

UNIDERP
UNIVERSIDADE PARA O DESENVOL-
VIMENTO DO ESTADO E DA REGIÃO
DO PANTANAL

UFRGS - PROPAR
UNIVERSIDADE FEDERAL DO
RIO GRANDE DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

“ARQUITETURA COM BAMBU”

Mestrando: Arq. RUBENS CARDOSO JUNIOR

Orientador: PROF. Dr. JUAN LUIS MASCARÓ

Dissertação apresentada em Agosto/2000, no convênio
UNIDERP - UFRGS/ PROPAR, como parte dos requisitos para obtenção do Título
de MESTRE em ARQUITETURA.

UNIDERP
UNIVERSIDADE PARA O DESENVOLVIMENTO DO
ESTADO E DA REGIÃO DO PANTANAL

UFRGS - PROPAR
UNIVERSIDADE FEDERAL DO
RIO GRANDE DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

“ARQUITETURA COM BAMBU”

Mestrando: Arq. RUBENS CARDOSO JUNIOR

Orientador: PROF. Dr. JUAN LUIS MASCARÓ

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Dra. Lucia Mascaró - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Dr. K. Ghavami - Pontifícia Universidade Católica - PUC-RIO.

Prof. L. Doc. J. L. M. Ripper - Pontifícia Universidade Católica - PUC-RIO.

AGRADECIMENTOS:

Não poderia deixar de agradecer, o desenvolvimento deste trabalho, o “suar” junto, para algumas pessoas e entidades:

A UNIDERP, na pessoa de seu Reitor, Prof. Pedro Chaves dos Santos Filho, que teve visão para manter e disparar o gatilho desta pesquisa;

Ao Prof. Dr. K. Ghavami, pela sua paciência, dedicação e vontade de ensinar;

Ao Prof. L. Doc. J. L. M. Ripper, que junto com seus alunos, “os meninos” do desenho Industrial da PUC-RIO, sempre nos encantaram;

Ao Prof. A. Salgado, quem nos deu o primeiro empurrão, e sempre nos atendeu de maneira gentil, e sorrindo, tinha uma palavra para nos dar;

Aos “meninos” do Desenho Industrial, da PUC-RIO, em especial: Marcelo (Cebola), Marcelinho, Pedrão, Bruno, e Tomas, nossos companheiros de infortúnio na Índia;

*Ao Prof. Eng. Civil **EDSON DE MELLO SARTORI**, sempre companheiro, em todos os passos dados por nós, sempre ombro a ombro;*

*Aos Prof. Drs. **Lucia e Juan Mascaró**, nossos orientadores, que sempre mantiveram a cabeça fria, podendo nos levar ao mais alto degrau nesta escada íngreme;*

A nossa família, minha esposa, minhas filhas e minha mãe, com seu apoio, nas noites sem dormir, empurrando sempre, puxando e não deixando esmorecer;

A todos aqueles, que de maneira direta ou indireta, e não citados neste trabalho, não por esquecimento, mas por falta de espaço e tempo, sem vocês nada teria sido possível;

A DEUS, o Grande Arquiteto do Universo, que nos deu o direito de pensar e, poder exprimir este pensar.

meu muito obrigado.

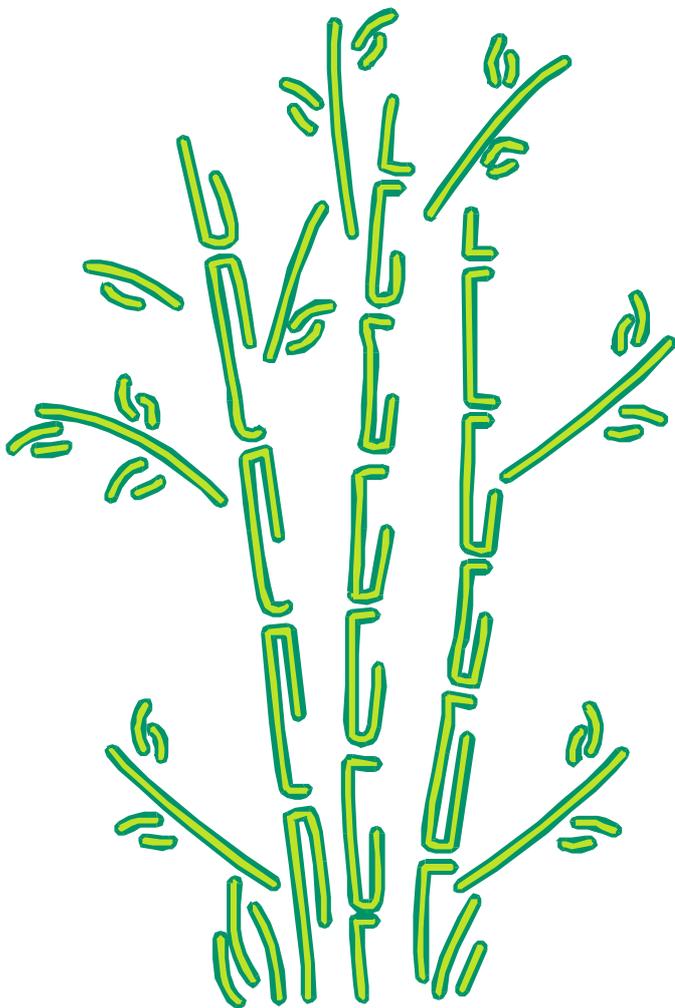
RELAÇÃO DAS FIGURAS E TABELAS

| | |
|---|----|
| FIGURA 01 - ARMAZENAMENTO ----- | 20 |
| FIGURA 02 - SECAGEM AO FOGO ----- | 20 |
| FIGURA 03 - CURA NA MATA ----- | 23 |
| FIGURA 04 - TRATAMENTO PELO MÉTODO “BOUCHERI” ----- | 24 |
| FIGURA 05 - SEQUÊNCIA DE ESMAGAMENTO E CORREÇÃO DE LIGAÇÃO ----- | 29 |
| FIGURA 06 - LIGAÇÃO “VELEZ” ----- | 30 |
| FIGURA 07 - PEÇA EM ÂNGULO COM FERRAGEM ----- | 30 |
| FIGURA 08 - TIPOS DE LIGAÇÃO UTILIZANDO BAMBU ROLIÇO ----- | 39 |
| FIGURA 09 - SEQUÊNCIA DE ABERTURA DE ESTERILHAS ----- | 40 |
| FIGURA 10 - SEQUÊNCIA DE ABERTURA DE ESTERILHAS ----- | 40 |
| FIGURA 11 - SEQUÊNCIA DE CORTE DO BAMBU EM TIRAS COM FACA DE MÚLTIPLO CORTE ----- | 40 |
| FIGURA 12 - COBERTURA COM TELHA DE BAMBU ----- | 41 |
| FIGURA 13 - SEQUÊNCIA DE CORTE DAS RIPAS DE BAMBU ----- | 42 |
| FIGURA 14 - COBERTURA COM RIPAS DE BAMBU ----- | 42 |
| FIGURA 15 - COBERTURA COM ESTERILHAS ----- | 43 |
| FIGURA 16 - COBERTURA COM BAMBU ROLIÇO ----- | 43 |
| FIGURA 17 - PAREDE DE BAHAREQUE ----- | 44 |
| FIGURA 18 - PAREDE DE BAHAREQUE ----- | 44 |
| FIGURA 19 - PAREDE DE ESTERILHA ----- | 45 |
| FIGURA 20 - SEQUÊNCIA DE MONTAGEM DE UMA CASA COM PAINÉIS DE CANA BRAVA ----- | 45 |
| FIGURA 21 - CASA COM PAINÉIS DE TIRA DE BAMBU REBOCADO COM BARRO ----- | 46 |
| FIGURA 22 - DETALHE DE PAREDE COM PAINÉIS DE TIRA DE BAMBU REBOCADO COM BARRO ----- | 46 |
| FIGURA 23 - PAINÉIS COM QUINCHA - TIRAS HORIZONTAIS ----- | 46 |
| FIGURA 24 - PAINÉIS COM QUINCHA - TIRAS VERTICAIS ----- | 46 |
| FIGURA 25 - MEMORIAL DA CULTURA INDÍGENA - FACHADA ----- | 78 |
| FIGURA 26 - MEMORIAL DA CULTURA INDÍGENA - VISTA NOTURNA ----- | 79 |
| FIGURA 27 - CONCRETAGEM DA BROCA ----- | 80 |



| | |
|--|----|
| FIGURA 28 - SAPATA EM CONCRETO APARENTE ----- | 80 |
| FIGURA 29 - DETALHE DA TENTATIVA DE FORMAR OS ARCOS ----- | 80 |
| FIGURA 30 - LUVA DE UNIÃO E INCLINAÇÃO DA CALOTA ----- | 81 |
| FIGURA 31 - CALOTA (OCA MENOR)----- | 81 |
| FIGURA 32 - LUVA METÁLICA EM FORMA DE “CACHIMBO” ----- | 82 |
| FIGURA 33 - ANEL METÁLICO ----- | 82 |
| FIGURA 34 - ANEL METÁLICO ----- | 82 |
| FIGURA 35 - ANEL METÁLICO, JÁ COM A FIXAÇÃO DAS VARAS DE BAMBU (ESTRUTURA) ----- | 82 |
| FIGURA 36 - ANEL METÁLICO, JÁ COM A FIXAÇÃO DAS VARAS DE BAMBU (ESTRUTURA) ----- | 82 |
| FIGURA 37 - COLOCAÇÃO DOS PARAFUSOS ----- | 82 |
| FIGURA 38 - “FLAUTAS” DE SUSTENTAÇÃO DAS VIGAS ----- | 83 |
| FIGURA 39 - VIGAS DE SUSTENTAÇÃO DA LAJE ----- | 83 |
| FIGURA 40 - DESENHOS FEITOS COM CLARABÓIAS DE BAMBU ----- | 83 |
| FIGURA 41 - TRATAMENTO E SECAGEM A BASE DE CHAMA, COM MAÇARICO À GAS ----- | 83 |
| FIGURA 42 - COLOCAÇÃO E CORTE DAS FOLHAS DE BACURI ----- | 84 |
| FIGURA 43 - COLOCAÇÃO E CORTE DAS FOLHAS DE BACURI ----- | 84 |
| FIGURA 44 - COLOCAÇÃO E CORTE DAS FOLHAS DE BACURI ----- | 84 |
| FIGURA 45 - MONTAGEM DE FOTOS DO MEMORIAL DA CULTURA INDÍGENA ----- | 85 |
| FIGURA 46 - MONTAGEM DE FOTOS DE OUTRAS APLICAÇÕES ----- | 87 |
| TABELA 1 ----- | 75 |
| TABELA 2 ----- | 76 |





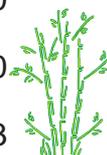
SUMÁRIO

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| AGRADECIMENTOS ----- | II |
| RELAÇÃO DAS FIGURAS ----- | IV |
| SUMÁRIO ----- | VII |
| RESUMO ----- | 10 |
| ABSTRAC ----- | 11 |
| CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO ----- | 14 |
| 1.1 OBJETO ----- | 14 |
| 1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO ----- | 14 |
| 1.3 PRESSUPOSTOS ----- | 15 |
| 1.4 OBJETIVOS DA PESQUISA ----- | 15 |
| 1.5 RELEVÂNCIA DA PESQUISA ----- | 15 |
| 1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO ----- | 16 |
| CAPÍTULO II - BAMBU COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO CIVIL ----- | 18 |
| 2.1 VARIAÇÃO DIMENSIONAL EM FUNÇÃO UMIDADE/PROC. SECAGEM ----- | 18 |
| 2.2 SUSCEPTIBILIDADE AO ATAQUE DE INSETOS - CURA E TRATAMENTO ----- | 21 |
| 2.2.1 PROCESSOS DE CURA ----- | 21 |
| 2.2.2 PROCESSOS DE TRATAMENTO ----- | 22 |
| 2.3 BAIXA ADERÊNCIA DO BAMBU EM ASSOCIAÇÃO COM OUTROS MATERIAIS ----- | 26 |
| 2.4 LIGAÇÕES EM PEÇAS DE BAMBU ----- | 28 |
| 2.4.1 RECOMENDAÇÕES FUNDAMENTAIS PARA AS LIGAÇÕES ESTRUTURAIS ----- | 29 |
| 2.4.2 TIPOLOGIA DAS LIGAÇÕES ----- | 29 |
| 2.4.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE LIGAÇÕES DO BAMBU ----- | 31 |
| 2.5 TECNOLOGIA DO BAMBU ----- | 32 |
| 2.5.1 ETAPAS DE PRODUÇÃO ----- | 32 |
| 2.5.2 CORTE ----- | 34 |
| 2.5.3 CURA ----- | 34 |
| 2.5.4 SECAGEM ----- | 35 |
| 2.5.5 TRATAMENTO ----- | 36 |

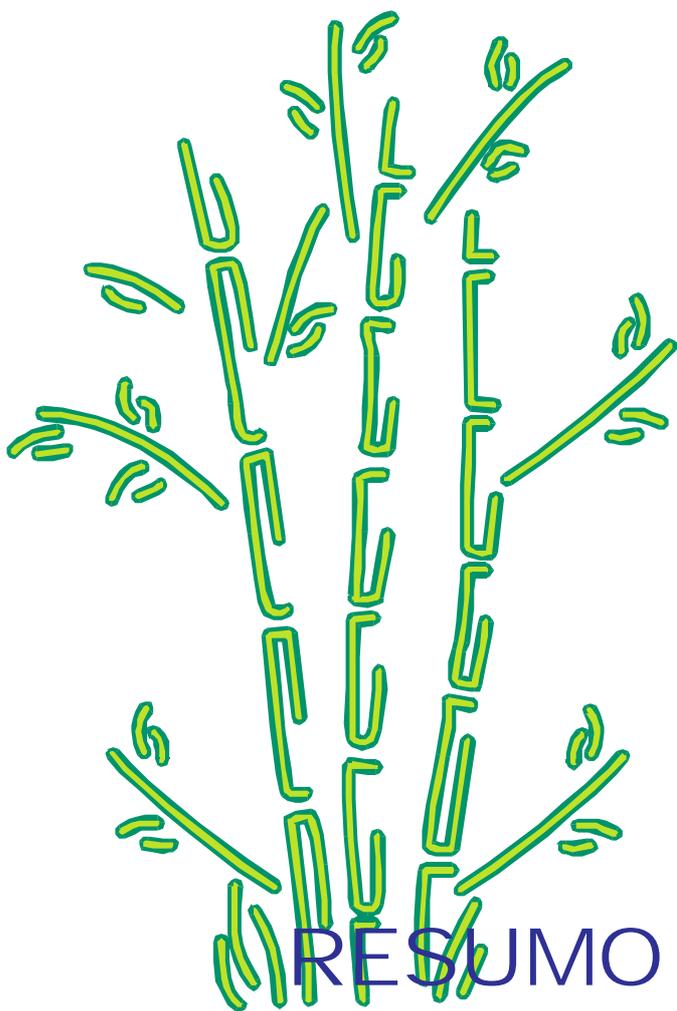


| | |
|--|-----------|
| 2.5.6 USINAGEM ----- | 37 |
| 2.6 FORMAS DE UTILIZAÇÃO DO BAMBU ----- | 38 |
| 2.6.1 BAMBU ROLIÇO ----- | 38 |
| 2.6.2 ESTERILHAS ----- | 38 |
| 2.6.3 BAMBU EM TIRAS ----- | 38 |
| 2.6.4 TRANÇADO ----- | 39 |
| 2.6.5 CHAPAS DE BAMBU ----- | 39 |
| 2.7 COMPONENTES PARA CONSTRUÇÃO DE BAMBU ----- | 39 |
| 2.7.1 COBERTURA ----- | 40 |
| 2.7.2 PAINÉIS DE FECHAMENTO ----- | 41 |
| CAPÍTULO III - OBRAS EXISTENTES ----- | 48 |
| 3.1 ESCOLA ECOLÓGICA DO EQUADOR - UNICEF ----- | 48 |
| 3.2 EXPERIÊNCIA HABITACIONAL - HOTEL ECOLÓGICO ALÁNDALUZ ----- | 50 |
| 3.3 PROJETO NACIONAL DO BAMBU - COSTA RICA ----- | 53 |
| 3.4 PROJETO MIHRAS-PERU ----- | 58 |
| 3.5 EXPERIÊNCIA HABITACIONAL EM CALDAS ----- | 61 |
| 3.6 EXPERIÊNCIA HABITACIONAL EM MANIZALES ----- | 67 |
| 3.7 ESTRUTURA ESPACIAL PARA ESCOLA ----- | 67 |
| 3.8 PROJETO PINDORAMA ----- | 69 |
| 3.9 CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO EM SÃO CARLOS ----- | 71 |
| 3.10 PESQUISAS DE UTILIZAÇÃO DO BAMBU ----- | 74 |
| TABELA 1 PESQUISAS DESENVOLVIDAS FORA DO BRASIL ----- | 75 |
| TABELA 2 PESQUISAS DESENVOLVIDAS NO BRASIL ----- | 76 |
| CAPÍTULO IV - MEMORIAL DA CULTURA INDÍGENA ----- | 78 |
| 4.1 DADOS TÉCNICOS DA OBRA ----- | 78 |
| 4.2 HISTÓRICO ----- | 78 |
| 4.3 EXECUÇÃO DA OBRA ----- | 80 |
| 4.3.1 FUNDAÇÃO E ESTRUTURA ----- | 80 |
| 4.3.2 VIGAS ----- | 83 |



