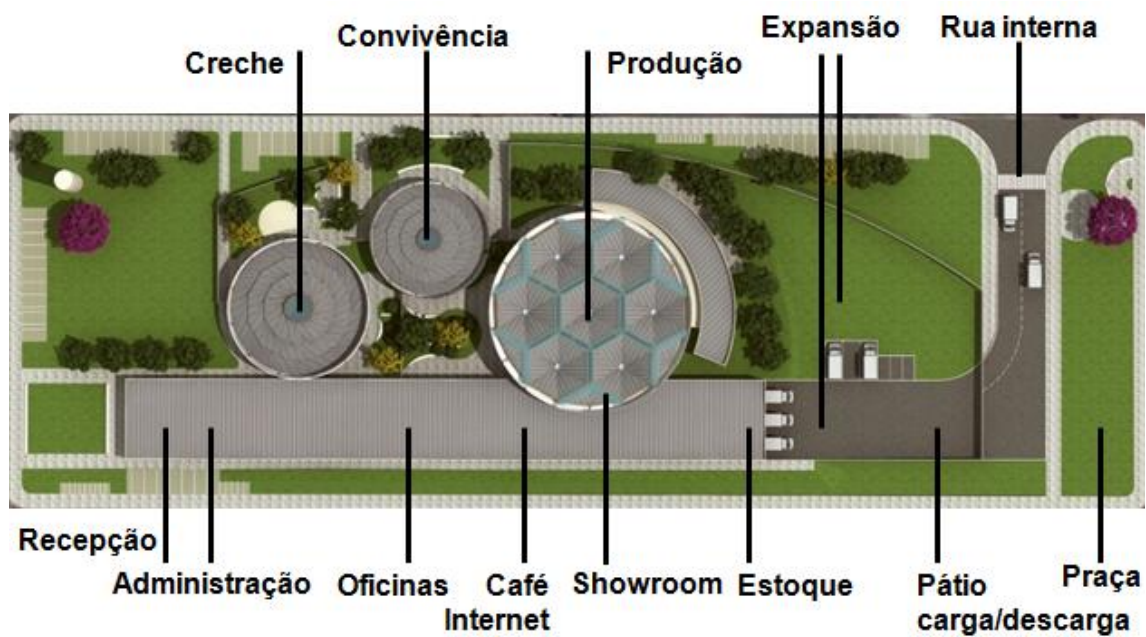


Figura 01: Imagens da proposta com a Setorização dos espaços e Perspectiva geral
Fonte: autora

4. ESTRUTURAS RECÍPROCAS

As estruturas recíprocas são relativamente pouco exploradas no Brasil, apesar de tratar-se de uma tipologia secular, e de ter alcance abrangente em vários países como o Japão. Não foram encontradas publicações nacionais que tratassem do assunto com a profundidade intencionada, nem no campo acadêmico, nem no campo prático, criando a rica oportunidade de pesquisa no campo da arquitetura. Além disso, a tipologia estrutural foi eleita durante o processo de desenvolvimento de projeto, principalmente em função do seu comportamento estrutural ter relação direta com a temática estudada.

Neste sistema cada parte se sustenta a partir do apoio de outras partes, de forma que o conjunto cria equilíbrio e sustentação através da somatória das forças de cada uma das partes. Segundo LARSEN, 2008 *“trata-se de uma estrutura composta mutuamente de vigas de apoio em circuito fechado (...) ela representa aparência e o comportamento unificado, cada viga suporta e por sua vez é apoiada por todas as outras.”* Este princípio estrutural se assemelha ao princípio cooperativista da solidariedade, na qual todos os cooperados se apóiam e são igualmente importantes, ganhando força pelo conjunto e não pela unidade. Esta constatação pode ser observada com o auxílio das imagens a seguir, que apresentam estruturas recíprocas com módulos de quatro barras.

