

DESIGN DE ESTRUTURAS AMARRADAS DE BAMBU PARA EDIFICAÇÕES RURAIS

Luís Eustáquio Moreira

Marcelo da Fonseca e Silva

RESUMO

ABSTRACT

Palavras chave: bambu, edificações rurais, sustentabilidade, construções indígenas

INTRODUÇÃO

O grande desenvolvimento da tecnologia nas duas últimas décadas tem exigido mudanças nos sistemas produtivos e na atuação de seus agentes, de forma que esse desenvolvimento possa ser eficientemente colocado em ação, na concretização das diferentes necessidades de uma população crescente e diversificada.

Para a Engenharia de Estruturas esse movimento de transformação está sendo denominado de “novo estruturalismo”, cujo ator principal, por falta de um nome mais ajustado, está sendo denominado Engenheiro de Design, Oxman, R. [2010].

Diferentemente das décadas anteriores em que a forma das edificações era tratada relativamente independente do material e da estrutura, no novo estruturalismo a forma não deve ser pensada independentemente. Ao contrário, material, estrutura, função e princípios de funcionamento justificam a forma, Moreira, L.E. e Ripper, J.L.M. [2012].

Tudo isso é o resultado do controle e velocidade de processamento proporcionado pelos diferentes softwares disponíveis, conjugados ao desenvolvimento da Engenharia de Materiais e Engenharia de Estruturas.

A transferência desses novos conceitos para o coletivo e sua conseqüente apropriação é um processo bem mais lento, pois esse desenvolvimento ocorre em contextos muito especiais, nos laboratórios das universidades, nos centros de pesquisas e nas grandes indústrias.

De qualquer modo, uma importante conseqüência desse atual estágio das forças produtivas é a possibilidade de atendimento às necessidades específicas das diferentes culturas que povoam o globo, bem como das diferentes culturas das cidades e dos campos e das subculturas que caracterizam hoje as grandes metrópoles.

Esse seria o caminho de uma globalização saudável, embora o geógrafo Santos, M. [2009], saliente a baixa resistência dos campos à invasão de maquinários para as monoculturas e seus efeitos de desertificação dessas regiões e alienação de seus moradores, que ele denomina globalização perversa.

Em atenção às necessidades locais desprovidas do recurso dos ambientes bem servidos tecnologicamente, nesse artigo, após vários estudos de design de estruturas de bambu amarradas em modelos reduzidos e protótipos, um modelo de edificação baseado no sistema estrutural da casa dos índios brasileiros Karajá, é discutido quanto aos aspectos custo x benefício, para aplicação em edificações rurais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Como nos lembra o filósofo espanhol Ortega e Gasset, ninguém é cientista ou filósofo durante as vinte e quatro horas do dia. Ao contrário, durante uma boa parte do tempo, funciona-se de maneira comum. Nesse caso, todos ficam sujeitos a uma série de conceitos dos quais não se tem muita clareza, mas que se impõem momentaneamente como verdades, até que outros pontos de vista possam até mesmo fazer-nos mudar nossas opiniões.

Dentre esses conceitos relativos às edificações, poderíamos destacar principalmente: - a durabilidade; a produção; a manutenção; a geração de poluentes e a geração de lixo.

O que acontece é que esses conceitos estão interligados, formam um sistema e, portanto, não têm como ser analisados separadamente. As pirâmides do Egito são símbolos de durabilidade, mas, como objetos de uso, para os quais foram projetados, não têm hoje a menor serventia. Do mesmo modo, os palácios dos Imperadores Chineses, obras primas em madeira, são hoje pontos de visitas turísticas, relíquias maravilhosas do passado.

Contudo, se se pensa na diversidade da população global, contando hoje mais de 7 bilhões de pessoas nas mais diversas situações geográficas e existenciais, a durabilidade desdobra-se em vida útil da edificação e tempo de vida dos componentes, tudo isso estando imediatamente ligado ao uso e contexto dessa edificação. Para que ? Onde ? Qual o benefício esperado ? Qual a infra estrutura local ? Como produzir uma edificação eficaz com os recursos locais ? O que seria uma edificação eficaz ?