| | |
|---|-----------|
| 4.3.3 FECHAMENTO E ABERTURAS ----- | 83 |
| 4.3.4 TRATAMENTO DO BAMBU ----- | 83 |
| 4.3.5 COBERTURA ----- | 84 |
| 4.4 FINALMENTE... ----- | 84 |
| CAPÍTULO V - OUTRAS APLICAÇÕES ----- | 87 |
| CAPÍTULO VI - CONCLUSÕES ----- | 89 |
| REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA ----- | 94 |
| BIBLIOGRAFIA ----- | 102 |





RESUMO e ABSTRACT

RESUMO

Este trabalho tem a modesta intenção de esclarecer alguns pontos “obscuros” na “arte” de construção com bambu.

Queremos com isto, vencer pré-conceitos, especialmente no nosso estado (Mato Grosso do Sul), onde a informação demora um pouco mais para chegar, pela sua localização geográfica e falta de pesquisadores.

Abordamos pontos de interesse, sem com isto, dizer que estes são os mais importantes, mas buscamos o mais significativo, sem mesosprezar aqueles não abordados.

Procuramos estabelecer uma linha de pensamento, dividida da seguinte forma:

ETAPAS DE PRODUÇÃO;

PONTOS DE INFLUÊNCIA NO DESEMPENHO DO BAMBU COMO MATERIAL DE ENGENHARIA;

FORMAS DE UTILIZAÇÃO DO BAMBU;

LIGAÇÕES COM PEÇAS DE BAMBU;

APLICAÇÕES DO BAMBU;

OBRAS EXISTENTES e

PESQUISAS REALIZADAS.

Também apresentamos uma obra desenvolvida e construída por nós, sem com isto, menosprezar trabalhos de outros autores.

Palavras Chave:

Bambu;

Pesquisa;

Construção Civil.



ABSTRACT

This work has the modest intention to show some “dark spots” in the “art” of bamboo construction.

We want with, this work to beat preconceived concepts, specially in our state (MS), where information takes long time to get, because of its location and for its default of researchers.

We approach points of interest, without telling that there are the most important ones, but reaching the most meaningful one, without underrate the not approach points.

We want to draw a line of thinking, divided in the following way:

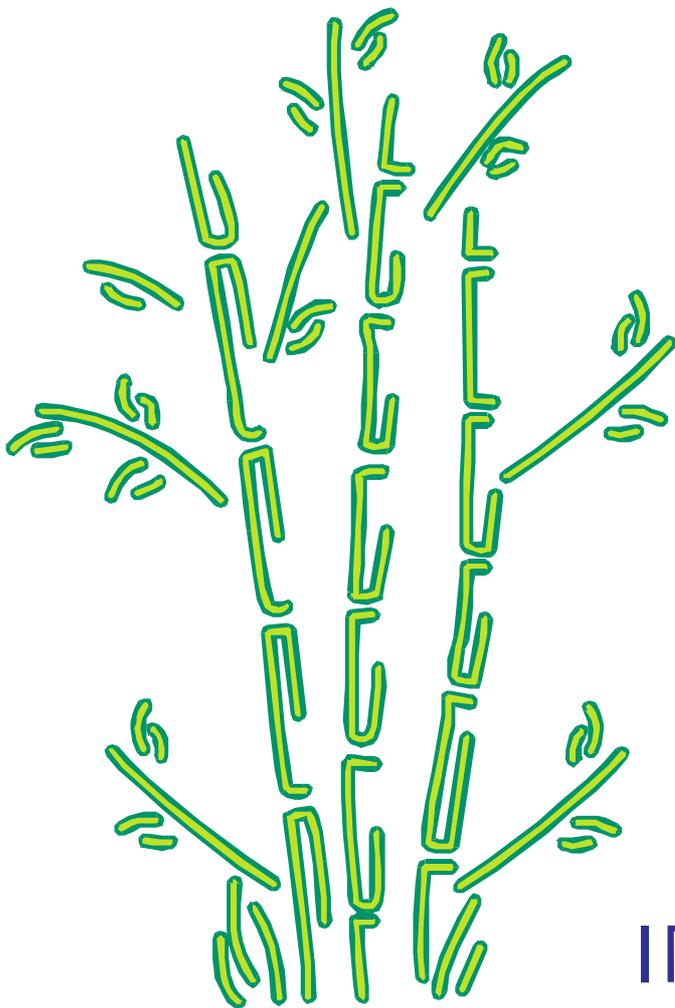
- Production stages;
- Influential spots on bamboo’s performance as an engineering material;
- Ways of how to use bamboo;
- League with bamboo parts;
- Bamboo usage;
- Existing works;
- Realized searches.

We also present a developed work and built by us, without taking less care with others authors work.

Key words:

- Bamboo;
- Research;
- Civil Architecture.





CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

A habitação de baixo custo é, atualmente, uma constante problemática em vários países em desenvolvimento. A habitação é para qualquer ser humano uma condição básica para sobrevivência, relacionando-se diretamente ao quadro de saúde de uma população. Os grandes centros urbanos crescem e se modernizam, porém os problemas habitacionais tornam-se cada vez mais agravantes.

Como uma alternativa a mais para minimizar o problema habitacional, e dentro de uma política habitacional adequada, o uso do bambu pode ainda representar uma resposta, dentre as várias, que possibilita o melhor aproveitamento dos recursos locais, através de soluções ecologicamente corretas. O uso do bambu permite ainda, uma redução considerável dos custos de produção, possibilitando a capacitação de profissionais e da própria comunidade através da participação da população nas construções.

1.1. Objeto.

Na sistematização das informações existentes sobre a utilização do bambu como material para construção, algumas lacunas foram encontradas, auxiliando no direcionamento da pesquisa. O objetivo foi delimitado a partir da existência de uma deficiência no sentido de explicitar as possibilidades técnicas para aplicação do bambu como material para construção em habitação, em especial de interesse social.

1.2. Contextualização

Em relação ao objeto de estudo, na maior parte das pesquisas encontradas são enfocadas questões relativas a estudos sobre espécies, corte e secagem; comportamentos físicos e mecânicos; estudos das técnicas de preservação e tipos de preservativos, mas poucos definem recomendações para utilização do bambu na construção de habitação, apesar de seu grande potencial para este fim.

Um outro problema enfrentado no desenvolvimento da pesquisa, pelo fato do bambu não ser tradicional como material para construção no Brasil, é cultural. Pelo desconhecimento, e pelo uso indevido, muitas vezes o bambu é visto como obsoleto e retrógrado, com “cara feia”. Porém, quando analisadas suas propriedades, é comprovada sua alta resistência mecânica, assim como satisfatória durabilidade, se submetidos a tratamentos adequados e obedecidas as recomendações corretas de manejo e uso do material.

Um dos grandes problemas a serem resolvidos também para proporcionar um desempenho adequado em sua aplicação, principalmente como elemento estrutural, é o estudo das ligações estruturais, representando um dos temas mais frequentes nas pesquisas sobre aplicação do bambu na construção.

Em relação ao processo de produção, encontra-se também uma problemáti-



ca, no sentido da necessidade de aprimoramento da técnica construtiva para a produção em série, devido ao alarmante déficit habitacional enfrentado atualmente no país.

1.3. Pressupostos

Apesar do Brasil não possuir tradição construtiva na utilização do bambu, a espécie mais propícia para construção, *Guadua angustifolia* é nativa na nossa região (pantanal e regiões próximas: Bonito, Miranda, Aquidauana), foi “exportada” para Costa Rica onde iniciou-se o cultivo em larga escala, para sua utilização em construções de baixa renda. Atualmente Costa Rica é considerado o país mais desenvolvido na produção de habitação em Bambu, atendendo a todos os pré-requisitos exigidos pela ONU na produção de habitação de baixo custo. (Folha de São Paulo, 1996).

A pesquisa partirá ainda, de pressupostos baseados em estudos realizados sobre comportamentos físicos e mecânicos (obtidos na literatura), além de estudos sobre a durabilidade do material após aplicação de preservativos.

1.4. Objetivos da Pesquisa

O objetivo geral da pesquisa é sistematizar as soluções técnicas adotadas, através da compilação dos exemplos construtivos mais significativos, para a utilização do bambu como material para construção, com vistas a sua aplicação na construção civil.

1.5. Relevância da Pesquisa

Através desta pesquisa, pretende-se mostrar a viabilidade de aplicação deste material aos profissionais da área, permitindo também, o acesso às informações técnico-construtivas pelas comunidades, na construção de suas próprias habitações, principalmente nas zonas rurais (pantaneira) e de transição entre o centros urbanos e o campo, através de uma política habitacional adequada.

Uma vez que essa técnica construtiva com o bambu é facilmente assimilada pela população, é possível o trabalho em mutirão e autoconstrução BAMBUNETUM (1994) e MORAN (1991), tendo em vista a lastimável realidade da produção de moradia no país, onde ainda encontra-se uma parcela significativamente grande da população que depende da produção autônoma e informal de habitação.

A possibilidade de redução dos custos totais, poderá reforçar a utilização do bambu em programas habitacionais, representando uma alternativa a mais para a resolução dos problemas habitacionais.

Permitirá ainda, o uso de um material ecologicamente correto, que possibilita a diminuição considerável de gastos com energia na fabricação de componentes para construção. Além disto, o bambu possibilita, com o plantio em áreas degradadas, a recuperação do solo, a contenção da erosão e o aumento da umidade relativa do ar na região, dando suporte ao crescimento de espécies arbóreas nativas.



1.6 Estrutura da Dissertação

A estrutura da dissertação foi dividida em 6 capítulos. O conteúdo reunido em cada um dos capítulos tem por finalidade descrever assuntos específicos para o desenvolvimento da pesquisa.

CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO

Tem como meta a delimitação do objeto de estudo, contextualizar e definir os objetos da pesquisa.

CAPÍTULO II: BAMBU COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Apontam as premissas básicas para pesquisa, configurando a Revisão Bibliográfica. Discorrem sobre considerações a respeito de espécies mais adequadas para o uso na construção; cultivo, produtividade. Abordam ainda aspectos que influenciam no desempenho do bambu como material para construção. Descrevem-se as etapas de processamento do bambu, desde o corte à usinagem. As formas de utilização do bambu, relacionando-as na aplicação como componentes de edificação.

CAPÍTULO III: OBRAS EXISTENTES

Serão analisados os aspectos técnico-construtivos de cada um dos projetos selecionados. Serão abordados dados sobre as técnicas utilizadas em cada etapa construtiva.

CAPÍTULO IV: MEMORIAL DA CULTURA INDÍGENA

Demonstra em rápidas palavras e fotos, a primeira obra pública do país, executada em bambu.

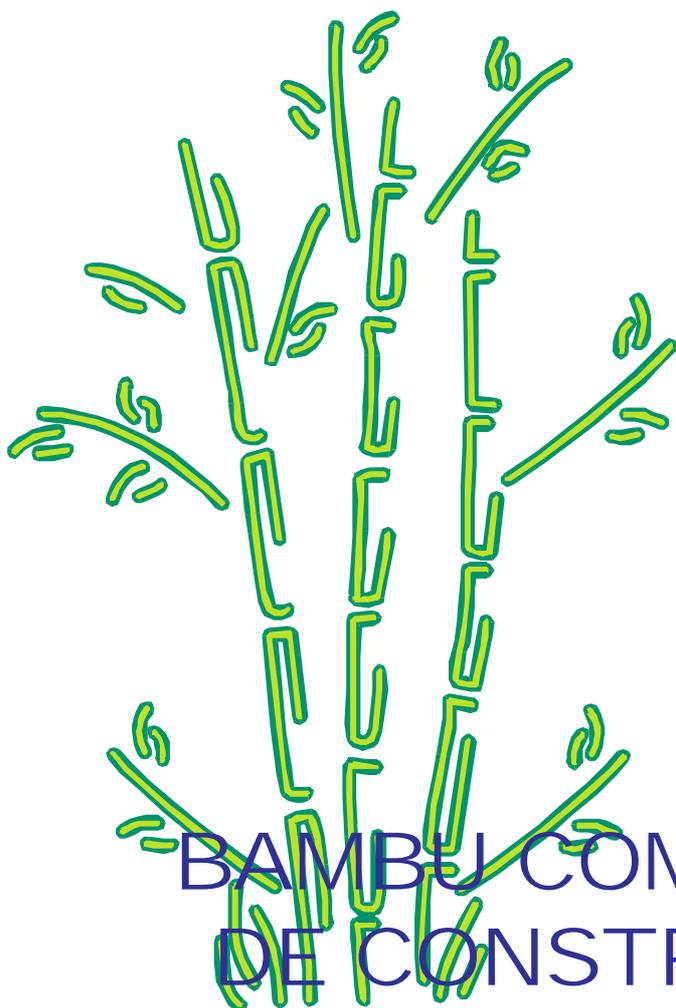
CAPÍTULO V: OUTRAS APLICAÇÕES

Fotos de objetos e utilidades no “mundo do bambu”, apenas para exemplificar quase tudo aquilo que se pode fazer com o bambu.

CAPÍTULO VI: CONCLUSÕES

Um breve resumos dos pontos mais importantes abordados no escopo do trabalho, e traça diretrizes de trabalho com bambu.





CAPÍTULO II

BAMBU COMO MATERIAL
DE CONSTRUÇÃO CIVIL.