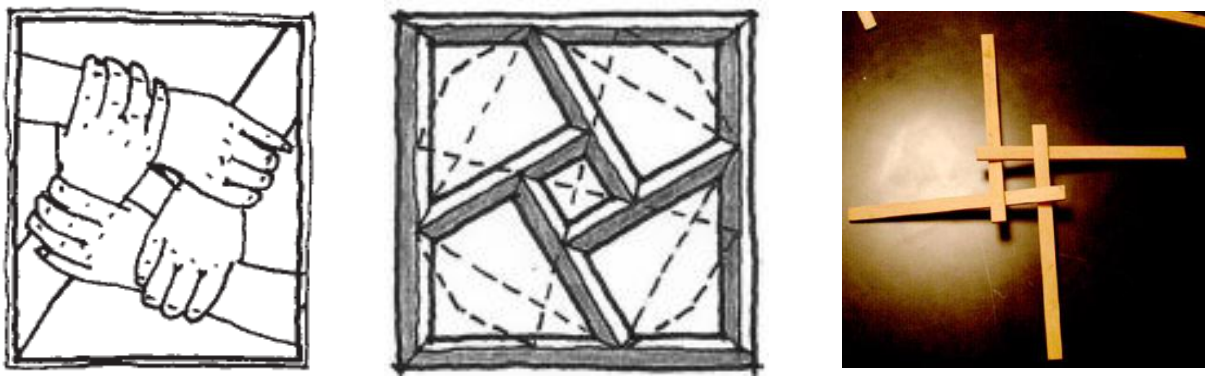


Figura 02: Seqüência de imagens de Módulos de quatro barras e sua associação com apoio humano.

Fonte: Reciprocal Frame (2009)

Segundo REBELLO e BOGÉA, 2006, nesta estrutura, cada membro é apoiado na extremidade externa do anel por uma viga, uma coluna ou uma base, e na extremidade interna é apoiada pelos membros do conjunto. Quando os membros na estrutura são organizados regularmente em torno de um ponto central de simetria, obtém-se uma estrutura regular, mas estruturas irregulares também são possíveis. Todo o sistema é regido por três variáveis: inclinação, altura da seção das barras e abertura do centro. Como resultado da composição, ao ser carregada, a estrutura recíproca não apresenta forças horizontais nos apoios, apesar da inclinação das barras. Os membros são capazes de transmitir forças verticais (o seu próprio peso e as cargas impostas) para os suportes no perímetro da estrutura através da compressão de cada membro (LARSEN, 2008). Assim como nas treliças, a perícia nas estruturas recíprocas está na estabilidade obtida por meio da forma do conjunto estrutural, mais do que dos pontos de conexão.

É possível a criação de uma infinidade de composições através das estruturas recíprocas, o que pode ser compreendido através de um exercício prático com barras. Dele provém a compreensão do comportamento do conjunto, o que não é possível através de modelagem eletrônica ou desenhos e croquis. Uma vez realizada a experimentação nesta tipologia, observa-se a total intimidade e conexão entre a arquitetura e engenharia, o que possibilita um exercício projetual

profundo e instigante. Tais características e relações fizeram da estrutura recíproca a solução ideal à criação de uma identidade diferenciada para a cooperativa.

5. METODOLOGIA DA EXPERIMENTAÇÃO

Foram propostas estruturas recíprocas para a área produtiva, para a área de convivência e para a creche da cooperativa, mantendo apenas o edifício voltado à administração e educação com estruturas convencionais. A experimentação partiu do estudo de um conjunto de obras de arquitetos japoneses, passando posteriormente à elaboração de croquis de possíveis modelos para o projeto proposto. Os desenhos levaram à criação de maquetes físicas, com diferentes materiais: rígidos (palitos de madeira) e flexíveis (canudos de plástico), utilizando-se para junções das barras linhas e arames.

Para o espaço produtivo optou-se por uma estrutura diferenciada, com sistema de captação da água da chuva em estruturas modulares agrupadas. Foram escolhidos dois modelos previamente desenhados: o primeiro com um módulo em forma de cálice e o segundo com um módulo composto por dois módulos de barras (o primeiro em posição vertical e o segundo em posição horizontal, apoiando-se no primeiro). Ambos os modelos tinham por característica principal uma composição vertical, que deveria alcançar em torno de nove metros de altura, ver Figuras 03 e 04.

Para a obtenção de maior riqueza de conclusões, foram escolhidos materiais diferentes para a construção física das maquetes. Esta foi uma decisão necessária para a compreensão do comportamento dos materiais, servindo de fundamento para a decisão posterior dos materiais a serem utilizados no projeto arquitetônico, uma vez que as estruturas recíprocas podem ser desenvolvidas em madeira, aço ou concreto, conforme constatado nas pesquisas. Desta forma, o primeiro modelo foi construído com madeira e linha, e o segundo com canudos de plástico e arame, conforme imagens a seguir.