Podemos definir produção como o conjunto de todas as atividades que tornam possível a concretização das ideias objetivadas. Deve-se aqui recordar que as ideias e seus projetos são seres abstratos que precisam se vestir de matéria e que todas as ações de transformação da matéria são beneficiamentos que consomem energia, e energia é trabalho e o trabalho tem um custo. Com o beneficiamento, os materiais especializam-se em determinada direção, e se essa direção é do aumento de durabilidade, as edificações terão vida maior até que requeiram os primeiros reparos.

Se o domínio de observação é ampliado, então, questões como uso de substâncias tóxicas e poluidoras para a obtenção da edificação, devem ser também computados, pois todos os contribuintes estarão pagando por prejuízos de médio e longo prazo para recuperação de ecossistemas e ambiências poluídas, quando elas são realmente possíveis.

Se a edificação puder dissolver-se na natureza após um tempo de vida em que tenha sido útil, sem geração de resíduos nocivos, então, está fechado um ciclo positivo; e o local estará virgem para ser ocupado por outros projetos, inclusive atividades agrícolas.

Embora não seja tema desse artigo, todas essas atividades poderiam ser computadas em termos energéticos, fornecendo parâmetros de controle e otimização.

Em se tratando de ocupação sustentável, não há exemplo melhor do que o dos índios brasileiros, conforme foram aqui encontrados no século XVI. Na Suma Etnológica Brasileira, Tecnologia Indígena, de Ribeiro, D. e Ribeiro, B.[1963], encontra-se um grande arquivo de sistemas estruturais indígenas, de simplicidade incomparável. Todos eles podem ser perfeitamente executados com bambus, ao invés de galhos de árvores; e amarrados com

cordas, ao invés de cipós. Do mesmo modo, a pele de cobertura, embora possa ser também de folhas de palmeiras ou capins, podem ser substituídas por membrana sintética ou de algodão.

Não necessariamente, mas na medida em que facilite a acessibilidade à edificação, a atualização desses sistemas estruturais com os recursos disponíveis, pode abrir um novo campo de utilização para o bambu na zona rural.

Bastam duas pessoas para erguerem, em poucos dias de trabalho, essas estruturas caracterizadas por leveza e sustentabilidade. Colhendo-se os bambus na época certa de cada região, vários beneficiamentos podem ou não serem aplicados aos elementos, com finalidade de protegê-los de fungos e/ou brocas. Tudo dependerá de uma relação custo x benefício facilmente entendida a partir de um primeiro protótipo e do uso da edificação. A cada beneficiamento corresponde um prolongamento de vida ou melhora de funcionamento do sistema, mas simultaneamente, um maior custo. Nesse sentido, caminha-se das soluções mais simples, indígenas, aumentando-se a sua complexidade passo a passo.

A facilidade construtiva, a facilidade de manutenção e reposição das varas, conjugados à função da edificação e da maior ou menor exposição de seus elementos aos agentes de decomposição do meio de inserção pode, em alguns casos, levar à opção de eliminar completamente tratamentos de preservação das varas. Em outros casos, algumas varas podem ser tratadas, outras não, e assim por diante.

PRODUÇÃO

A produção como o conjunto de ações que possibilitam a concretização dos objetivos é aqui analisada sob dois domínios distintos que se complementam na melhor realização do objeto de estudos, o **Design do Objeto** e **Design da Construção**.