2. BAMBU COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Apesar do bambu possuir altos valores de resistência mecânica, principalmente à tração e compressão, há muitos aspectos que na prática são dificilmente resolvidos, devendo ser estudados, e normatizados, para possibilitar sua aplicação. Neste item, serão abordados alguns aspectos que influenciam diretamente na utilização do bambu na construção de habitações, são eles:

2.1. Variação dimensional em função do teor de umidade / processos de secagem;

2.2. Suscetibilidade ao ataque de insetos - cura e tratamento;

2.3. Aderência do bambu em composição com outros materiais;

2.4. Ligações entre peças de bambu;

Estes aspectos são apontados, por vários pesquisadores, como os mais frequentes e significantes, sendo descritos de acordo com as pesquisas desenvolvidas, apontando algumas soluções e recomendações necessárias para minimizá-los, afim de atingir melhor desempenho do material. Porém, pode-se encontrar outros pontos críticos, como:

- problemas de padronização da conicidade dos colmos;

- grande heterogeneidade dimensional, grandes deflexões das peças e alta variabilidade nas propriedades físicas e mecânicas encontradas entre as espécies.

2.1. Variação dimensional em função da umidade / processos de secagem

Um dos principais fatores de maior preocupação em relação à grande variação dimensional, em função da umidade, é a dificuldade de mecanização para o processamento do bambu, portanto, a racionalização da construção com este material encontra algumas dificuldades inerentes por ser um material natural.

Os problemas podem ser observados na utilização do bambu, principalmente em composições com o concreto e em ligações estruturais. Durante o processo de usinagem do bambu também são frequentes os defeitos de secagem (devido às diferenças entre retração axial, radial e tangencial).

Segundo BERALDO (1987), o bambu imaturo, ao ser envolvido pelo concreto, começa a amadurecer e sofrer contrações, eliminando água e perdendo aderência com o concreto. No caso de se utilizar bambu seco, deve-se colocá-lo em água dois ou três dias antes da concretagem, para evitar a absorção de água do concreto. Em peças de grande responsabilidade estrutural devem ser empregados somente



colmos maduros, e sempre, impermeabilizados. Em regiões sujeitas aos esforços de flexão, devem ser utilizados bambus que tenham secado por 3 ou 4 semanas. A impermeabilização dos bambus podem ser feita com piche, tintas, vernizes, nos quais se espalha areia seca, no intuito de propiciar uma superfície mais rugosa.

Apesar de não comprovado cientificamente, acredita-se que haja grande influência da lua no corte do bambu. Segundo MARTINEZ & GONZÁLEZ (1992) se o bambu não for cortado na época certa, na lua minguante e na época da seca, o teor de umidade pode ser muito alto provocando alguns defeitos na secagem, como: fissuras, rachaduras e deformações. As fissuras ocorrem só nos entrenós, e são menores que as rachaduras que podem inutilizar a peça toda. Já as deformações são as torceduras do bambu no sentido longitudinal da peça.

Uma das soluções mais empregadas para se evitar problemas devido a variação dimensional é a impermeabilização do bambu para evitar a absorção de água, podendo ser ainda associados aos cuidados de corte e de secagem adequados ao bambu.

GREGOIRE (1974) aponta algumas vantagens de secagem do bambu: reduz problemas causados pelas contrações e dilatações;

- diminui o peso;
- abaixo de 15% de umidade, elimina-se os organismos que causam o mofo e a podridão;
- aumenta a resistência mecânica e
- facilita os trabalhos de acabamento.

GALVÃO (1967) concluiu que o período de tempo necessário à secagem de colmos de bambu até um teor de umidade de equilíbrio com o ambiente, foi de 51 dias para peças roliças. As estacas rachadas requerem 14 dias, em lugar abrigado e em época seca para atingir a umidade de equilíbrio.

De acordo com o GREGOIRE (1974), a secagem pode ser feita através de 3 processos :

a) Secagem ao ar livre

De acordo com NAÇÕES UNIDAS (1972), o período de secagem do bambu ao ar livre é de 6 a 12 semanas para se atingir maior resistência e evitar fissuras. Os bambus armazenados devem estar cobertos e isolados do solo em plataformas elevadas de aproximadamente 30 cm. O terreno deve ser desinfetado, se houver a presença de restos de madeira atacadas por insetos e fungos. Pode-se ainda armazenar os bambus na vertical, isolados do solo, dispostos lado a lado, permitindo-se inspecionar com facilidade o material armazenado.



Deve-se dispor os bambus em camadas superpostas, isolando uma camada da outra com bambus também na horizontal, dispostos perpendicularmente e com um diâmetro de 1,5 vezes, em relação ao bambu colocado para secar. O espaço entre os bambus, em uma mesma camada, deve ser de meio diâmetro.

As peças armazenadas devem ficar isoladas do solo em 30 cm e devidamente protegidas das intempéries (FIGURA 1). A secagem pode durar em média 2 meses, podendo variar segundo as condições de temperatura; ventilação e umidade relativa do ar.

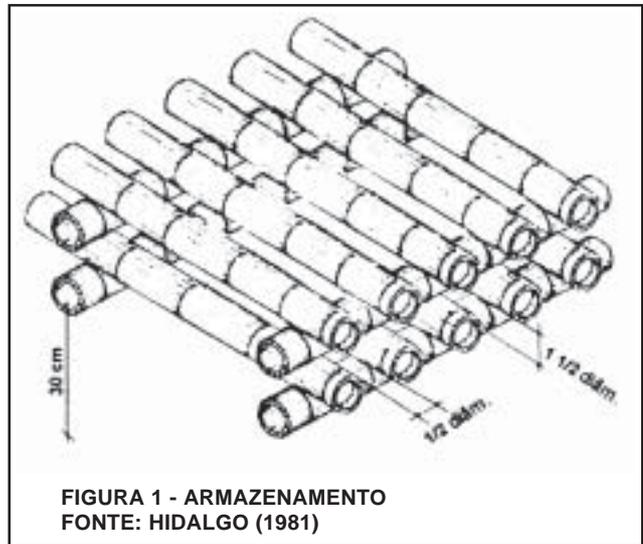


FIGURA 1 - ARMAZENAMENTO
FONTE: HIDALGO (1981)

b) Secagem ao fogo

Modo muito utilizado para endireitar peças tortuosas, o calor utilizado deve ser controlado, para se evitar a secagem muito rápida, pois com uma contração excessiva, o bambu poderá apresentar alguns defeitos (FIGURA 2).

Os bambus devem ser movimentados para uma secagem mais uniforme. Aconselha-se também que antes dos bambus serem submetidos a este processo de secagem, a umidade das peças de bambu sejam reduzidas em 50%. Os defeitos mais comuns para este tipo de secagem são:

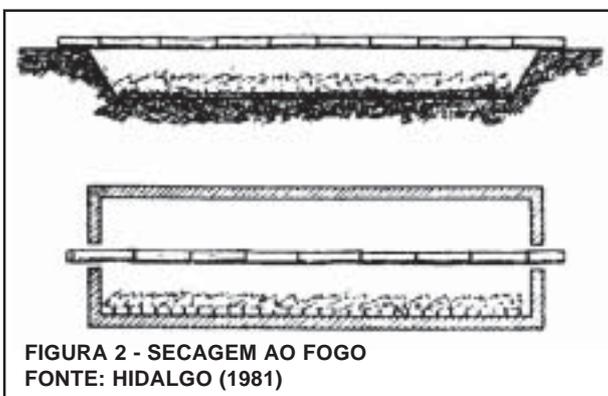


FIGURA 2 - SECAGEM AO FOGO
FONTE: HIDALGO (1981)

- fissuras superficiais
- extremidades;
- fendilhamento generalizado;
- deformações e
- mudança de coloração.

Este processo pode ser usado também como forma de tratamento. De acordo com OHKE (1989), os bambus dispostos sobre a brasa, eliminam lentamente a água e outros produtos indesejáveis através da superfície externa. Estas substâncias que vão sendo eliminadas devem ser removidas com um pano. O bambu, em seguida deve ser submetido a raios infravermelhos, ficando com uma superfície brilhante, sem a perda da flexibilidade das fibras.

c) Secagem em estufa

Neste processo são utilizadas estufas convencionais semelhantes às empregadas para secagem de madeira. Este sistema é mais rápido e eficiente para se



obter teores de umidades desejadas, porém envolve custos mais elevados. É recomendado para secagem em larga escala. Este processo de secagem pode ser feito em 2 ou 3 semanas, porém há maiores possibilidades de ocorrerem rachaduras nas peças devido à velocidade de secagem.

2.2. Susceptibilidade ao ataque de insetos - cura e tratamento

Um dos problemas que impede a difusão da utilização do bambu na construção é o fato de serem altamente susceptíveis à deterioração por ataque de insetos e fungos. Nota-se uma grande variação de durabilidade entre as espécies, principalmente em relação à concentração de amido. Segundo relatos de vários pesquisadores, o “Bambu Brasil” ou “Bambu Imperial”, *Bambusa vulgaris var. vittata*, possui alta concentração de amido, sendo um dos mais susceptíveis ao ataque de insetos. Por outro lado, um dos bambus mais resistentes ao ataque de insetos e fungos é o *Bambusa angustifolia*, cuja concentração de amido é uma das mais baixas.

Segundo TARGA & BALLARIN (1990), tem sido observado que algumas madeiras utilizadas em conjunto com esta espécie de bambu, tiveram que ser substituídas anteriormente, por causa do ataque de insetos, enquanto o bambu ainda permanecia intacto.

Segundo publicações das NAÇÕES UNIDAS (1972), para se reduzir ao mínimo os ataques de insetos deve-se efetuar o corte dos bambus, com níveis mais baixos de concentração de amido, fase correspondente a primeira parte da temporada de inverno (época da seca). Na Índia, este período corresponde aos meses compreendidos entre outubro a fevereiro. No Japão se considera o melhor período para o corte outubro e novembro. Relata-se que a vulnerabilidade ao ataque de fungos também tem certa relação com o período de corte, apesar destes aspectos não terem sido suficientemente investigado na maioria das espécies. Observou-se ainda que as partes médias e superiores são menos resistentes ao ataque de insetos.

2.2.1. Processo de cura

Para tornar mais eficiente o tratamento das peças de bambu, é importante a etapa de cura do bambu, ou seja, processo muito utilizado para tornar o material recém cortado menos propenso ao ataque de insetos, com a eliminação de grande parte da seiva, reduzindo a concentração de amido pela transpiração das folhas.

Dois procedimentos são citados por HIDALGO (1981): a) cura na mata ou b) imersão. A cura feita na mata apresenta resultados mais adequados, pois o bambu conserva sua cor natural, evitando manchas de fungos e rachaduras nas peças. A cura por imersão em água pode tornar o bambu mais leve e quebradiço.

De acordo com publicações das NAÇÕES UNIDAS (1972), o processo de cura tem como objetivo diminuir o teor de umidade das peças e a concentração de amido, evitando o ataque de insetos. No processo de cura na mata aplicava-se uma

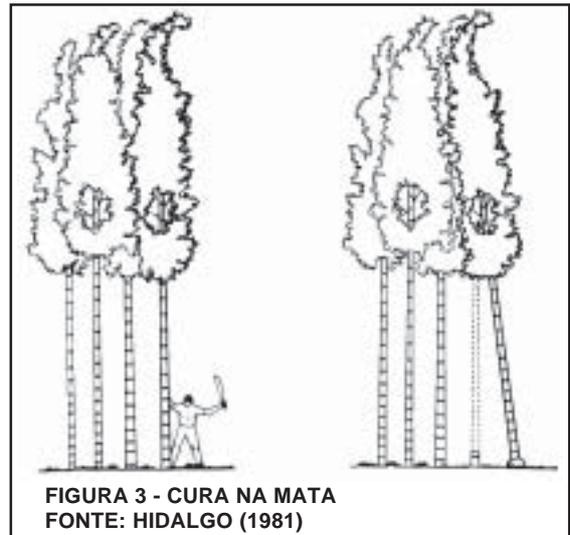


solução extremamente tóxica de 5% de DDT em pó mineral, no extremo inferior do talo recém cortado, sem cortar as folhas e ramos do bambu. As peças devem ficar isoladas do solo por uma pedra (FIGURA 3).

Segundo HIDALGO (1981), os bambus curados na mata foram 91,60% menos atacados que os não curados.

2.2.2. Processo do tratamento

De acordo com vários estudos sobre processos de tratamento de bambu, três processos (em itálico>, foram considerados os mais adequados para o tratamento de bambu:



- a) por transpiração das folhas ou substituição de seiva;
- b) método tampão;
- c) tratamento sob pressão (Boucherie);
- d) método de impregnação por imersão;
- e) banho a quente e;
- f) tratamento em autoclave.

De acordo com CAMBONERO et al (1991), a resistência ao ataque de fungos e insetos podem ser incrementados significativamente seguindo uma combinação de procedimentos, como:

- uma adequada manipulação do material, desde o momento em que se cortam os colmos no campo, até a montagem no local do edifício;
- um desenho arquitetônico adequado que propicie que o bambu se encontre resguardado dos elementos naturais que o degradem, criando barreiras para a proliferação de fungos e insetos.

TARGA & BALLARIN (1990) concluem que, em geral, a durabilidade do bambu é curta, sem tratamento. Chegaram aos seguintes valores:

- 6 a 24 meses, quando enterrados no solo;
- 22 a 41 meses, quando em contato direto com o solo;
- 2 a 7 anos, sob cobertura e sem contato com o solo.



Para TAMOLANG et al (1980a), a durabilidade natural do bambu é de aproximadamente:

- 6 meses, quando exposto a condições agressivas em regiões próximas ao mar;
- 1 a 3 anos, quando usado em ambientes externos;
- 4 a 7 anos, quando usado em ambientes internos e;
- 10 a 15 anos, quando expostos ao fogo e ao calor (utensílios domésticos).

De acordo com OHKE (1989), especialista em tratamento de bambu para utilização do material em construção, há três pontos vulneráveis que comprometem o desempenho do bambu: o apodrecimento por fungos; o ataque de insetos e as rachaduras. O mesmo autor indica três procedimentos de tratamento: processo de “retirada de óleo” (a seco e a úmido) e em autoclave.

A seguir, de acordo com vários autores serão apresentados alguns métodos de tratamento do bambu, como:

a) Tratamento por transpiração das folhas ou substituição de seiva.

Este tratamento aplica-se logo após o corte das peças de bambu na floresta. Os mesmos devem ser deixados o mais vertical possível, isolados do solo, sem retirar os galhos e folhas. Após se verificar que o excesso de seiva parou de sair pela parte inferior, os bambus devem ser mergulhados num recipiente com produto químico solúvel em água. Inicia-se assim, o processo de substituição da seiva por produto químico, através da transpiração das folhas.

Segundo publicações das NAÇÕES UNIDAS (1972), para se conseguir uma penetração adequada necessitam-se de 1 ou 2 semanas. O recipiente com solução preservante deve ter uma profundidade de 30 a 60 cm.

b) Tratamento por pressão hidrostática

Também deve ser aplicado em bambus recém cortados. A seiva será substituída, neste processo, por pressão hidrostática que passará do recipiente posicionado em um nível mais alto do que o bambu e eliminado pela outra extremidade. Os dados relativos a este tratamento ainda são escassos. A duração do tratamento pode variar de 5 a 6 dias conforme as dimensões do colmo.

c) Tratamento sob pressão (Boucherie)

Trata-se de uma melhoria do tipo anterior, aumentando-se a pressão do líquido, e reduzindo o tempo de tratamento. A pressão aplicada no reservatório de produto químico pode atingir de 10 a 15 libras. O tratamento possui uma duração de 2 a 3



minutos. O líquido que sai na extremidade inferior pode ser reutilizado, desde que se aumente sua concentração (FIGURA 4). Todavia, com o aumento da idade dos bambus, diminui a quantidade de seiva nos colmos, aumentando a resistência à passagem do líquido de tratamento. Neste caso, as peças devem ser tratadas por outros métodos, como o tratamento por impregnação por banho quente e frio, indicado para bambus secos.