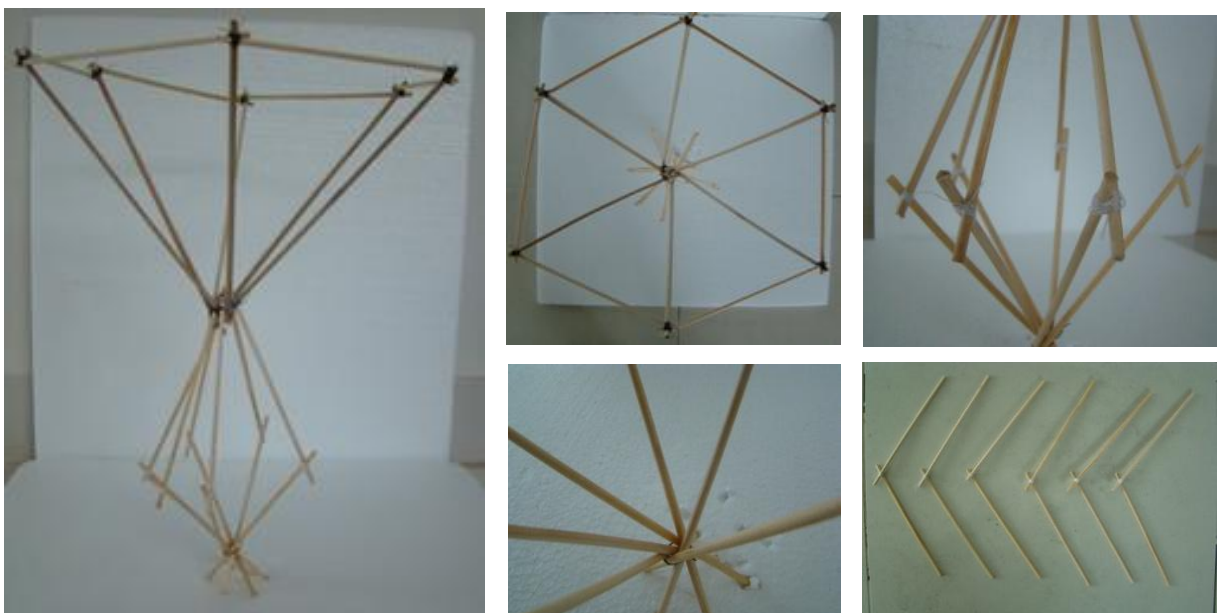


Figura 03: Seqüência de fotos com o desenvolvimento do primeiro modelo de estrutura recíproca vertical, confeccionada com palitos de madeira e linha.

Fonte: autora

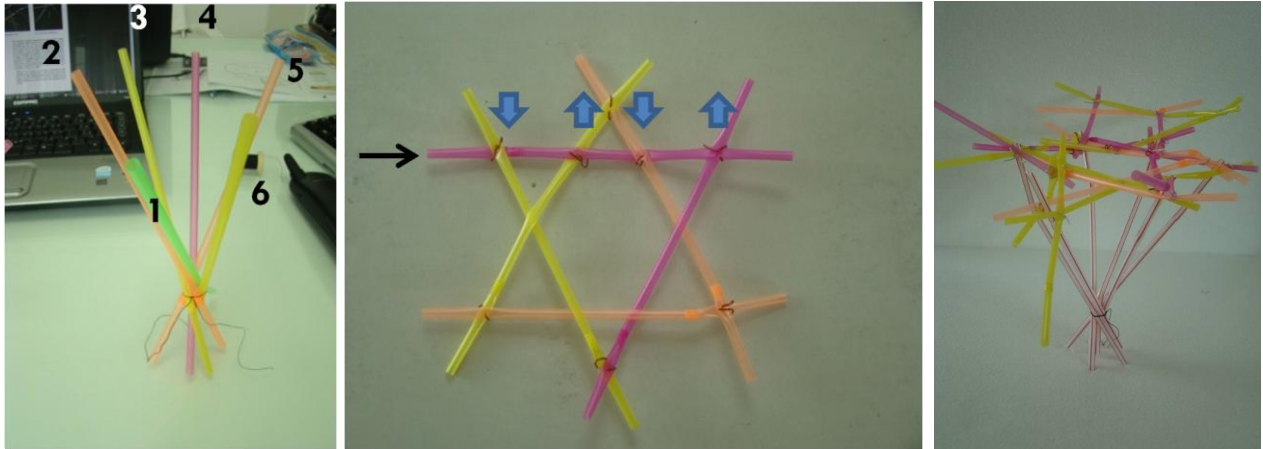


Figura 04: Seqüência de fotos com o desenvolvimento do segundo modelo de estrutura recíproca vertical, confeccionada com canudos e arame.