Design do Objeto

O Design do Objeto está descrito em detalhes no livro Jogo das Formas – A Lógica do Objeto Natural, Moreira e Ripper [2012]. O protagonista do desenvolvimento do objeto é o modelo físico reduzido. Para este modelo deve convergir toda a aptidão do “Jogador”, personagem principal do jogo. Ou seja, os domínios de competência do jogador, sua experiência profissional, os softwares que lhe antecipam jogadas, tudo isso deve convergir para o modelo físico manufaturado. Na interação com o modelo, o objeto se desenvolve no sentido do seu melhor funcionamento interno (relações entre componentes) e externo (relação com o uso), tudo isso em atendimento à função a que se destina o objeto. O objeto trata-se de um viveiro para

cultivo de azaleias, que parte do esquema indígena, Figura 1.a, e é desenvolvida em modelos físicos reduzidos, Figuras 1b a 1e.

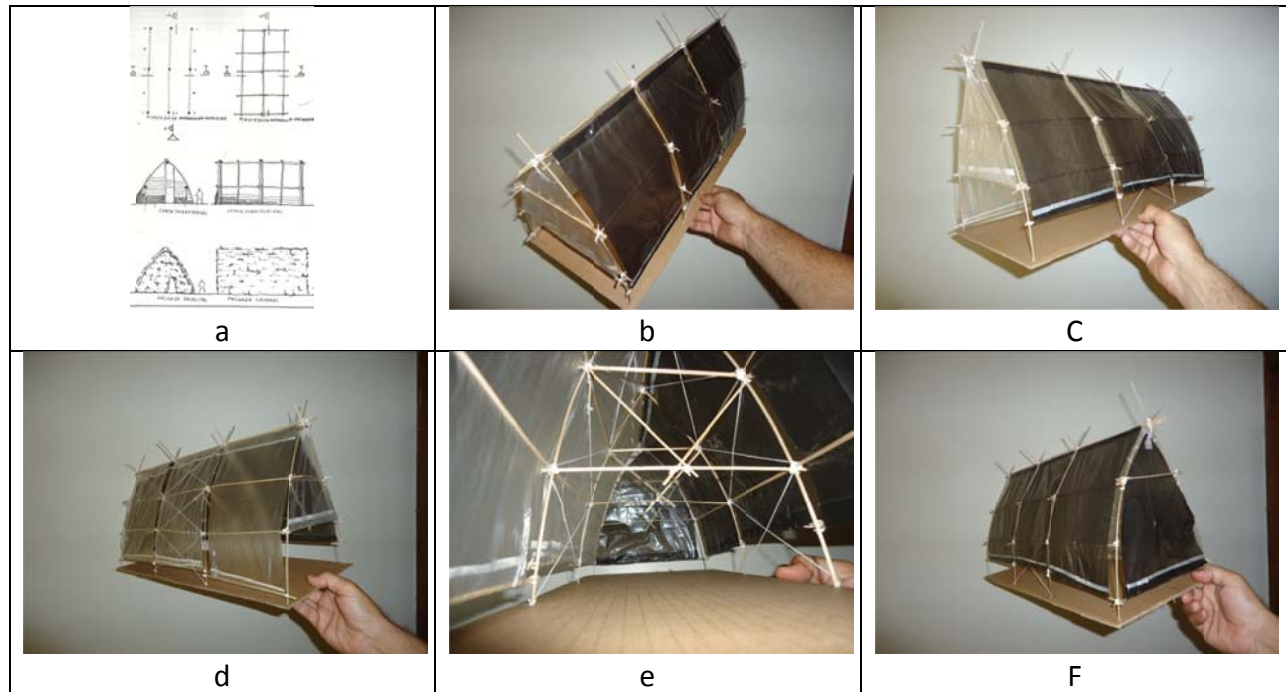


Figura 1: Esquema e modelos físicos reduzidos

Design da Construção

O design da construção, no caso da edificação em estudo, devido ao número reduzido de componentes – bambu, cordas e membrana – pode ser dividido nas etapas de *Beneficiamento dos Bambus*; *Beneficiamento das Cordas*; *Beneficiamento das Membranas* e *Processo Construtivo*.