FIGURA 4 - TRATAMENTO PELO MÉTODO "BOUCHERIE"
FONTE: ARQ. RUBENS CARDOSO JR. (COSTA RICA)

Devido às mudanças dimensionais ocasionadas pela secagem, a variação do teor de umidade influi de modo significativo no tratamento com substâncias preservantes.

O bambu recém cortado com elevado teor de umidade facilita a substituição da seiva pelo método Boucherie, em comparação com bambus secos. Outros métodos de tratamento são citados pelas NAÇÕES UNIDAS (1972), como:

d) Método de impregnação por imersão

Trata-se de um dos tratamentos mais baratos. Os bambus preferivelmente verdes devem ficar submersos em uma solução preservante por um período de 5 semanas ou mais. Se a peça for projetada para ter longa permanência em contato direto com o solo, a mesma deve ficar por um período maior na solução. Com este método de tratamento pode-se obter uma taxa de impregnação adequada. Em bambus partidos pode-se reduzir o tempo do tratamento de 33 a 50% e a penetração do preservativo pode chegar a 100%. Rompendo-se a película externa, através de alta temperatura, pode-se acelerar a penetração.

Segundo GALVÃO (1967), a absorção de preservativos em banho frio em solução de pentaclorofenol a 5% de concentração em peso à base de óleo diesel ou óleo queimado, variaram de 9,30 a 35,80 kg/m³ de bambu, durante 7 a 8 dias. O autor concluiu, ainda, ser um tratamento viável economicamente, porém sendo altamente tóxico, atualmente é proibido sua utilização (pentaclorofenol).

SALGADO (1985) utilizou o tratamento a frio para eliminação de insetos, com solução de óleo diesel (aproximadamente 1,6 kg/l de óleo) e inseticida DDT a 50% ou BHC a 12% (ou Aldrin) em tambor aberto. Cabe sinalizar que estes produtos também não devem ser utilizados devido a elevada toxicidade.

c) Banho a quente

De acordo com publicações das NAÇÕES UNIDAS (1972), no processo de banho quente, os bambus secos ao ar são imersos em tanques abertos (processo similar ao tratamento de madeira) com solução de substâncias preservantes, elevan-



do a temperatura a 90° C, aproximadamente durante o tempo desejado e depois deixando esfriar, utilizando-se tambores abertos sobre o fogo. Neste método registrou-se uma absorção de creosoto de 70,40 kg/m³. No caso da utilização de substâncias preservantes que não suportam altas temperaturas, os bambus devem ser aquecidos anteriormente e logo após submergidos na solução química.

BOURNE (1978) utilizou bambu tratado com enxofre aquecido a 112° C, envolvendo-o logo após com arame farpado e areia grossa, para ser aplicado dentro do concreto. Concluiu que o tratamento é de baixo custo.

Segundo AZZINI & SALGADO (1992b), o tratamento do bambu pode ser realizado em banho a quente com água, uma vez que o amido, principal elemento de atração de insetos, tem um aumento da solubilidade em água aquecida, com temperatura superior a 65° C. Desta maneira, os grânulos de amido podem ser decompostos termicamente e eliminados. Este processo é muito utilizado na fabricação de papel de bambu. Segundo OHKE (1989), o bambu pode ser submerso em água quente com soda cáustica. A saturação durante este processo é muito rápida, podendo provocar defeitos nas peças, causando ainda através deste processo a perda parcial de flexibilidade.

De acordo com OHKE (1989), este processo é adequado para bambus secos, com teor de umidade abaixo de 20%. Os bambus quando roliços podem romper-se sob pressão, portanto para evitar rachaduras pode-se perfurar os nós. A absorção foi a mesma que no processo de impregnação, com um período de duração de uma semana, porém prolongando-se para 5 semanas, obteve-se absorção de 1,5 a 2 vezes mais que a atingida na autoclave.

Os engenheiro Plínio de Souza Fernandes e Clóvis Ribas (1995), iniciaram experimentos de tratamento de bambu em autoclave, com a espécie *Dendrocalamus giganteus*, Bambu Gigante, no Instituto Florestal de São Paulo (Manduri), afim de avaliar os índices de impregnação, durabilidade e viabilidade econômica.

TAMOLANG et al (1980a) em experiências com tratamento em auto-clave, afirmaram que o mesmo além de ser anti-econômico, apresenta problemas de ruptura dos colmos. Para atingir impregnação satisfatória, é necessário eliminar os vazios das paredes do bambu, com vácuo. Em geral, os bambus roliços se rompem, especialmente se possuírem paredes finas. Somente as espécies de bambus de paredes espessas suportam o tratamento sob pressão.

FANG & MEHTA (1978) comprovaram que, em geral, a variação da resistência do bambu em peças tratadas e sem tratar, foram sempre da ordem de 3:1, isto é, que a resistência nas peças tratadas é três vezes maior que nas não tratadas.

CAMBONERO et al. (1991) recomendaram, como melhor preservante, produtos a base de boro, por suas características de difusão, atingindo-se boa retenção e baixa toxicidade para humanos. Para se aumentar a retenção do líquido preservativo é necessário excluir a maior quantidade de ar das paredes do bambu, pois o ar bloqueia os dutos por onde o líquido flui.



A impregnação do bambu com preservantes à base de boro, se faz através do processo Boucherie Modificado, sob pressão hidrostática (80 a 120 KPa), atingindo uma impregnação de 0,83 a 1,24 MPa em bambus de 3m de comprimento. Como solução preservativa utilizou-se octoborato disódico tetrahidratado a 5%, 10% e 15% em água. A seiva foi substituída em um tempo de 5 a 35 minutos.

Os resultados apresentados pelos mesmos autores, ao final de 15 meses em campo de prova das peças de bambu, foram:

- as peças não tratadas foram praticamente destruídas pelos insetos;

- as peças tratadas foram levemente atacadas na parte superior do bambu, mas nenhuma foi destruída. Após a análise química, pôde-se notar que a parte superior das peças não recebeu quantidade adequada de preservativos, e foi somente nessa região que os insetos perfuraram os bambus. Depois de 6 meses os colmos foram abertos longitudinalmente encontrando-se todos os insetos mortos em seu interior. Concluiu-se que para se obter melhores resultados, os bambus devem ser maduros, sem evidências de ataques de insetos e recém cortados. Se recomenda estabelecer um sistema de normatização e seleção do material antes de um tratamento preservativo, Quando não for possível tratar o material, logo após o corte, pode-se optar pelo armazenamento temporário em água para a extração parcial do amido.

Em geral, os preservativos utilizados no tratamento das peças de bambu são muito semelhantes aos produtos aplicados nas madeiras. Vários processos de tratamento foram experimentados, obtendo-se resultados compatíveis para viabilizar a utilização do bambu na produção de habitação de baixa renda.

2.3. Baixa aderência do bambu em associação com outros materiais

Alguns experimentos foram realizados para aumentar a aderência do bambu, quando aplicado em composição com outros materiais, impermeabilizando-o, de tal modo a evitar grandes variações dimensionais, pela absorção d'água, principalmente em contato com argamassa de revestimento (muito utilizado no reboco dos painéis de bambu).

De acordo com KURIAN & KALAM (1977), quando utilizado em composição com o concreto, o bambu sofre dilatação pela facilidade de absorção de água do concreto, causando fissuras no mesmo. Logo após, sofre retração com a eliminação de água, destruindo a aderência com o concreto.

BERALDO (1987) conclui ainda que:

- quando se utilizam bambus imaturos, em geral surgem fissuras no concreto antes que se desenvolva a aderência;

- os colmos tratados quimicamente desenvolvem uma maior aderência do que os não tratados;



- no bambucreto, utilizando-se bambus maduros e tratado com emulsão asfáltica, desde que não seja em excesso, apresenta maior resistência do que o bambu não tratado ou imaturo.

BAUMANN apud BARMAN (1938) constata que não é possível obter um conjunto solidário entre bambu e o concreto, pois não há nenhuma aderência entre os mesmos. O mesmo autor conclui que o bambu antes de ser utilizado com concreto deve ser impermeabilizado. O impermeabilizante deverá satisfazer as seguintes exigências:

- que a impermeabilização se faça por meio de untamento ou revestimentos;
- o produto impermeabilizante não deve produzir reações químicas prejudiciais, nem ao bambu, nem ao concreto;
- deve ser insolúvel e inalterável na água;
- deve secar o mais rápido possível e;
- quando a impermeabilização se fizer por meio de revestimento, deve aderir fortemente ao bambu.

Através de alguns experimentos, KURIAN & KALAM (1977) concluem que uma das maneiras mais eficientes para se impermeabilizar o bambu é a aplicação de 3 camadas de uma solução de 40% de resina solúvel em álcool, seguindo de uma demão de zarcão (óxido de chumbo), resultando na absorção de apenas 1% de água em 24 horas. Aplicando-se o dobro da camada foi possível diminuir para 0,3% a absorção de água.

LIMA et al (1996) utilizaram produtos à base de petróleo, Negrolim e arame. Após a aplicação do petróleo ou Negrolim, o bambu foi envolvido em uma camada de areia grossa. Em ambos os casos, produtos à base de petróleo foram desaconselhados para a região nordestina, pois devido à elevada temperatura, não houve total solidificação do produto, ocasionando o deslizamento da superfície de contato do concreto com bambu.

Segundo GHAVAMI & HOMBEECK (1981), os melhores resultados obtidos em experiências para impermeabilização do bambu, foram com cera e resina (Epoxi), porém ainda não foram considerados apropriados pelo alto custo e baixa aderência com concreto.

Resultados satisfatórios foram obtidos com a aplicação de enxofre e areia, mas apesar de ter sido indicado por FANG & MEHTA (1978) que seu uso provoca algumas trincas, após o terceiro dia submerso na solução.

Segundo BARMAN (1938) é necessário o uso de impermeabilizantes para evitar problemas de destacamento do bambu, devido a absorção de água do concreto, uma vez que a película externa do bambu não é totalmente impermeável. De acordo com



o mesmo autor, o impermeabilizante que apresentou melhor resultado, a baixo custo, foi a massa “Mayorits”, produto à base de alvaiade adicionada à 10% de verniz, em duas camadas.

Segundo BARMAN (1938), em testes de arrancamento de tiras de bambu, constatou-se que a aderência entre o bambu e o concreto atingiu, sem os nós, uma SI média de 0,35 MPa. Com a presença de nós, a aderência foi tão grande, no ponto de ação de carga a resistência à compressão, que o bambu atingiu 82,5 MPa. Após o rompimento do corpo-de-prova ficou constatado que o bambu permanecia no concreto. O concreto alcançou uma resistência de 20 MPa.

Os problemas de absorção de água e mudanças de volume dos colmos de bambus, em vários países da Ásia, foram solucionados por CHEMBI & NIMITYONGSKUL (1989) com a utilização de uma mistura de resina produzida na própria região, derivada do látex de seringueiras e cal virgem, como material enrijecedor. A mistura foi utilizada, no Asian Institute of Technology, na impermeabilização da parede de bambus para a produção de tanques.

Nota-se que houveram vários estudos sobre a viabilidade da aplicação do bambu em conjunto com concreto, apontando várias soluções principalmente no sentido de aumentar a aderência e problemas de fissuras. A seguir, será apresentada outra forma de aplicação do bambu, em sua forma natural, o bambu roliço, apresentando novos pontos críticos, em especial problemas de ligações estruturais e algumas soluções adotadas por diversos pesquisadores.

2.4. Ligações em peças de bambu

O objetivo deste tópico consiste em sistematizar as diversas técnicas de ligações utilizadas em elementos estruturais pré-fabricados em bambu para habitação. As ligações, um dos aspectos de maior interesse para viabilizar a utilização deste material para fins estruturais, em particular destinadas à habitação, tem sido tema para recentes pesquisas.

Algumas recomendações e procedimentos construtivos fundamentais serão abordados para garantir a estabilidade das ligações e, conseqüentemente, de toda a estrutura do sistema construtivo. Serão analisados aspectos, como: desempenho dos materiais utilizados na composição das ligações; desenho de usinagem das peças de bambu e posicionamento destas entre si.

O resultado deste levantamento de soluções técnicas sobre ligações estruturais demonstra que existem técnicas já experimentadas e em uso. Serão apresentado ainda um quadro de recomendações fundamentais, assim como, uma descrição das tipologias das ligações e algumas conclusões, fornecendo subsídios aos projetistas na utilização deste material como proposta alternativa para solução habitacional.



2.4.1 Recomendações fundamentais para as ligações estruturais

De acordo com DUNKELBERR & HIDALGO (1974), o bambu tem baixa resistência ao cisalhamento, fato que deve ser considerado no desenho das juntas. A presença dos nós nas ligações aumenta em 50% a resistência ao cisalhamento ao longo das fibras, atingindo um valor médio de 1,67 MPa. Outra observação importante a fazer, é que em cada um dos extremos das peças envolvidos nas ligações deve-se coincidir a existência de um nó, caso contrário, as cargas verticais transmitidas neste apoio podem causar um esmagamento das peças, comprometendo as ligações (FIGURA 5). Porém, não sendo possível a coincidência dos nós em cada extremidade das peças, pode-se optar pela utilização de um segmento de madeira ou mesmo um nó de bambu, de mesmo diâmetro em seu interior.

Segundo HIDALGO (1974), em nenhuma hipótese deve-se fazer cavas nas vigas, pois devido à predominância de fibras verticais no bambu, estas vigas facilmente



se romperiam; os encaixes devem ser realizados apenas em peças verticais.

2.4.2. Tipologia das Ligações

a) Peças Parafusadas

O bambu não resiste às pregações, devido sua constituição ser basicamente composta por fibras paralelas muito longas, com densidade específica muito alta, principalmente nas paredes externas, com grande tendência ao fendilhamento. As ligações mais indicadas, por proporcionar maior estabilidade, são as parafusadas, pois há um corte das fibras, sem o afastamento entre elas, evitando assim as fissuras.

A grande vantagem das ligações parafusadas é permitir ajustes de acordo com a trabalhabilidade do material em relação às variações da umidade relativa do ar, ou ainda, do término do processo de secagem de peças utilizadas, não devidamente secas. Na maior parte das ligações observadas, utilizam-se peças cilíndricas de madeira no interior do bambu. Porém, esta solução não é satisfatória no sentido de impedir uma produção padronizada e industrializada, devido à variação do diâmetro interno das peças.

A difusão da utilização do bambu na construção de grandes estruturas na Colômbia, foi impulsionada pelo arquiteto Simón Velez, cuja proposta de ligação é solu-



cionada por injeção de concreto nos entrenós que fazem parte das ligações, ou seja, somente nos segmentos que serão parafusados. Segundo HIDALGO (1974), a ligação consiste na abertura de um orifício na parte superior do colmo de bambu parafusado, onde após o término do travamento, de toda a estrutura é injetado o concreto. Esta ligação é citada em várias bibliografias como Ligação Velez, a qual tem atribuído excelente desempenho na aplicação estrutural do bambu (FIGURA 6).