Fonte: autora

A modelagem física foi talvez a etapa mais importante do processo projetual das estruturas recíprocas, pois possibilitou a observação do comportamento das barras, não só visualmente, mas principalmente manualmente. Destacam-se as seguintes descobertas e conclusões:

- Quando as maquetes começaram a ser estruturadas, os esforços eram sentidos pelas mãos, à medida que se criava tensões em determinado ponto, por exemplo, em função da movimentação de outro ponto;
- Observou-se a pressão exercida em uma barra em relação às outras e a impossibilidade de utilização de determinadas dimensões, em virtude deste mesmo esforço;
- Um mesmo padrão geométrico, quando testado em barras de alta rigidez compõem um resultado totalmente diferente se testado com barras de rigidez inferior;
- Observou-se especialmente que a ação em apenas uma das três variáveis afeta o todo, como por exemplo, a abertura central de uma estrutura recíproca circular. O diâmetro desejado dependerá diretamente da quantidade de barras e de seu comprimento, e a altura da estrutura será resultado destes fatores;
- A experimentação foi essencial para a definição do comprimento das barras de cada uma das partes, em função da capacidade de flexão dos materiais manipulados na junção entre barras;
- Os exercícios demonstraram que o sistema exigia ligações flexíveis, e que o uso de ligações rígidas, no ponto errado, poderia desequilibrar e danificar todo o sistema;

- As soluções encontradas para as ligações das barras, como a utilização de abraçadeiras metálicas, cintas metálicas com pinos ou cruzamento de pinos foi possível graças à experimentação física e virtual;
- Em um dos modelos estudados, ficou claro que as estruturas em forma de cálice deveriam ser independentes, contrariando as impressões antes da criação das maquetes, que levava à sua interligação;
- O segundo modelo provou ser inviável em função da quantidade de barras que demandaria, tornando a estrutura muito pesada e com uma complexidade desnecessária, o que não poderia ser constatado somente através de imagens, já que foi na experimentação que se percebeu a dimensão máxima das barras e a necessidade de trabalhar com um volume maior de pequenas barras.

A manipulação manual permitiu, portanto, compreender o nível de complexidade das estruturas recíprocas, para muito além das questões plásticas. Justamente por tratar-se de um sistema recíproco carrega consigo um conjunto de peculiaridades que as demais estruturas convencionais não apresentam, constituindo-se a experimentação prática parte do processo necessário à sua utilização em projeto.

Dando continuidade ao desenvolvimento dos estudos, iniciaram-se as análises em maquete eletrônica. O primeiro modelo apresentado foi escolhido para a área de produção da cooperativa, em função da maior área de cobertura, maior vão livre, condições técnicas (quantidade e dimensão das barras) e capaz de traduzir a identidade do sistema cooperativista, segundo os conceitos pré-estabelecidos.

Foram desenvolvidas as maquetes eletrônicas dos dois modelos, em virtude da necessidade de uma segunda estrutura recíproca para a creche e espaço de convivência dos cooperados.