Beneficiamento dos Bambus

Alguns bambus foram pintados na superfície e sofreram previamente abrasão com lixa, para melhor adesão da pintura. Os preservativos utilizados foram o Osmocolor e o Piche. Outros bambus foram utilizados em estado natural, sem lixamento e sem pintura. Na Tabela 1, que deve ser lida linha por linha completas, encontram-se as operações de beneficiamento e os resultados observados, dois meses depois. O contexto da construção, no interior de Minas Gerais, caracterizou-se por um ambiente com muito baixa umidade ambiente, 30 %, e amplitude térmica variando entre 15°, à noite, e 30°, ao dia e à sombra.

Tabela 1: Beneficiamento dos Bambus no Campo

| OPERAÇÃO | SITUAÇÃO EM MEADOS DE OUTUBRO de 2012 | TIPO DE OBSERVAÇÃO REALIZADO |
|---|---|--|
| 1. Colheita das varas no 3º dia da lua minguante de agosto de 2012 | Ausência de ataques de larvas ou insetos | Observação visual externa |
| 2. Corte dos galhos e gemas | Nenhum prosseguimento de danos no local das aparas | Observação visual externa |
| 3. Lixagem dos bambus para pintura preservativa | Enfraquecimento da resistência mecânica e diminuição da durabilidade dos bambus | Observação visual de trincas longitudinais excessivas e aparecimento de manchas de fungos em todos os colmos |
| 4. Pintura externa com pincel e fungicida/UV Osmocolor | Falhas de aplicação, delaminação da pintura | Observação visual externa |
| 5. Corte dos tamanhos finais dos elementos | Delaminação das varas no final do corte da seção transversal | Observação visual das varas que não foram rotacionadas para o corte final |
| 5. Pintura com piche | Pintura eficiente – adesão total | Observação visual externa |

Beneficiamento da membrana de vedação

A vedação de um dos lados da estrutura utiliza plástico transparente resistente a UV para a captura do sol da manhã e sombrite no lado oposto, para proteção do sol da tarde.

Cada membrana, de plástico transparente ou preto, foi cortada com 5,5 metros de comprimento por 3,3 metros de largura.

O beneficiamento ideal do sombrite deveria ter sido através da colocação de uma moldura de fitas resistentes, como acabamento de bordo. Contudo, por uma questão de economia momentânea, foram utilizados ilhoses nos dois lados opostos da membrana, Figura .

Já o plástico, por ser menos resistente, necessitou de uma soldagem nos bordos com fita adesiva de embalagem, conforme Figura . Dois bambus opostos fazem o tracionamento de cada um desses módulos. Observou-se que os reforços de bordo verticais, com a fita adesiva, dificultaram o tracionamento uniforme de 2 das membranas assim emolduradas, pois a fita adesiva sendo mais rígida do que o plástico, capturou mais carga e aliviou as partes internas, provocando enrugamento. Observou-se também que a solução de dobra dada ao plástico poderia ser igualmente aplicada ao sombrite, e os resultados de funcionamento do tracionamento dos módulos de sombrite seriam melhores do que o adotado inicialmente. Sem dúvida a solução dada ao plástico, sem a utilização de ilhoses, distribui as tensões no material

e demonstra ser melhor solução do sistema de tracionamento, do que a solução dada ao sombrite, que concentra tensões nos ilhoses.

Beneficiamento das cordas sintéticas

As cordas utilizadas são de Polipropileno - brancas, com 8 mm de diâmetro; e cordas retinida trançada Batalhão – com tons esverdeados e marrons e 8 mm de diâmetro.

Como beneficiamentos tem-se: corte das cordas nos tamanhos adequados a cada conexão e queima das extremidades para proteção da alma dos cabos e para evitar desfiar ou destrançar essas extremidades. Uma queima econômica e segura das extremidades pode ser feita utilizando-se de uma vela acesa e fixa, em cuja chama colocam-se as extremidades das cordas, que fundidas, perfazem o beneficiamento, especializando o segmento de corda.