Outros materiais foram experimentados na tentativa de resolver problemas de aderência do concreto ao bambu, devido à alta capacidade de absorção d'água pelas paredes internas muito porosas do bambu, provocando destacamento do concreto no interior dos colmos.

Como solução para este problema, GHAVAMI & HOMBEECK (1981) experimentaram algumas resinas, não em sua forma pura, pois tornam-se inviáveis economicamente, mas associadas a outros elementos. Desta maneira optou-se, por três compostos: Resina Epox Sikadur 52 com pó-de-serra; Resina de PVC com pó-de-serra e Resina Epox Sikadur 52 com areia não peneirada compactada. Os autores concluíram que somente no último caso, o resultado se apresentou satisfatório, sendo que a ruptura ocorreu não pelo desprendimento do agregado, mais pelo escoamento do parafuso. Portanto, a utilização do bambu associada a areia permitiu considerável aumento, da resistente a esforços mecânicos à tração, pois elevou a aderência das paredes internas do bambu.



FIGURA 6 - LIGAÇÃO "VELEZ"
FONTE: VILLEGAS (1989)

GONZALEZ (1996), através da utilização de ligações "Tipo Vélez", afirma que o destacamento do concreto no interior dos colmos do bambu, pela falta de aderência entre os mesmos, não acarreta problemas na estabilidade estrutural da construção. O concreto, atua na ligação apenas para aumentar a superfície de contato do parafuso e as paredes do bambu, evitando fissuras, esmagamento e desgaste na superfície externa do bambu .

Outro problema encontrado é a dificuldade de ajustar o ângulo das peças em estruturas que utilizam peças inclinadas. Segundo modelos propostos por POZO (1982) em estruturas espaciais, para se obter rigidez nos nós utiliza-se placas de ferro, unindo todas as peças no centro por um tubo metálico com aproximadamente o mesmo diâmetro do bambu, resultando um maior ajuste da conexão à variação dos ângulos (FIGURA 7).



FIGURA 7 - PEÇAS EM ÂNGULO
COM FERRAGEM.
FONTE: POZO (1982)

b) Peças Amaradas

Pouco eficiente, porém muito utilizada, as ligações realizadas apenas com cordas e arames não possuem rigidez satisfatória para a utilização como estruturas, pois o bambu possui alto índice de retratibilidade.



Desta maneira, para aumentar a rigidez nas ligações amarradas, recomenda-se a utilização simultânea de cavilhas de madeira, parafusos ou conexões metálicas para distribuir as forças aplicadas e evitar a torção na ligação. A técnica utilizada para se obter maior ajuste nas amarrações consiste no umedecimento das tiras de bambu, cordas de coco ou sisal antes de serem amarradas. Pode-se encontrar ainda amarras com outros tipos de materiais que garantam a estabilidade da peça, como por exemplo, a estrutura desenvolvida por MORADO (1994), onde foram utilizados fios de aço retorcido, associados à borracha de silicone.

c) Peças Encaixadas

Dotado de uma resina natural protetora, o bambu possui uma superfície extremamente deslizante, o que dificulta o travamento das ligações. Desta maneira, várias formas de usinagem foram adotadas para evitar a movimentação das peças.

A maneira mais simples de ligar segmentos de bambu é pela sobreposição de colmos usinados de forma côncava, permitindo a fixação das peças que permanecem em sua forma roliça. Os cortes devem ser feitos sempre o mais próximo a um nó possível, aumentando assim, a resistência da peça e evitando fissuras. Os entalhes devem ser feitos somente nas peças verticais para evitar a ruptura por cisalhamento

2.4.3. Considerações sobre ligações do bambu

Um dos problemas mais frequentes nas ligações é a variação do diâmetro interno das peças de bambu. Ocorrem grandes dificuldades na execução de ligações que utilizam segmentos de madeira, pois a usinagem dessas peças roliças de pequenas dimensões proporcionaria uma técnica muito artesanal, não sendo compatível com a intenção de produção em larga escala, portanto pré-fabricada e racionalizada. De acordo com os autores analisados [Hidalgo (1981), Morado (1994) entre outros], as ligações parafusadas enrijecidas com aglomerados, apresentaram melhor desempenho estrutural e facilidade de montagem.

Deve-se evitar a utilização de ligações basicamente encaixadas, pois há grande dificuldade na compatibilização do diâmetro entre as peças. Pode-se observar que quando a peça entalhada, apresentada de forma côncava, possui o diâmetro excessivamente maior que a peça roliça, a ligação torna-se instável pela tendência de rotação entre elas. Por outro lado, quando a peça côncava possui um diâmetro consideravelmente menor do que a roliça, a extremidade da peça entalhada poderá sofrer fissuras, dependendo da carga aplicada sobre a mesma. Mas, apesar das dificuldades na compatibilização do diâmetro entre as peças, torna-se necessário a utilização de encaixes entre os bambus em qualquer tipo de ligação, seja parafusada ou amarrada.

Outro fator que requer certo cuidado na montagem de estruturas de bambu é a possibilidade de esmagamento das peças horizontais. Deve-se evitar a ocorrência deste fato, procurando utilizar os segmentos horizontais com nós na região onde ocorra o descarregamento das cargas verticais. Porém, não sendo possível a coincidência dos



nós nas ligações, os segmentos horizontais devem ser enrijecidos com uma peça de madeira, concreto ou alguma resina com resistência adequada ao esforço solicitado.

Apresentando elevados índices de variação dimensionais de retração e inchamento, não é recomendável a utilização de ligações apenas amarradas, pois não atingem a estabilidade solicitada para estruturas em geral. As peças de bambu quando retraem tornam as amarrações frouxas e a estrutura perde sua estabilidade.

O uso de resinas para o endurecimento das ligações apresentou alguns problemas de desempenho em relação à aderência com as paredes internas do bambu. Entre os resultados obtidos o mais adequado foi com o uso de resina Sikadur e areia experimentado por GHAVAMI & HOMBEECK (1981).

Na utilização de peças metálicas obtiveram-se resultados muito satisfatórios, principalmente em relação à facilidade de montagem, porém se faz necessária uma análise da finalidade do uso desta estrutura para verificar a viabilidade econômica de sua aplicação.

2.5. Tecnologia do bambu.

Aqui elaboramos um quadro panorâmico do Estado da Arte, das técnicas existentes nos sistemas construtivos de bambu para habitação no Brasil e no Exterior. Serão abordados aspectos sobre as formas de utilização do bambu, assim como os principais componentes utilizados em habitações - elementos de cobertura e de fechamento dos painéis. Será ainda apresentado um quadro das pesquisas em desenvolvimento e algumas das principais produções científicas sobre o emprego do bambu em construções de habitações

2.5.1. Etapas de produção

A seguir serão apresentadas as etapas principais para o manejo do bambu visando sua aplicação em construções Para cada etapa serão apresentadas as respectivas técnicas e suas variações, sistematizadas a partir da coleta de dados obtidos de vários autores e dos projetos analisados.

CORTE;

CURA:

- NA MATA;

- POR IMERSÃO;



SECAGEM:

- SECO AO AR LIVRE;
- EM ESTUFA;
- SECO AO FOGO;

TRATAMENTO:

- SUBSTITUIÇÃO DA SEIVA;
- MÉTODO TAMPÃO;
- POR PRESSÃO (BOUCHERIE);
- POR IMPREGNAÇÃO/IMERSÃO;
- AUTOCLAVE;

USINAGEM:

- BAMBU ROLIÇO;
- “ESTERILHA”;
- BAMBU EM TIRAS;
- CHAPAS DE BAMBU;

PRODUÇÃO DE COMPONENTES:

COMPONENTES ESTRUTURAIS:

- PÓRTICOS DE BAMBUS ROLIÇOS;
- PAINÉIS AUTO-PORTANTES.

COMPONENTES DE FECHAMENTO:

- BAHAREQUE;
- PAINEL COM “ESTERILHA” DE BAMBU;
- PAINEL DE BAMBU ROLIÇO OU CANA-BRAVA;



- PAINEL COM TIRAS DE BAMBU;
- PAINEL DE “QUINCHA” PRÉ-FABRICADA.

COMPONENTES DE COBERTURA:

- TELHAS DE BAMBU;
- COM “ESTERILHAS”;
- ESTRUTURA DE BAMBU ROLIÇO.

2.5.2. Corte

Retirada do bambu da Mata.

O corte deve ser feito de 15 a 30 cm de distância do solo e imediatamente após um nó, evitando assim o acúmulo de água no interior da parte do colmo que permanece na mata.

Não se deve utilizar no corte do bambu machado ou facão, pois provocam rachaduras na peças. Deve se utilizar apenas serrotes ou moto-serra. O acúmulo d'água na parte basal que permanece na mata pode provocar o apodrecimento do rizoma comprometendo a produção de material.

2.5.3. Cura

A cura é utilizada para tornar o material menos propenso ao ataque de insetos, pois ocorre nesta etapa a expulsão da seiva, reduzindo a concentração de amido pela transpiração das folhas. Na literatura apresentam-se dois tipos de cura:

a) *Cura na mata.*

Consiste em colocar os talos cortados, verticalmente, sem remover as ramas e as folhas, ficando devidamente isolados do solo, sobre pedras ou suporte.

Representa o processo mais adequado de cura, pois conserva a cor natural do bambu, evitando manchas de fungos e rachaduras nas peças. Os bambus curados na mata foram 91,60% menos atacados que os não curados (HIDALGO, 1981). A etapa de cura na mata é de 4 a 8 semanas.

b) *Cura por imersão.*

Consiste em submergir os talos na Água, retirando a seiva do interior das paredes do bambu. A cura por imersão tem uma duração mínima de 4 semanas. O bam-



bu submerso por um período maior que 6 semanas torna-se mais leve e quebradiço (**HIDALGO, 1981**). Por outro lado, quanto maior o tempo submerso, menor o ataque de insetos.

2.5.4. Secagem

É o processo de redução do teor de umidade das peças de bambu, para aproximadamente 10 a 15%. Com um adequado processo de secagem pode-se reduzir os defeitos pelas mudanças dimensionais do material, evitando problemas causados pela retração excessiva das paredes, o que acarretará fissuras e rachaduras nas peças. Permite ainda aumentar a resistência mecânica do material. Com a secagem das peças há uma diminuição do peso, reduzindo portanto, o custo de transporte. A secagem permite ainda melhor acabamento do bambu, maior facilidade de execução e maior aderência entre peças coladas devido a maior penetração de adesivos. Serão descritos a seguir diversas técnicas de secagem com as respectivas observações.

a) Seco ao ar livre.

O processo de secagem por entablicamento das peças na horizontal. Estas devem estar protegidas de sol e da chuva, mas permitindo uma ventilação adequada e ficando isoladas do solo.

O tempo de secagem depende diretamente da ventilação no local do galpão de secagem, variando em torno de 4 semanas (tempo necessário para a seiva escorrer de dentro dos colmos).

b) Seco ao fogo.

Este processo de secagem é feito com a colocação das peças sobre brasas, controlando-se o calor para evitar uma secagem muito rápida, pois quanto mais devagar, menor é o risco de o colmo arrebentar com o calor (pressão interna).

Com uma secagem rápida as peças podem apresentar diversos defeitos. As peças antes de serem colocadas ao fogo devem ter o teor de umidade reduzido à 50% (cincoenta por cento). As peças devem ser movimentadas uniformemente para se evitar manchas.

c) Seco em estufa.

O processo de secagem em estufa é semelhante ao da madeira. Pode-se controlar a velocidade de secagem através da temperatura, e velocidade adequadas do ar.



2.5.5. Tratamento

Consiste na aplicação de produtos químicos preservativos para proteger o bambu do ataque de fungos ou insetos. Foram encontradas na literatura diversas técnicas de tratamento descritas a seguir:

a) *Substituição da seiva*

Neste processo as peças devem ser colocadas na vertical dentro de um recipiente contendo preservativo, que será absorvido por transpiração das folhas.

Não se deve cortar as folhas e as ramas dos bambus. O processo de substituição da seiva, deve-se iniciar após a eliminação do excesso de seiva pelo extremo inferior do bambu.

b) *Tampão.*

Neste processo a seiva será substituída por pressão hidrostática através do posicionamento em desnível de um recipiente com preservativo.

A pressão deve ser aplicada nas peças de bambu recém cortadas.

c) *Boucherie.*

Consiste em aplicar no extremo superior dos talos de bambu, através de um tubo de borracha, sulfato de cobre, por exemplo, por pressão hidrostática.

Aplica-se aos bambus recém cortados, cuja seiva ainda esteja em movimento. As folhas e ramas devem ser cortadas.

d) *Método de impregnação por imersão.*

Consiste em submergir total ou parcialmente as peças de bambu num depósito com preservativo.

A eficiência deste tratamento depende do maior tempo que este possa permanecer submerso.

e) *Banho quente.*

O banho a quente permite que a película externa do bambu se dissolva, permitindo maior penetração do produto pelas paredes, além de provocar a decomposição e eliminação de grande parte de amido.

Deve-se aquecer o bambu para submergi-lo na solução preservante, quando este não suportar altas temperaturas. Em temperatura acima de 65° C, os grânulos de amido são descompostos e eliminados, diminuindo portanto o ataque de insetos.



f) *Autoclave.*

Processo adequado para bambus secos, com teor de umidade a baixo de 20%. Peças roliças podem apresentar ruptura.

De acordo com vários autores, este processo apesar de eficiente, apresenta resultados antieconômicos e problemas de rachaduras dos colmos.

2.5.6. Usinagem

A usinagem consiste no processamento do bambu para sua utilização em diversas formas, desde o bambu roliço até em forma de fibras para a produção de chapas. A seguir, estão reunidas estas formas mais utilizadas do bambu:

a) *Bambu roliço.*

Forma de utilização do bambu em seu estado natural, sendo utilizado principalmente como elemento estrutural.

A maior preocupação em estruturas roliças são as ligações. Deve-se evitar entalhes com ângulos específicos, pois essas ligações dificultam a produção em série. Recomenda-se que os cortes das conexões sejam efetuados o mais próximo possível de um nó.

b) *“Esterilhas”.*

“Esterilhas” são pranchas de bambu obtidas através da remoção dos nós e da abertura dos colmos em forma de tábuas.

É a forma mais utilizada para a produção de painéis de bambu, podendo ser rebocados com uma argamassa de revestimento.

c) *Bambu em tiras.*

É a abertura de bambu longitudinalmente através de uma ferramenta metálica que divide o bambu em 1/2, 1/4, ou mais partes no sentido radial do bambu.

As tiras são utilizadas principalmente como painéis de cobertura ou de vedação da habitação. Permitem ainda um reboco com argamassa de revestimento. O bambu pode ser apenas pregado nos montantes do painel ou trançado entre a estrutura principal.

d) *Chapas.*

São produzidas através de bambu picado em pequenas dimensões, prensados e colados com resinas.



Em alguns países as chapas de bambu são utilizadas na construção de casas, abrigos provisórios e em construções rurais, geralmente em locais onde não ocorra solicitação estrutural.

2.6. Formas de utilização do bambu

De acordo com o levantamento realizado sobre construções com bambu, observa-se que há várias formas para se utilizar o material, desde roliço, em sua forma original, até em formas de fibras, ou seja, chapas prensadas. As formas mais encontradas são: em tiras; “esterilhas” (placas de bambu aberto); bambu partido; em chapas prensadas e trançado.