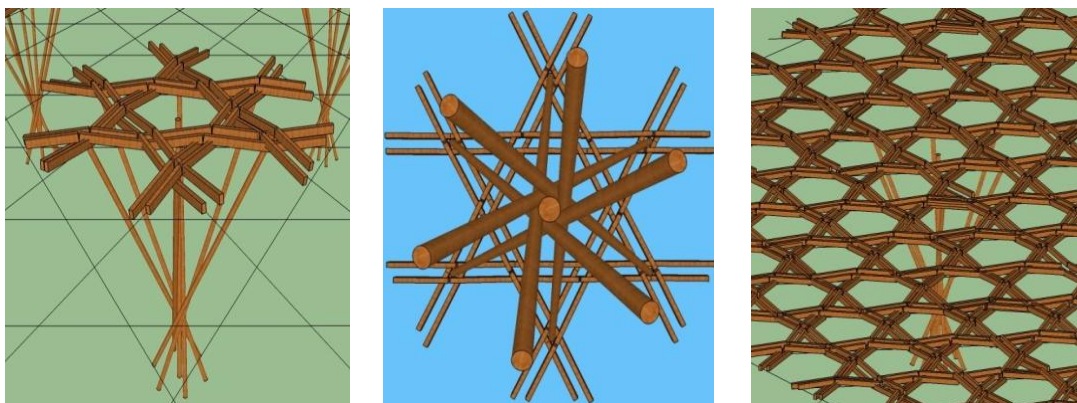


Figura 05: Imagens dos estudos do segundo modelo de estrutura recíproca.
Fonte: autora

Através da modelagem eletrônica foi possível a maior observação dos ângulos de movimentação das barras e sua influência no conjunto. Esta etapa foi essencial para a definição da cobertura do primeiro modelo, em virtude dos espaços criados entre barras, que poderiam servir como entradas de luz e que seriam dificilmente projetados sem o uso da maquete eletrônica. Além disso, a movimentação de apenas uma barra afetava o conjunto de todas as estruturas existentes no espaço, levando à experimentação de dimensões variadas para atender aos vãos exigidos.