Observou-se que os nós da corda de polipropileno se desfazem facilmente, se mostrando por essa razão, menos indicadas do que as cordas Batalhão. Estas já proporcionam uma melhor amarração, facilitando o aperto dos nós pelo atrito entre as partes dobradas entre si, além de serem mais resistentes por terem alma de polyester.

Processo Construtivo

O bambu utilizado é da espécie *Bambusa tuldoides*, com diâmetro basal médio de 4,5 cm, colhidos no próprio sítio onde a estrutura foi executada, na região de Santa Luzia, Minas Gerais, Comunidade do Céu do Monte. As varas foram selecionadas pelas características de varas maduras - coloração esverdeada tendendo ao amarelo em alguns trechos; presença de fungos na superfície e folhagem intensa. Deu-se preferência a varas retilíneas ou varas que se encurvavam em uma única direção, para facilitar a descrição das formas ogivais sem introdução de elevadas tensões de dobragem.

A sequência de fotos que compõem a Figura mostram o processo de construção que pode ser dividido em 7 sub etapas sequenciais: - *construção das ogivas; perfuração das fundações; verticalização das ogivas; colocação e amarração das terças; amarração dos contraventamentos em X; preenchimento dos furos da fundação e içamento das membranas de vedação.*

As ogivas foram construídas na superfície do solo, próximo ao local da edificação, no trecho mais plano e horizontal do terreno. Não foi necessário terraplenagem. Um gabarito realizado com estacas de bambu cravadas no solo conduziu a dobragem dos bambus. Foram inicialmente dobrados dois bambus em cada lado da ogiva, após terem sido pintados de piche – cor preta. Um treliçamento interno mantém a forma ogival e diminui comprimentos de flambagem dos elementos.

Uma vez prontas, as ogivas, em número de 4, foram colocadas em posição inclinada, apoiadas nas copas dos coqueiros vizinhos.

Furos variáveis de 70 a 100 *cm* de profundidade compensaram a diferença de nível do terreno, para colocação dos pés das ogivas. A distância entre os furos para cada ogiva foi igual à abertura das ogivas na base, ou seja, 4 metros. Duas pessoas manobram facilmente as ogivas para encaixá-las nos furos. A distância entre ogivas foi de 3,3 metros, de tal forma que a edificação ficou com cerca de $(10 \times 4) \text{ m}^2$ de área na base. O pé direito das ogivas é de 5,5 metros.

As terças, exceto as de cumeeira, somam 3 de cada lado da ogiva, e servem de apoio das membranas, sobre as quais foram estiradas após o içamento. As terças foram devidamente amarradas às ogivas, para distribuírem esforços longitudinais entre todas as ogivas. As amarrações devem ser independentes e sobrar material não é ruim, pois quando das manutenções, pode ser que outros bambus tenham diâmetro um pouco maior e então, as mesmas cordas poderão ser utilizadas nas amarrações. Por outro lado, o trabalho eficiente com cordas exige que os tamanhos sejam facilmente manuseáveis.

Conforme se percebe nas figuras, bambus não tratados foram utilizados nas ogivas, em número de dois de cada lado. A colocação desses bambus foi relativamente fácil, pois eles foram dobrados sobre a própria ogiva que já estava pronta na vertical e fixa nos furos do solo. Fixos na base e na cumeeira, eles são obrigados a formar o arco. Em seguida, eles são amarrados em todas as demais posições. Essa solução apareceu na interação dos construtores com o objeto, visando o aumento de resistência, favoreceu também a manutenção da forma ogival. Isso porque esses novos bambus que foram acrescentados foram encurvados sobre os primeiros e ficaram com tendência a puxar os arcos para fora, efeito favorável. Do mesmo modo, bambus não tratados foram também utilizados nas terças.

Somente após a estrutura de ogivas, terças e contraventamentos em X estar terminada, os furos onde se encaixam as ogivas são preenchidos com a própria terra, procurando-se com esse enchimento, não deixar espaços vazios, para evitar percolação e empoçamento subterrâneo de água, que iriam destruir rapidamente os bambus enterrados, pela formação de fungos nos trechos de alta umidade vizinhos da base submersa. Canaletas em torno da edificação, para desvio de águas pluviais, contribuem para aumentar a vida útil dos trechos enterrados das ogivas.