2.6.1. Bambu roliço

O bambu em seu estado natural, ou seja roliço, é uma das formas mais utilizadas, uma vez que não é necessário a utilização de nenhum equipamento mais sofisticado, barateando o custo de produção da construção. Porém, uma das dificuldades encontradas para se utilizar peças roliças é muitas vezes, a presença de curvaturas, o que causa irregularidades na superfície das paredes e imprecisão nas dimensões dos componentes. Outro fator de grande influência é a necessidade de um estudo detalhado das ligações, que se tornam mais complexas devido ao deslizamento entre as superfícies externas em contato, necessitando muitas vezes de encaixes mais elaborados para o enrijecimento das ligações. Na FIGURA 8, estão apresentados alguns exemplos de usinagem das peças para permitir as ligações entre bambus.

2.6.2. Esterilhas

São obtidas com a abertura do bambu longitudinalmente, retirando-se os nós e martelando-se a peça para formar uma tábua de bambu. As “esterilhas” são utilizadas como elemento de vedação e de cobertura como forro ou como elemento de sustentação. Na produção das “esterilhas”, a parte branca interior deve ser removida para evitar que o bambu seja atacado por insetos - maior porcentagem de parenquima (FIGURA 9 e 10). A remoção desta camada interna pode também ser realizada com o uso de um maçarico (Projeto UNICEF - 5.1).

2.6.3. Bambu em tiras

A denominação “bambu em tiras” é atribuída às peças de bambus abertos longitudinalmente, dividindo-os em tiras de 1/2; 1/4 ou mais do diâmetro do bambu. Em geral, na sua produção são utilizadas ferramentas apropriadas (ver FIGURA 11) que permitem dividir o bambu em diversas partes.

De acordo com NAÇÕES UNIDAS (1972), esta designação consiste na divisão radial das peças de bambu com uma ferramenta metálica. As tiras são utilizadas



para. compor os painéis de cobertura e de vedação, sejam aparentes ou rebocados com argamassa de revestimento.

2.6.4 Trançado

Utilizam-se tiras para se trançar o bambu formando painéis principalmente como elementos de vedação e cobertura. Há uma enorme variedade de tipos de trançado. Em geral, são feitos à mão tornando-se pouco viáveis economicamente. Mas, segundo NAÇÕES UNIDAS (1972), painéis trançados podem ser feitos com máquinas que, já em 1972, indicavam possibilidades de produção em série, aplicando resinas a quente em média à 140 °C e sob pressão de aproximadamente 30 kgf/cm², com fenol-formaldeído e melamina-formaldeído, contendo 15% de resina. Também utilizam-se colas de caseína e ureia-formaldeído. Este processo fornece ao bambu uma considerável resistência a insetos e às intempéries.

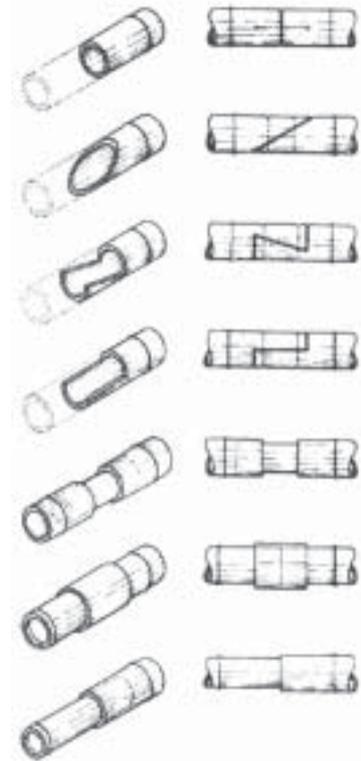


FIGURA 8 - TIPOS DE LIGAÇÕES UTILIZANDO BAMBU ROLIÇO.
FONTE: HIDALGO (1981)

2.6.5 Chapas de bambu

Segundo NAÇÕES UNIDAS (1972), o uso de chapas de bambu é encontrado na URSS, Romênia, Índia, China e outros países. São utilizadas na construção de casas, abrigos provisórios e construções rurais, geralmente em locais onde não será solicitado estruturalmente, como elemento de vedação e cobertura. Na URSS as fibras de bambu são prensadas e armadas com arame. Em 1965, existiam 70 empresas produzindo anualmente aproximadamente 20 milhões de m² de chapas de bambu com diversas dimensões e características mecânicas.

2.7. Componentes para construção de bambu

De acordo com o levantamento realizado sobre os projetos selecionados, podem-se identificar alguns componentes, produzidos utilizando-se o bambu, como: elementos estruturais, painéis de fechamento, cobertura, portas e janelas, tubulões de água e esgoto. Na sequência serão destacado apenas 2 componentes de maior importância para aplicação em habitações de interesse social de bambu, fazendo referência aos locais de origem da técnica. São eles: sistemas de cobertura e painéis de fechamento.



2.7.1. Cobertura



FIGURA 9 - SEQUÊNCIA DE ABERTURA DE ESTERILHA
FONTE: HIDALGO (1981)

a) Cobertura com telhas do 1/2 bambu

Os bambus utilizados na forma de telhas são divididos longitudinalmente ao meio (FIGURA 12), retirando-se, a seguir, os diafragmas. A estrutura é formada por bambus com diâmetros superiores a 7 cm. Na primeira camada colocam-se os bambus dispostos lado a lado com a face côncava para cima, fixas nas ripas. A se-



FIGURA 11 - SEQUÊNCIA DE CORTE DO BAMBU EM TIRAS COM FACAS DE MÚLTIPLO CORTE
FONTE: HIDALGO (1981)

gunda camada sobreposta sobre a primeira, com o lado côncavo para baixo encaixando de forma similar às telhas romanas. A declividade mínima da cobertura deve ser de 30°. Esta cobertura apesar de ser leve, pode ser completamente impermeável a água.

b) Cobertura com ripas de bambu

As ripas são feitas com talos maduros e recém cortados. São segmentos obtidos abrindo-se o bambu longitudinalmente, secos a sombra e de comprimento igual à distância entre os nós. No extremo das pequenas peças forma-se uma lasca que se prende às ripas de bambu, já fixas na estrutura do telhado (FIGURA 13). Devem ser utilizados bambus de diâmetro superior a 7cm e as ripas com no mínimo 4cm de largura. Na FIGURA 14, estão apresentados a colocação das ripas sobre as travessas que se distanciam entre si de 15cm, sendo que, por m² de telhado, são necessários aproximadamente 200 ripas. A inclinação deverá ser maior do que 30°.



FIGURA 10 - SEQUÊNCIA DE ABERTURA DE ESTERILHA
FONTE: ARQ. RUBENS C. JR.



c) Cobertura com “esterilhas” ou tiras de bambu

Neste tipo de cobertura utiliza-se o bambu como forro, em forma de tiras ou “esterilha”. Pode-se utilizar como cobertura qualquer tipo de palha dependendo do tipo de vegetado da região (FIGURA 15), ou uma camada de argamassa de revestimento. A estrutura pode ser feita também de colmos de bambu com 4cm de diâmetro colocados a uma distância de 30cm, podendo variar de acordo com o comprimento da palha utilizada. Podem-se utilizar tiras de bambu para fixar as folhas. Como prevenção contra incêndios e ao ataque de insetos, GONZALEZ (1996), utiliza um forro interno de “esterilha” de bambu e uma camada de cimento e cal antes de fixar a palha (Projeto Alándaluz). KATAYAMA (1989), no Nepal, utiliza bambus em fitas trançadas, para executar coberturas de abrigo de ônibus, rebocadas com argamassa de revestimento. De acordo com publicações das NAÇÕES UNIDAS (1972), as “esterilhas” de bambu sem uma cobertura como proteção, necessitam de um acabamento com cimento e uma camada de material betuminoso impermeável. Devido à sua superfície rugosa, o bambu admite facilmente o reboco, que pode ser tanto de argamassa (1:6) como a cal (1:3), com aproximadamente 20mm de espessura. Tem-se como exemplo de aplicação desta técnica os projetos Mihras, Alándaluz e Unicef.

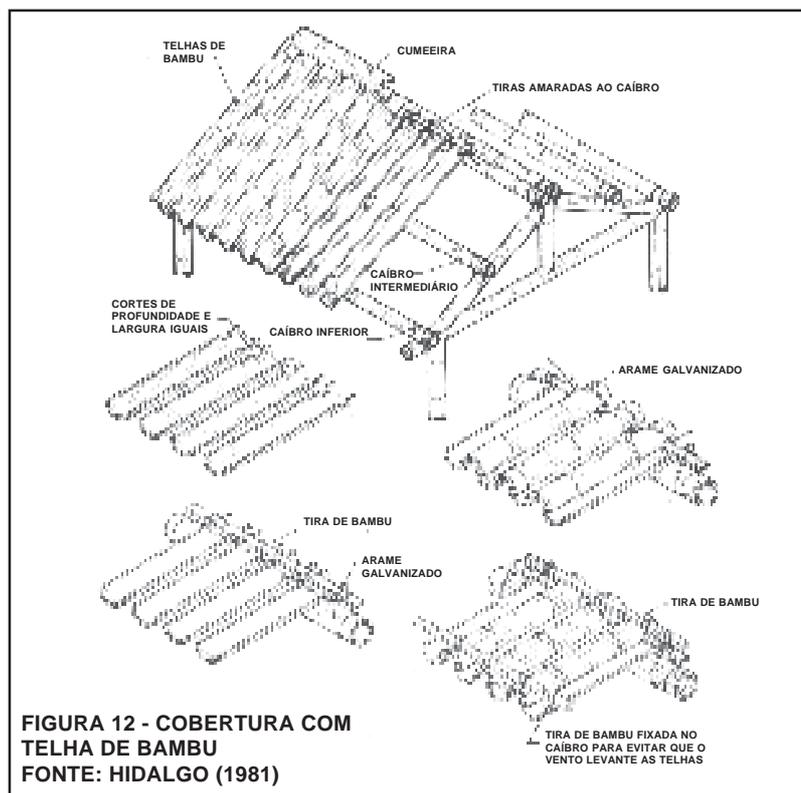
d) Cobertura com estrutura de bambu roliço

Em alguns casos, na cobertura, o bambu é utilizado somente como elemento estrutural. Na Costa Rica o sistema estrutural da cobertura é pré-fabricado na usina e depois transportado para o canteiro de obras. O tipo de telha utilizada pode ser a de barro, que permite melhor conforto térmico (Projeto Costa Rica e Mihras-Peru - 5.3. e 5.4). Na região de Kyoto, no Japão, pode-se encontrar estruturas mistas de bambu e madeira (FIGURA 16). De acordo com UCHIMURA (1989) encontram-se coberturas de palhas com espessura de 60cm sob estrutura de bambu roliço do século XVII, do início da Era Edo.

2.7.2. Painéis de fechamento

a) “Bahareque”

Segundo NAÇÕES UNIDAS (1972), esta é uma técnica muito utilizada na América Latina. As paredes de “bahareque” são formadas por tiras ou “esterilhas” de bambus entrelaçados ou amarrados a bambus roliços de pequenas dimensões, posicionados na vertical ou



na horizontal. Os montantes estruturais são de madeira e, somente em alguns casos são utilizados bambus como elementos estruturais. O espaço entre as fibras são preenchidas com barro ou com barro e pedra, portanto esta construção se torna relativamente maciça, não sendo muito recomendada para regiões susceptíveis a abalos sísmicos (FIGURA 17). Após o trançado de bambu, as tiras são rebocadas com barro. Devido à baixa resistência da terra às intempéries é necessário uma constante manutenção das faces externas dos painéis. Na FIGURA 18, é apresentada a estrutura das paredes de “bahareque”, formada por bambus de aproximadamente 10 cm de diâmetro. Os montantes verticais são colocados de 30 a 40cm de distância um do outro, pregados à soleira



de madeira.

A seguir, são pregadas “esterilhas” de bambu, na face externa e interna, onde os pregos se distanciam entre si de 8cm (FIGURA 18). O reboco utilizado é aplicado em duas camadas de cimento e areia no traço de 1:5.

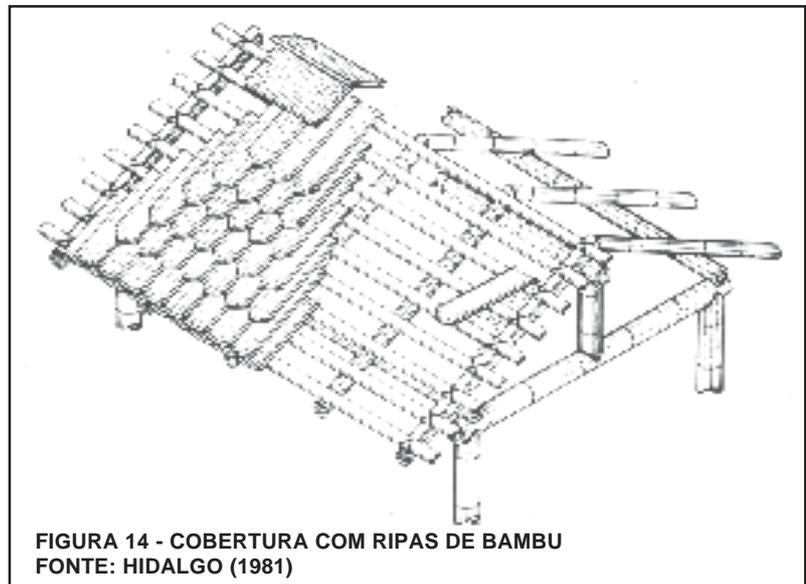
b) Painéis de “esterilha” de bambu

Segundo publicações das NAÇÕES UNIDAS (1972), esta técnica é muito utilizada na Indonésia, Colômbia, Equador e Índia.

As “esterilhas” são fixadas na horizontal às peças roliças de bambu e encaixadas nos montantes verticais de madeira. (FIGURA 19). Os painéis para serem protegidos das intempéries são rebocados interiormente e exteriormente. Em algumas regiões uma das faces do painel permanece aparente (Projeto UNICEF - 5. I.).

c) Painéis de bambu roliço ou “cana-brava”

Em construções de habitação de alto padrão, no Japão, ainda se utiliza o sistema tradicional japonês, taipa de mão, composto basicamente de bambus em tiras e



roliços de pequenas dimensões; com “ossatura” principal em madeira. A interface da taipa com estrutura de madeira é executada com o auxílio de um tecido de juta fixado através de um baquete de madeira para se evitar fissuras entre a madeira e o barro. Já na Costa Rica (FIGURA 20), de acordo com boletim do Projeto Nacional do bambu BAMBUNETUM(1992a), pela falta de matéria-prima, foram utilizados bambus de menores dimensões, como a “Cana-brava” (3cm de diâmetro) para a produção de painéis, pois para a fabricação da “esterilha” há a necessidade de utilizar espécies de bambu de maior diâmetro (Projeto Costa Rica - 5.1).