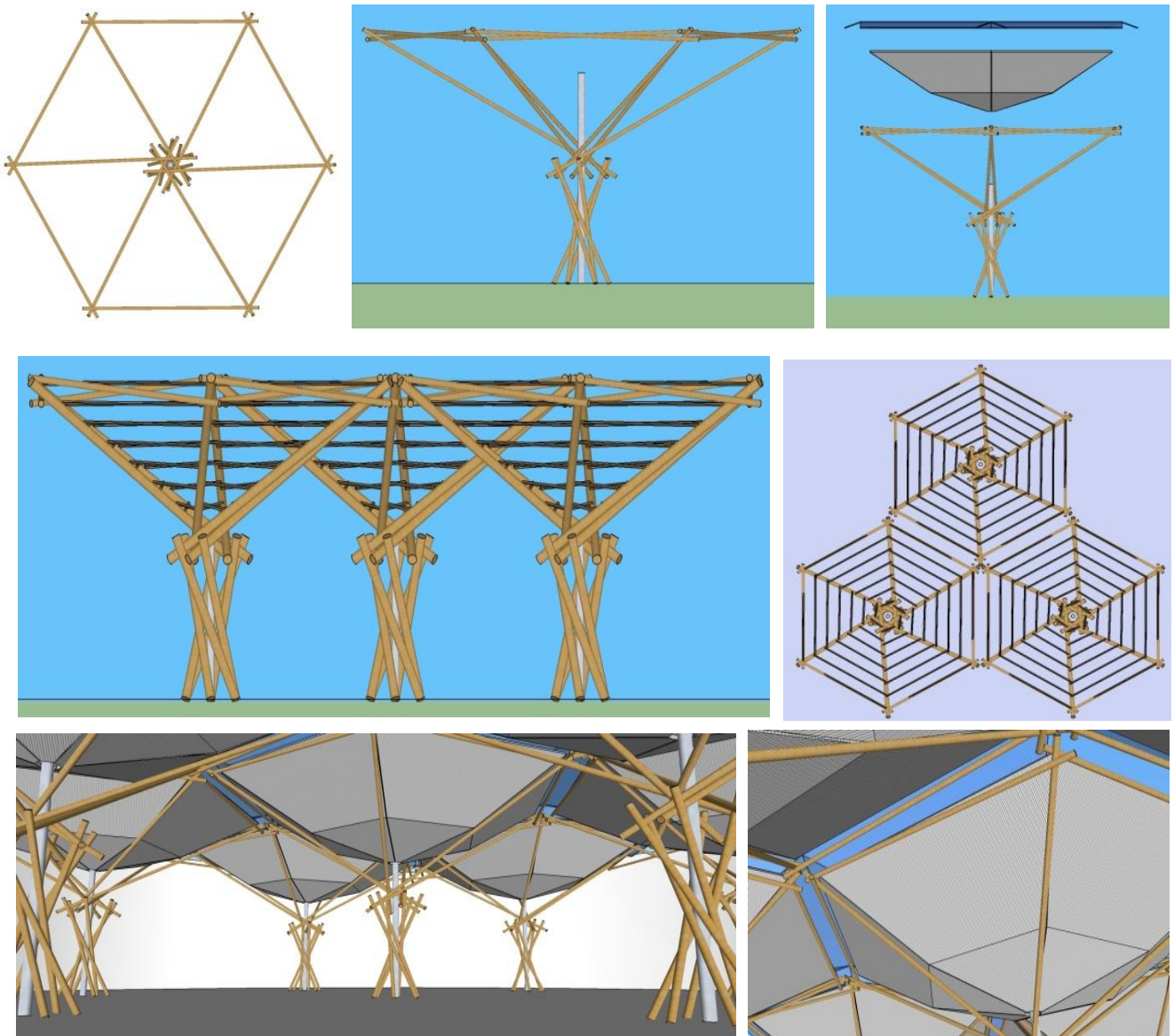


Figura 06: Seqüência de imagens com os estudos do conjunto estrutural, ligações entre módulos e sistema de captação de luz.

Fonte: autora

Assim como a dimensão final dos módulos e barras foi possível somente a partir da modelagem física e eletrônica, o mesmo se deu em relação ao sistema de captação de luz, ao sistema de calhas (condutores verticais como principal sistema de captação) e ao detalhamento das ligações entre barras. A seqüência de imagens da Figura 07 mostram as etapas básicas da construção dos

módulos verticais, até a sua cobertura, e a vista superior de seu agrupamento final no espaço produtivo circular.