Figura 2: Design da Estrutura de Sustentação

O içamento das membranas lembra o içamento de velas de um barco. Duas cordas são amarradas aos bambus de içamento. Lançadas sobre a cumeeira de cada trecho entre as ogivas, elas permitem um agradável manejo de elevação dessas velas. Uma vez que o bambu de içamento atinja a cumeeira, eles são ali amarrados. Na parte inferior da membrana, outro bambu faz o tensionamento da vela.

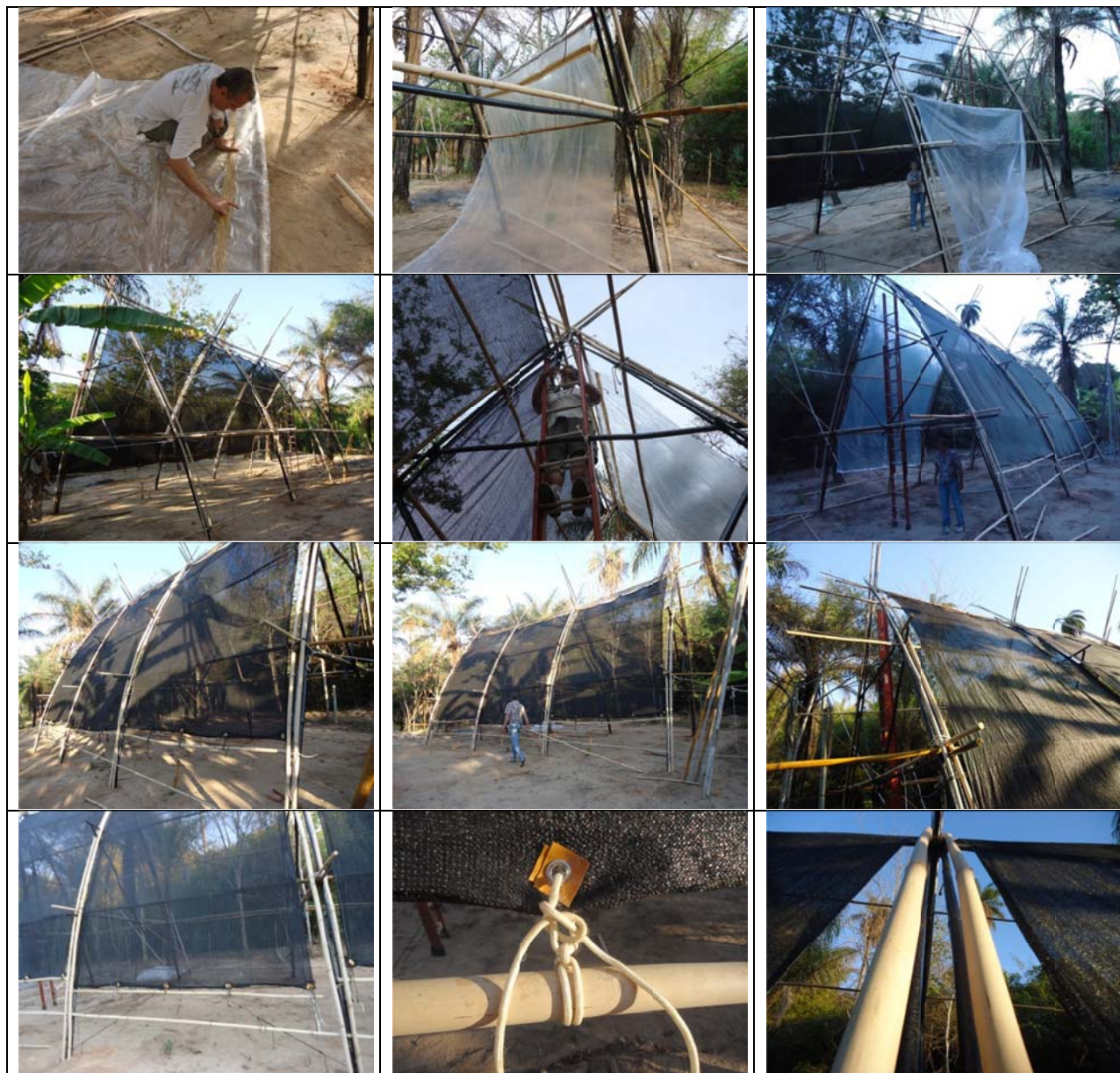


Figura 3: Design da Pele de Revestimento

Para se atingir os pontos de amarração, foi utilizada uma escada retrátil, que primeiramente amarrada à estrutura de bambu, permitiu fácil acesso aos pontos de amarração. Para liberação das mãos do construtor, um anel de corda envolve o construtor e o prende à própria escada. Óbvio que é um trabalho que exige concentração e cuidado para evitar queda. Para quem trabalha dessa forma, enquanto não se está fixo à escada, e na própria operação de fixação com o anel, um dos braços do construtor deve envolver a escada, como condição de segurança.

Uma vez coberto o espaço, ele pode entrar em uso, e daí em diante, outros beneficiamentos poderão ser realizados, adaptando a edificação ao uso dado. Como salientado, beneficiamentos têm custo e podem ser feitos na medida da necessidade, num processo gradual de interação e ocupação do espaço, a exemplo dos inventores dessas estruturas, os índios Karajá.

Foram utilizados dois tipos de nós de marinharia, o nó Fiel, que permite abraçar os bambus reduzindo o escorregamento dos elementos, também conhecido como Nó-de-Porco; e o Nó de Caminhoneiro e suas variantes, nos contraventamentos em X, para maior tracionamento dos cabos. O nó cego foi dado como arremate do nó Fiel.