FIGURA 15 - COBERTURA COM “ESTERILHA”
FONTE: HIDALGO (1978)

d) Painéis de tiras de bambu

Segundo boletim do Projeto Nacional do bambu BAMBUNETUM (1992a), buscando a solução para o problema da falta de bambus de grandes diâmetro para a produção de “esterilhas”, também utilizou o bambu em tiras de aproximadamente 5 cm de largura. Pode-se encontrar

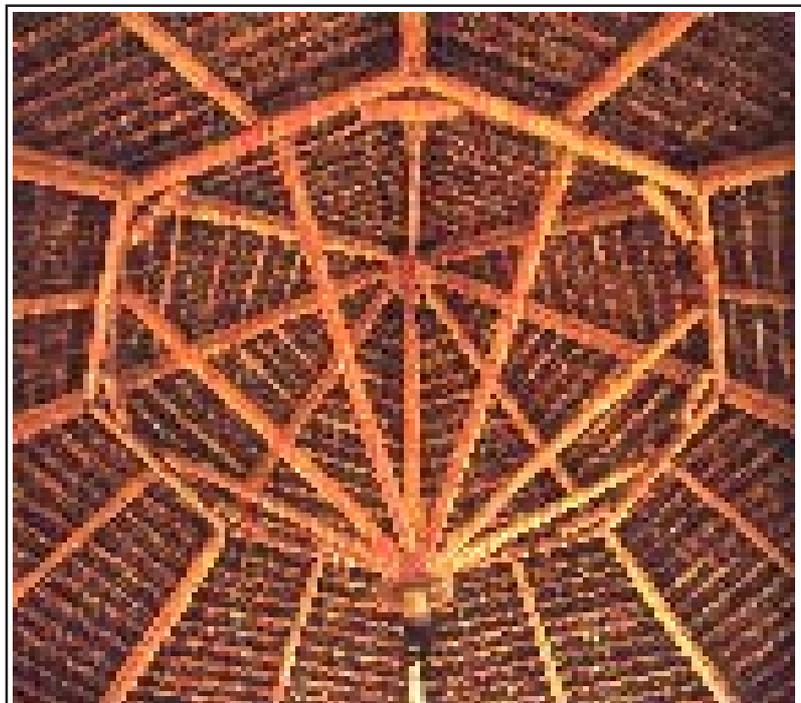


FIGURA 16 - COBERTURA COM BAMBU ROLIÇO
FONTE: VILLEGAS (1989)

ainda na Taipa-de-mão japonesa, a predominância de bambu em tiras trançadas e rebocadas com barro (FIGURA 20 e 21).

De acordo com as publicações das NAÇÕES UNIDAS (1972), o uso de tiras de bambu para a produção de painéis é uma das técnicas mais utilizadas nas habitações populares da Indonésia. Podem-se utilizar de 3 tipos:

a) um trançado fino de bambu pregado em ambos os lados nos montantes de madeira;



b) trançado grosso de bambu também fixos nos montantes de madeira e;

c) trançado de tiras horizontais em arames dispostos verticalmente. O trançado é logo após rebocado com barro, areia, cal e cimento com ou sem fibras. Também pode-se encontrar paredes sem reboque.

e) *Painéis de “quincha”*

Segundo NAÇÕES UNIDAS (1972), no Peru e no Chile, a técnica chamada de “quincha” utiliza “tramados” de bambus, como base, para aplicação de reboco de barro. Os rebocos podem ser de argila e fibras orgânicas, acrescentando-se ainda 16 litros por m³ de uma emulsão a 5% de dieldrina, como prote-

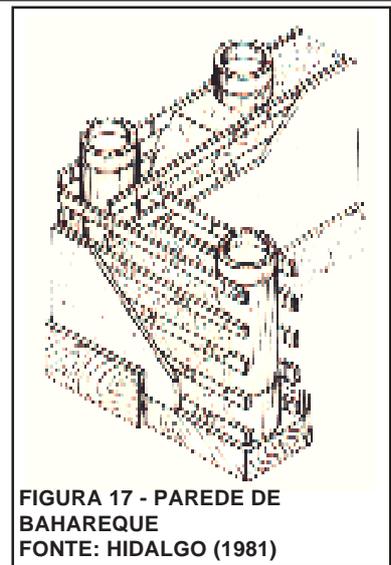


FIGURA 17 - PAREDE DE BAHAREQUE
FONTE: HIDALGO (1981)



FIGURA 18 - PAREDE DE BAHAREQUE
FONTE: ARQ. RUBENS CARDOSO JR. (COSTA RICA)

ção contra os insetos. O acabamento final pode ser feito com cimento, areia e cal. Segundo DIAZ (1993), os componentes básicos para a construção dos painéis de “quincha” pré-fabricada são montantes verticais e travessas horizontais de madeira de 1 1/2" x 3' e bambu em tiras trançadas e rebocadas por diversos materiais, desde terra e palha, até cimento, cal e areia.





FIGURA 19 - PAREDE DE "ESTERILHA"
 FONTE: ARQ. RUBENS CARDOSO JR. (CAMPO GRANDE)

Segundo HIDALGO (1981), este sistema de construção permite obter painéis delgados e resistentes e que os bambus roliços permaneçam na horizontal e fixos a seguir, em colunas de bambus de maiores dimensões separadas uniformemente entre 50 a 70cm (FIGURA 22). Já na FIGURA 23, as tiras são fixadas horizontalmente. O posicionamento das tiras trançadas na vertical possibilita melhor rendimento e durabilidade, pois permite a secagem mais rápida do painel após ser atingido por uma chuva.



FIGURA 20 - SEQUÊNCIA DE MONTAGEM DE UMA CASA COM PAINÉIS DE CANA BRAVA - (45 MINUTOS).
 FONTE: ARQ. RUBENS CARDOSO JR. (FUNBAMBU - COSTA RICA).



f) *Painéis de bambu estrutural com “cañizo”*

De acordo com LUISIONE et al (1989), as paredes das unidades habitacionais do projeto Mihras-Peru foram feitas com estrutura de bambu e “cañizo”, recobertos com barro (taipa), recebendo maior proteção nas bases, com fundação em adobe estabilizado ou concreto (ver Projeto Mihras-Peru 5.4).

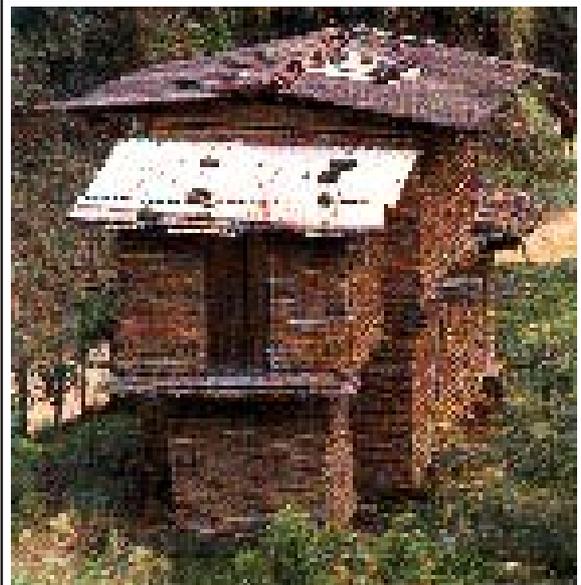


FIGURA 21 - CASA COM PAINÉIS DE TIRA DE BAMBU, REBOCADA COM BARRO.
FONTE: ARQ. RUBENS CARDOSO JR. (ÍNDIA)



FIGURA 22 - DETALHE DE PAREDE COM PAINÉIS DE TIRA DE BAMBU, REBOCADA COM BARRO.
FONTE: ARQ. RUBENS CARDOSO JR. (ÍNDIA)

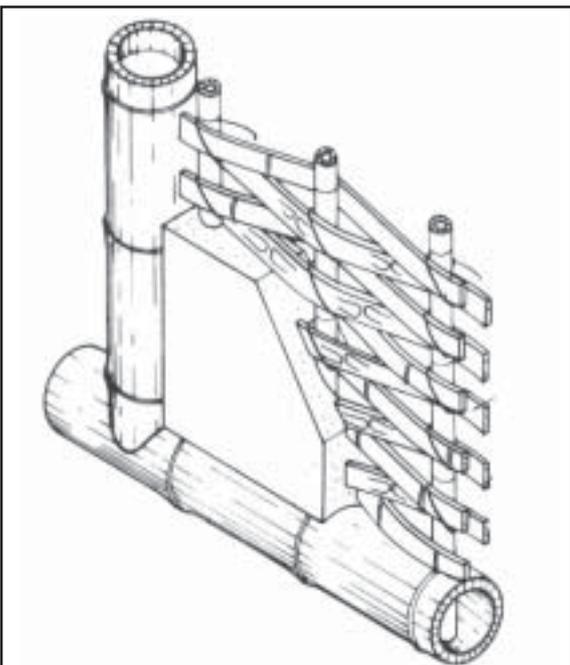


FIGURA 24 - PAINÉIS COM QUINCHA - TIRAS VERTICAIS.
FONTE: HIDALGO (1981)

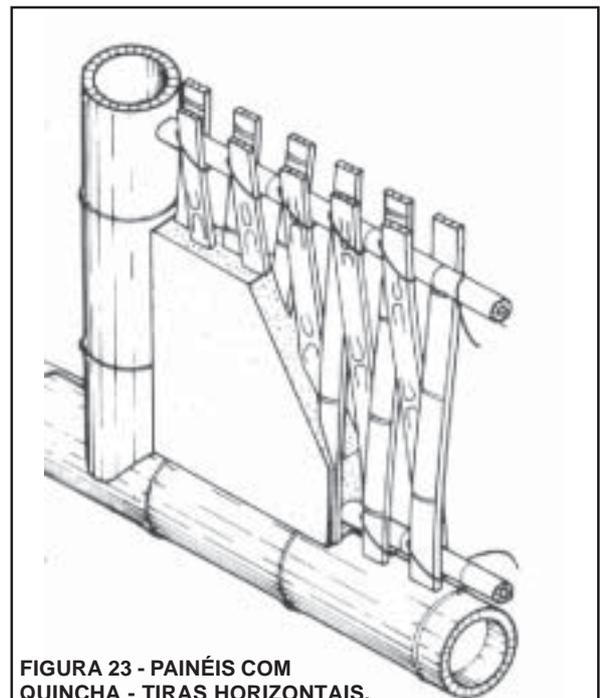
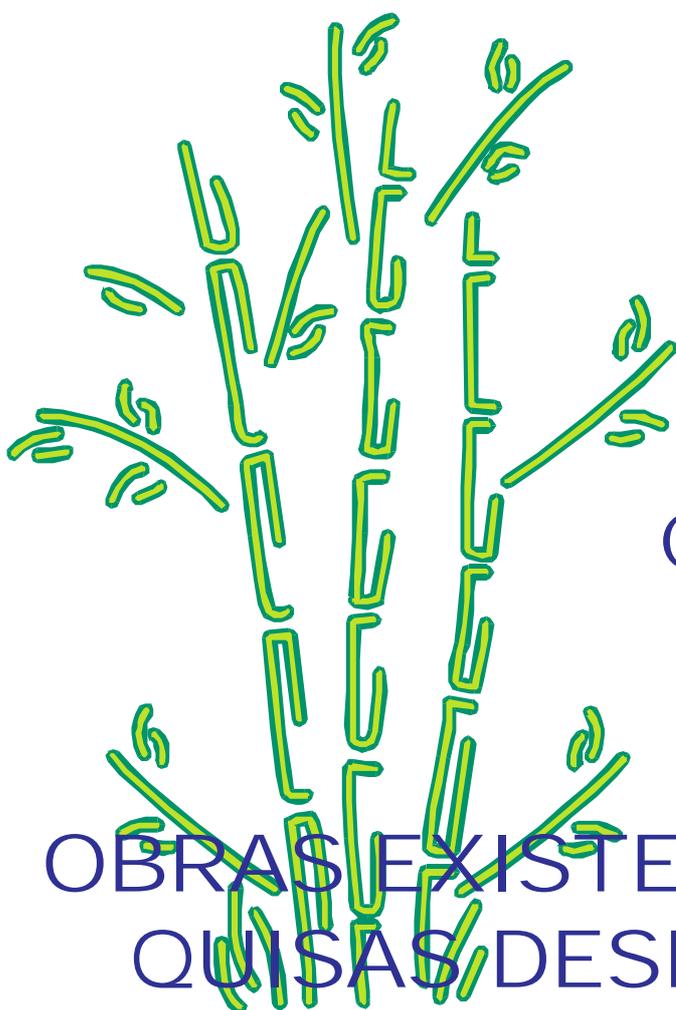


FIGURA 23 - PAINÉIS COM QUINCHA - TIRAS HORIZONTAIS.
FONTE: HIDALGO (1981)





CAPÍTULO III

OBRAS EXISTENTES E PES-
QUISAS DESENVOLVIDAS

3. OBRAS EXISTENTES:

Na sequência, uma amostra das obras existem, selecionadas por seu grau de importância ao desenvolvimento de pesquisas para utilização do bambu, como elemento na construção civil. Infelizmente, não possui material fotográfico para anexar, pois são coletâneas recolhidas em congressos por mim participados.

3.1. Escola Ecológica do Equador - UNICEF

LOCAL: PROVÍNCIA DE ESMERALDAS - PAROQUIA GALERA, QUITO - EQUADOR

INSTITUIÇÃO: UNICEF, PRONADES MINISTÉRIO DE BIENESTAR SOCIAL, TECNO HABITAT (TECNOLOGIA APROPRIADA P/ HABITAT), PROGRAMA NACIONAL DE ECONOMIA SOLIDARIA

AUTORES: ARQ. JORGE MORAN UBIDIA, JACKIE FABRE T., RODRIGO VALLE G.

DATA: AGO/1991

FONTE: PUBLICAÇÃO UNICEF (1991)

Introdução

O sistema é composto por painéis auto-portantes longos de ossatura interna de madeira e fechamento com esterilhas de bambu (placas de bambu - *Bambusa angustifolia*), revestidas de argamassa de cimento e areia. O tipo de fundação utilizada é sapata corrida onde são assentadas duas fiadas de bloco de concreto para receber os painéis. As ligações entre as peças de madeiras e as esterilhas de bambu são executadas através de pregações. A estrutura da cobertura é composta por peças de madeira serradas e forradas de esterilhas de bambu. Na cobertura utilizaram-se fibras vegetais por representar um material leve, de baixo custo e abundante na região.

O processo de produção foi considerado pré-fabricado artesanalmente, havendo participação intensiva da comunidade na montagem dos componentes, principalmente na confecção dos painéis sendo um material leve e de fácil montagem,

Organização Espacial

Área construída: 45 m²

Nº pavimentos: 01

A localização da escola foi definida com a participação da comunidade respeitando-se princípios lógicos de insolação, ventos, chuvas e espaços de possível expansão dos outros blocos escolares.

As etapas de locação, escavação e compactação do terreno, que requer grande esforço físico, foram realizadas exclusivamente pelos homens da comunidade e acompanhados por uma mão-de-obra especializada.



Alicerce

Foi executada uma sapata corrida após a compactação do terreno, onde assentou-se uma fileira de blocos no perímetro da construção, exceto no local da entrada principal. No interior do furo dos blocos foram concretados segmentos de ferro de 6 mm, para a fixação dos painéis, sobre os blocos já concretados, aplicou-se uma camada de manta asfáltica para evitar, por capilaridade, a ascensão da umidade do solo aos painéis. No interior executou-se um piso de cimento queimado.

Sistema Estrutural

A estrutura dos painéis auto-portantes é composta por madeira serrada. As peças são unidas de topo com pregos de 3 e 4" e, definem as espessuras das paredes e batentes das esquadrias.