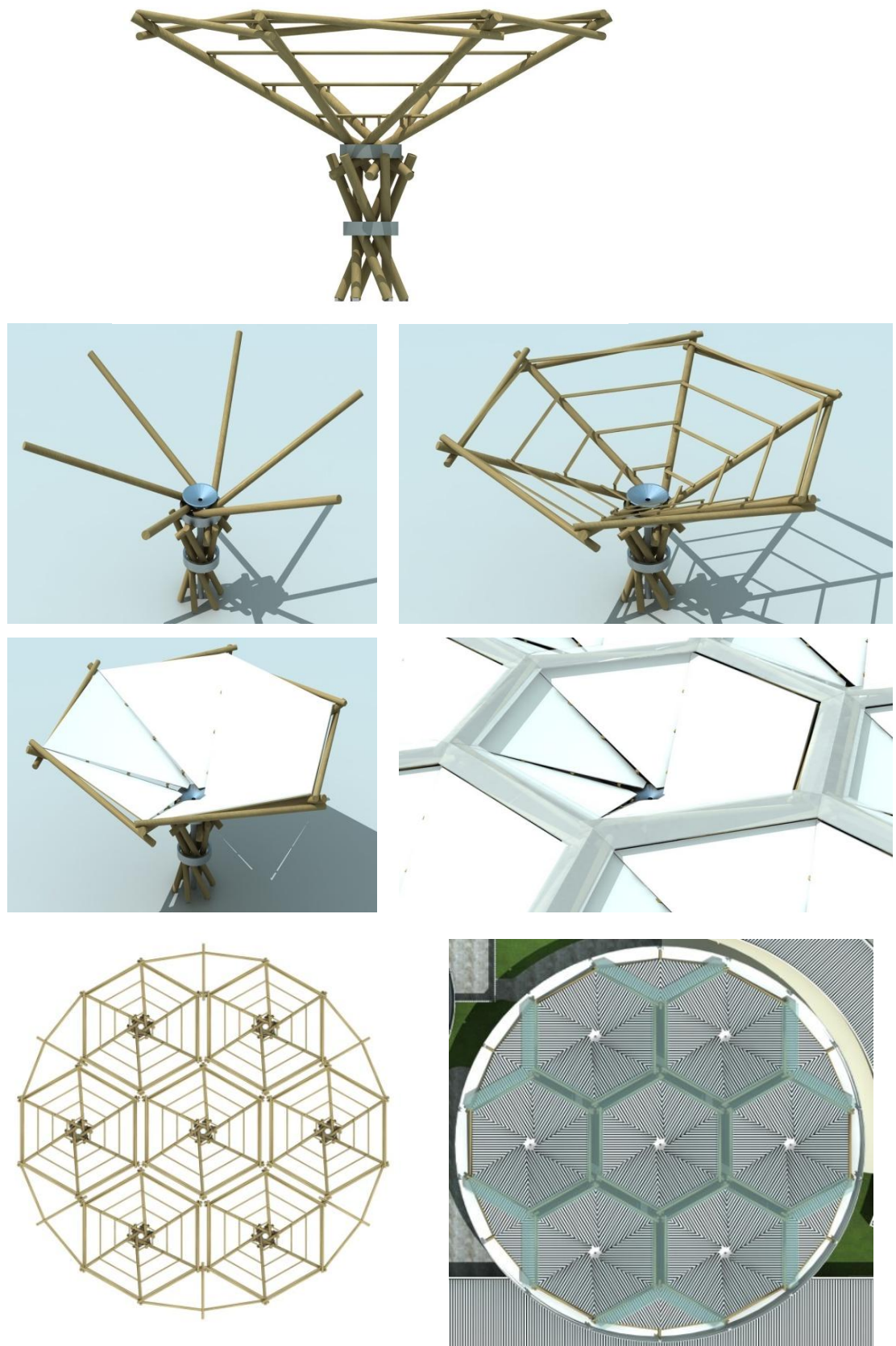


Figura 07: Seqüência de imagens com os estudos da estrutura vertical e de cobertura, ligações entre módulos e sistema de captação de luz.
Fonte: autora

As imagens internas da maquete mostram os resultados alcançados no projeto, através dos vãos livres generosos, iluminação natural, captação da água da chuva e impacto visual, remetendo através das estruturas recíprocas aos conceitos essenciais do cooperativismo, ver Figura 08.



Figura 08: Imagem do espaço interno da área produtiva
Fonte: autora



Figura 09: Imagem do espaço interno da área de convivência
Fonte: autora

A Figura 09, ilustra a estrutura recíproca desenvolvida para o espaço de convivência, cujo modelo foi replicado na creche da cooperativa. Neste caso, uma estrutura recíproca horizontal, desenvolvida similarmente aos dois modelos apresentados neste artigo.

Enfim, a investigação volumétrica não só enriqueceu o processo projetual, mas foi totalmente necessária para o desenvolvimento responsável e realista da estrutura proposta.

6. RESULTADOS E CONCLUSÕES

O conjunto de estudos realizados, de caráter teórico e prático, resultou em um projeto com profunda fundamentação, na qual se justificou as escolhas realizadas, concedendo uma característica de racionalidade e humanidade ao projeto.

Foram utilizados vários meios disponíveis de pesquisa, sem abrir mão dos métodos identificados, ainda que o tempo fosse exíguo para a realização dos mesmos. Todos os conhecimentos adquiridos desde a primeira fase foram essenciais para uma concepção responsável, constatando-se que o tempo de pesquisa demandado não resultou apenas em decisões de projeto, mas no amadurecimento do próprio aluno.

A contribuição de visões e conhecimentos multidisciplinares ampliou as possibilidades e criou maior bagagem de aprendizado e a proposição de um programa diferenciado para o tema escolhido.

O desenvolvimento de estruturas recíprocas trata-se de um exercício complexo, que envolve necessariamente maquetes físicas e eletrônicas, caso contrário, seria um exercício às cegas. Porém, a experiência demonstrou que quanto maior a profundidade de análise, melhores podem ser os resultados, o que deve ser transferido para todo e qualquer campo de projeto, e não somente para o caso de estruturas complexas.

A metodologia de projeto desenvolvida para a criação da Cooperativa de Costura atingiu os objetivos propostos, à medida que se baseou em profunda investigação e que as soluções diferenciaram-se em termos de inovação e identidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMAROTTO, J. A. *Estudo das relações entre o projeto de edifícios industriais e a gestão da produção*. 1998. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade de São Paulo, 1998.

CHERFEM, C. O. *Mulheres marceneiras e autogestão na economia solidária: aspectos transformadores e obstáculos a serem transpostos na incubação em assentamento rural*, 2009. Tese (Mestrado em Educação). Centro de Educação e Ciências Humanas, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2009.

LARSEN, O. P. *Reciprocal Frame Architecture*. 1. Ed. Oxford: Elsevier Linacre House, 2008.

REBELLO, Y. C.P.; BOGÉA, M. *Pega-varetas e estruturas recíprocas*. AU – Arquitetura e Construção. Ed. 144. 2006.

SANTOS, D. R.; BASTOS, L. *A concepção do edifício industrial: do moderno à contemporaneidade*. Cadernos do PROARQ. Rio de Janeiro, v. 1, n. 11, 1997