Quando as membranas estiverem sujeitas à pressão externa elas se tocam nas terças que correm por dentro, servindo de apoio para as membranas que descarregam a carga de vento sobre elas, aliviando as ligações das extremidades. O fato do vento também gerar resultantes de dentro para fora da edificação exige que se passem terças também por fora da membrana, para que ao serem infladas pelo vento, possam descarregar nessas terças, aliviando do mesmo modo as ligações extremas – ilhoses ou fitas adesivas, que se romperiam por solicitação excessiva. Do mesmo modo, essas terças externas devem ser amarradas à estrutura para que não fiquem se deslocando pelo efeito do vento.

CONCLUSÃO

As estruturas reticuladas indígenas caracterizam-se por uma extrema abstração, são rarefeitas e leves, algumas delas podendo ser executadas em poucos dias, por duas pessoas.

A substituição das barras pelo bambu é imediatamente justificada, pois é uma simples troca de matéria e geometria tubular, onde haviam reticulados maciços, sendo que os bambus são ainda mais leves do que as árvores de pequeno diâmetro e os galhos de árvores, o que significa maior facilidade de transporte e manuseio dos elementos, o que facilita, por sua vez, a fabricação e diminui o tempo de execução.

Bambus de diâmetro relativamente pequeno, como os utilizados, são perfeitamente adequados a essas estruturas; e diâmetros ainda menores, como os da espécie *Phyllostachys aurea*, podem fazer a composição final, como elementos secundários em diversas posições.

Do mesmo modo, como o bambu é um tubo versátil, que facilmente se desdobra em tiras, fitas fios de seção quadrada e esterilha, da própria espécie utilizada nessa investigação, o *Bambusa tuldoides*, pode-se obter esses outros elementos para estruturas secundárias.

O beneficiamento dos materiais que compõem a estrutura, como tratamentos de preservação contra fungos e/ou insetos e o beneficiamento do próprio design da construção, como criação de aberturas ou novos fechamentos; as possíveis alterações nas técnicas de fixação de um ou outro elemento estruturante; qualquer que seja, consome energia e tempo, e têm, portanto, um custo. A partir de uma condição mínima de funcionamento da edificação, todas as especializações exigidas podem ocorrer passo a passo, à medida que a edificação vai sendo utilizada. Nesse caso, a abertura da edificação para absorver outras especializações e a facilidade de manutenção, são características dessas estruturas indígenas, construídas em sítios que dispõem de bambuzais.

O que denominamos Design do Objeto, corresponde às atividades de projeção e concretização de modelos reduzidos, que antecipam técnicas de fabricação e montagem, bem como os beneficiamentos mais evidentes, a partir das condições de funcionamento observadas diretamente. Outras condições de funcionamento surgirão na própria interação com essa construção viva, por isso denominadas condições de funcionamento indiretas, Moreira e Ripper [2012].

Essa experiência de resgate das técnicas indígenas demonstra que a utilização dos bambus na construção civil não deve ter uma proposta universal, como é feita como os demais materiais industriais de rígido controle de qualidade. Desse modo, é recomendável que os pesquisadores tenham uma ideia da aplicação dos seus objetos e as mencione em seus artigos. Nesse sentido, a contextualização é fundamental. Assim, as estruturas de bambu acenam para uma Normatização Oficial dotada de flexibilidade, que possa contemplar um número diverso de casos, distinguindo-se as estruturas pelo menos quanto à leveza - escala - contexto do uso.

O rigor das exigências de Engenharia são, obviamente, a segurança dos usuários da edificação e mesmo da sua vizinhança, em se tratando de edificações leves, que poderiam ser carreadas pelo vento, colocando vidas em risco. Mas a aprovação ou não dessas estruturas, quanto a esses estados limites, merece um estudo mais aprofundado do que o dos demais materiais, pois nenhum material industrial tem a versatilidade do bambu.

Do mesmo modo, as edificações podem dotar-se da mesma versatilidade e uma abordagem normativa única certamente limitaria muito as chances dos bons serviços que essa planta pode nos prestar. Basta que se compare essa estrutura aqui apresentada com estruturas de edifícios de 2 ou 3 pavimentos com elementos estruturais de bambu laminado colado, ou mesmo passarelas de pedestres de bambu laminado colado. Certamente o rigor que recairia sobre as estruturas de bambu laminado colado, ainda que sobre ela se tenha mais controle, seria maior do que o que deveria recair sobre uma edificação indígena, ainda que estas sejam de mais difícil controle estrutural. Trata-se de um paradoxo que deveremos resolver.

Outro aspecto a ser observado é quanto aos artigos que envolvam o Design Industrial, considerado Ciência Social Aplicada. Como ciência social, é louvável que contêmam o aspecto social da pesquisa, e usem dos novos recursos que a tecnologia nos dispõem, para transmissão das informações não somente do ponto de vista conceitual, mas sobretudo, em boas fotografias – o hoje tão baratas quanto o conceito – que tornem manifestas coisas até então invisíveis, como são os processos e técnicas de fabricação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo financiamento da pesquisa; ao artista plástico Leandro Lara Santos e aos frequentadores da Comunidade do Céu do Monte, pela participação na construção da Oca e ao Prof. José Luiz Mendes Ripper pela solidariedade na troca de informações .

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Oxman, Rivka and Oxman, Robert[2010]. **The New Structuralism**. Architectural Design, vol. 80, No 4. Ed. John Wiley & Sons. London. England.

Santos, Milton [2009]. **Por uma outra Globalização**. Editora Record. Rio de Janeiro. RJ.

Moreira, Luis E. and Ripper, José L.M.[2012] **Jogo das Formas – A lógica do Objeto Natural**. Nau Editora. Rio de Janeiro. RJ.

Ribeiro, Darcy e Ribeiro, Berta [1963]. **Suma Etnológica Brasileira – Tecnologia Indígena**. 2ª Edição. Editora Vozes. Petrópolis. RJ.