Sistema Fechamento

Utilizaram-se 10 painéis: 6 retangulares de 3.00x2.30 m e 4 trapezoidais de 2.50 m de largura por 2.30 m e 3.30 m de altura. Um dos painéis possui a abertura de acesso principal. Os painéis trapezoidais que recebem uma soleira superior de 5x10 cm. Sobre esta colocam-se peças (sobras de madeira) para servir de apoio às vigas da cobertura. Na elaboração dos painéis participaram mulheres e crianças. Os painéis foram pré-fabricados artesanalmente no canteiro de obras.

Cobertura

A estrutura do telhado foi feita com madeira serrada com seção de 10x5 cm e comprimento variável. Os tirantes foram executados com madeira de espessura de 2 cm dispostas em pares. Os tirantes foram fixados com pinos de ferro de \varnothing 12 mm.

Detalhes Construtivos

O revestimento é feito com massa de cimento e areia (11:4). A seguir as etapas de execução do revestimento dos painéis:

1. Colocam-se sarrafos de bambu para definir as juntas de dilatação;
2. Umedecem-se as paredes 2 horas antes do revestimento;
3. Aplicação 1ª camada de revestimento;
4. Umedecimento periódico por 8 dias;
5. Aplicação 2ª camada de revestimento;
6. Cura da argamassa e pintura.

As janelas foram feitas com quadro retangular de madeira serrada de seção 4.0 x 1.5 cm.



Optou-se por deixar o bambu aparente em algumas faces internas da construção, apenas invernizando a superfície das “esterilhas”. Nota-se que desta forma, a “esterilha” deve ser fixada com sua face brilhante para fora, ao contrário das paredes rebocadas, pois a face interna do bambu permite maior aderência à argamassa.

Observações

Segundo o relato, em relação ao custo total da obra, conclui-se que o valor de uma edificação feita através de um sistema construtivo convencional equivale a 4 construções de mesmas dimensões utilizando bambu.

O processo de produção bastante simples permite uma construção rápida e com participação dos membros da comunidade sem a necessidade de mão-de-obra especializada.

3.2. Experiência Habitacional - Hotel Ecológico Alándaluz.

LOCAL: QUITO, EQUADOR

INSTITUIÇÃO: CORPORACIÓN AMINGA Y C.L.

AUTORES: GONZALEZ, (1997).

DATA: 1990

FONTE: GONZALEZ, (1997).

Introdução.

O projeto do Hotel Ecológico de Alándaluz foi construído a partir do programa desenvolvido por um grupo de pessoas, visando o desenvolvimento de projetos alternativos, auto-sustentáveis e ecológicos. Segundo GONZÁLEZ (1997), a Cooperación AMIGA Y C. L. foi criada em 1995, para fornecer informações aos interessados em aplicar as técnicas de construção vistas no Hotel. Este foi fundado por equatorianos com recursos próprios, não recebendo doações do governo e de instituições. O objetivo principal do grupo é demonstrar a viabilidade dos projetos alternativos, ressaltando propostas de arquitetura ecológica, resgatando materiais naturais e visando a harmonia entre o meio ambiente. As estratégias aplicadas para o desenvolvimento dos projetos são: arquitetura ecológica, tratamento de água, coleta seletiva de lixo, agricultura orgânica, reflorestamento de áreas degradadas com espécies nativas e bambu, estação de educação e investigação científica e trabalho comunitário. O hotel foi construído próximo ao Parque Nacional Machalilia, situado ao redor de Alándaluz. GONZÁLEZ (1997) afirma ainda que o Hotel tornou-se um sítio demonstrativo, principalmente para os povoados localizados nas proximidades da região, das possibilidades de aplicação do bambu em construção.



Fundação

O bambu, por ser um material muito leve e resistente, requer uma fundação simplificada. Utilizou-se concreto e ferro de 1/4" nas vigas baldrames, deixando esperas para receber os pilares de bambu. No caso de construções maiores, como o restaurante de Alándaluz, cuja altura supera 12 m e tem dimensões de 12,00 x 18,00 m, as vigas baldrames utilizadas possuíam dimensões de 50 x 30 cm com ferro de 1/2". Alguns pilares foram apoiados em paredes de pedras.

Estrutura

A estrutura foi projetada para solicitação de cargas à compressão e tração, evitando os esforços à flexão. De acordo com GONZÁLEZ (1997), o bambu utilizado, *Bambusa angustifolia*, pode ser utilizado como coluna para sustentar uma laje ou piso intermediário, sempre e quando não tenha contato com a umidade do solo. A estrutura é composta basicamente por pilares e vigas de bambu, utilizando-se o sistema de ligações tipo "Velez". Ligações estas compostas por parafusos enrijecidos com concreto, apenas nas seções perfuradas.

Em relação à aderência do bambu ao concreto, GONZÁLEZ (1997) afirma que há tendência de separação entre os dois materiais, devido ao inchamento e a retração das paredes do bambu provocadas pela absorção de água. Conclui-se que a aderência não se realiza de forma perfeita, pois cada material trabalha de maneira independente. Porém, apesar da baixa aderência, nas seções das ligações onde o cimento é utilizado, amplía-se a superfície de contato com o parafuso, aumentando-se a resistência principalmente na horizontal, evitando a flexão, o fendilhamento das peças e o esmagamento da viga que recebe esforços na vertical.

Nestas ligações foram utilizados pilares compostos com quatro peças e pilares duplos fixos entre si. Utilizaram-se em alguns pontos braçadeiras metálicas para evitar o fendilhamento e fissuras nas peças.

Segundo GONZÁLEZ (1997), as braçadeiras funcionam como um simples reforço podendo ser eliminadas com cortes que permitam coincidir os nós nos extremos das peças.

Painéis

As paredes das construções foram feitas de duas maneiras, utilizando-se:

1. Bambus roliços.
2. Bambus abertos "esterilhas", rebocados com argamassa de revestimento ou, sem reboco, ficando o bambu aparente.

Em geral foram utilizados "esterilhas" rebocadas, na face interna do bambu,



com cimento ou outras argamassas de revestimentos naturais, como excremento de boi com terra.

Segundo GONZÁLEZ (1997), em relação ao isolamento térmico, o resultado é satisfatório, tanto com “esterilha” rebocada com uma argamassa, quanto sem nenhum reboco, permanecendo aparente a face brilhante do bambu.

Cobertura

Toda a estrutura de cobertura foi feita com bambu roliço, compondo as tesouras, através de ligações tipo “Velez”, utilizou-se, como cobertura, “esterilha” de bambu picado, sobre a qual estendeu-se uma malha metálica, recebendo logo em seguida um reboco de cimento e palha de arroz. com espessura de até 3 cm.

Para maior resistência colocou-se uma outra camada de folhas de palmeira, *Phitelephas aequatoriallis*.

Foi dada preferência à utilização desta capa de cimento entre as folhas e o bambu, devido a existência de muitos pássaros na região, cujos ninhos feitos sobre as folhas, ocasionavam goteiras na época das chuvas. Além disto, sendo que as folhas são muito susceptíveis a ação do fogo, a argamassa funciona como elemento isolante entre a construção e a cobertura.

Manejo do bambu

Alguns procedimentos importantes foram citados pelos autores, para melhor desempenho do material na construção, como:

Secagem

O bambu, uma vez cortado foi seco ao ar livre, em posição vertical ou horizontal, para se evitar esforços nas peças, o que poderiam causar curvaturas nas mesmas. Foram observados que os melhores resultados obtiveram-se secando as peças em posição horizontal.

Observou-se também que os bambus devem estar protegido dos raios diretos do sol e totalmente isoladas da umidade do solo.

O período de secagem foi de um mês, passando por um novo período de secagem após o tratamento em um tanque de imersão. Não existe um tempo máximo de secagem.

Tratamento

Para imunização dos bambus, foram aplicados uma solução de bórax e ácido bórico. Logo após, os bambus devem permanecer durante três dias para secar.



Dificuldades encontradas

Segundo GONZÁLEZ (1997), a maior dificuldade enfrentada na construção com bambu foi encontrar trabalhadores capacitados. Foi necessário desenvolver um programa de capacitação pela própria equipe da Corporación. As uniões entre os bambus, ponto crítico nas construções, foram feitas de forma artesanal, mas facilmente executadas por trabalhadores que possuíam certa familiaridade com o material. Recomenda-se construir em épocas que o sol não brilhe o dia todo, pois o bambu exposto demasiadamente poderá apresentar rachaduras.

Custos

As estimativas dos custos variaram de acordo com o padrão de acabamento. Para a construção convencional da área de dormitórios (chalés), o m² foi avaliado em US\$ 270.00, entretanto com a utilização de bambu guadua reduziu-se para US\$ 189.00.

3.3. Projeto Nacional de Bambu em Costa Rica

LOCAL: COSTA RICA

AUTOR: ARQ. ANA CECÍLIA CHAVES (DIRETORA EXECUTIVA FUNBAMBU)

INSTITUIÇÃO: FUNDAÇÃO NACIONAL DE BAMBU; MIVAH - MINISTÉRIO DE VIVIENDAS E ASENTAMIENTOS HUMANOS; OIT - ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO; BCID - BANCO CENTROAMERICANO DE INTEGRAÇÃO ECONÔMICA; GOVERNO DOS PAÍSES BAIXOS - PATROCINADOR; PNUD-PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PELO DESENVOLVIMENTO - ADMINISTRADOR; HABITAT - CENTRO DAS NAÇÕES UNIDAS P/ ASENTAMIENTOS HUMANOS- EXECUTOR

FONTE: CHAVES & GUTIERREZ, (1988); BOURROUET, (1993); BAMBUNETUM, (1991 - 1996)

Introdução

O Projeto Nacional de Bambu, atualmente transformado em uma Fundação, iniciou-se em 1986 com a direção da arquiteta Ana Cecília Chaves, cujo cargo ocupa até hoje. A Fundação tem como objetivo principal o aproveitamento do bambu e da “cana-brava” na construção de Habitações de Interesse Social, especialmente em comunidades rurais. Foi atribuído à Fundação Nacional de Bambu um Prêmio Mundial pela “Building and Social Housing Foundation (BSHF), instituição inglesa, dedicada à pesquisa e educação em matéria de habitação e assentamentos humanos. A instituição premia anualmente os países que realizam esforços para dotar de moradias os cidadãos mais necessitados. O objetivo do prêmio é a difusão das soluções para os problemas habitacionais, de infra estruturas e serviços sociais. Visa desta maneira a aplicação de novas tecnológicas em outros países em desenvolvimento.

Após a construção de aproximadamente 400 casas, o ministro da habitação



de Costa Rica, Cristobal Zawadski em BAMBUSETUM (1991a), declarou que “o bambu é a solução mais rápida e econômica para resolver a problemática habitacional, principalmente em zonas rurais da Costa Rica”.

Histórico

A cultura do bambu *Guadua* foi introduzida na Costa Rica por Carlos Manuel Rojas, trazendo do Brasil e da Colômbia algumas mudas, disseminando seu cultivo em distintos pontos do país. Em 1985 o governo definiu como prioridade fundamental o problema habitacional no país, Em 1984, o déficit habitacional superou 125.000 unidades, representando 25% do total existente. Comprometeu-se assim, a produção mínima de 80.000 habitações durante o período de 1986 a 1990.

No princípio, a Fundação teve que provar a viabilidade deste material, para as comunidades carentes, pois na Costa Rica, esta técnica era totalmente desconhecida, enfrentando-se certa resistência por parte da população. Após resultados satisfatórios obtidos pela construção de algumas unidades, a demanda foi aumentando, a cada dia, e atualmente a produção de habitações de bambu atinge um número aproximado de 1.500 casas por ano, Segundo GUTIÉRREZ (1991), cita como vantagens da utilização do bambu: baixo peso, retilinidade das peças com média de 8m de altura e alta resistência na direção longitudinal. Entre as principais desvantagens cita a susceptibilidade ao ataque de insetos e pouca resistência mecânica na direção radial.

Este último aspecto é considerado crítico nas ligações, pois geralmente é necessário perfurar as paredes para se colocar passadores que permitam amarrar peças entre si, ocasionando em alguns casos fissuras nas peças.

Realizações

A primeira fase do Projeto concluiu-se em dezembro de 1991. Durante esta fase, plantaram-se 200 hectares de *Bambusa angustifolia* em três principais pontos do país. Foi realizado ainda a capacitação de uma série de técnicos e de famílias pertencentes às comunidades carentes (aproximadamente 600 famílias). Durante esta primeira fase, foram construídas 400 habitações de bambu.

As habitações construídas possuem em média 45 m². Foi construído ainda um centro de eco-turismo com uma forma geométrica de icosaedro (poliedro regular de 20 triângulos equiláteros).

Painéis de bambu

Os painéis funcionam estruturalmente como um diafragma rígido, sendo a ossatura construída com madeira e o fechamento com bambu (esterilha ou roliço) e reboco com argamassa de cimento. As fábricas de painéis, as fôrmas metálicas e os gabaritos para a montagem dos painéis são algumas das tentativas de racionalização das etapas de produção e dos recursos durante a construção. Os principais tipos de



painéis utilizados são: o retangular e o trapezoidal, construídos por peças de madeira com secções 5,0 x 5,0 cm e 2,5 x 5,0 cm e esterilha de madeira que são fixadas umas às outras através de uma viga.

Em geral, cada unidade habitacional é composta por 17 painéis pré-armados, sendo que uma equipe de 4 ou 5 pessoas, sem experiência, demora 4 dias para montagem (com experiência 2 dias). O reboco com cimento é feito em aproximadamente 300 horas. As principais características dos painéis são: baixo peso e grande capacidade estrutural.

Observou-se que a técnica foi facilmente absorvida pela população, pois logo nos primeiros meses que se iniciou o trabalho de autoconstrução (20 casas), a população havia assimilado grande parte da tecnologia utilizada. Para execução do reboco dos painéis foi desenvolvida uma fôrma metálica, que deve ser fixada na parte posterior do painel para se evitar o desperdício de massa, pois a fôrma retém nos painéis a massa que atravessa as “esterilhas”. De acordo com BAMBUSETUM (1995a), apesar dos resultados favoráveis, 3 aspectos deveriam ser melhorados: como abaixar o peso da fôrma e melhorar o sistema de sua fixação no painel, eliminando-se a necessidade de perfuração no bambu e na madeira da ossatura. Após alguns estudos, chegou-se a um modelo desmontável de menor peso e com peças reajustáveis. Porém, ainda se considera necessário projetar novos modelos que se ajustem às diferentes dimensões dos painéis necessários a uma habitação. Os gastos com pesquisas para a racionalização desta etapa de reboco, justificase uma vez que a mesma representa 32% da mão-de-obra paga; 9,65% do montante pago por materiais e mais de 14,5% da totalidade dos custos das casas.

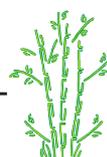
O novo objetivo para produção de painéis é a substituição da madeira dos painéis por peças de bambu, principalmente os montantes verticais.

Produção de painéis

Em Limón, foi implantada uma fábrica de painéis para a construção de 10 casas por semana. Sendo que para cada casa são utilizados 17 painéis, são necessários aproximadamente 1.200 bambus (tipo “canabrava”) para a construção de cada unidade habitacional.

Portanto, para atender a demanda de Habitações de Interesse Social, principalmente na zona rural, a prioridade do governo foi de delimitar várias áreas de plantio de bambus e mais fábricas de painéis. As fábricas deverão atender a alguns pontos importantes, como:

- 1 . Proximidade das plantações de bambu, algumas já implantadas estrategicamente no país;
2. Ter vias de acesso e topografia favoráveis ao escoamento do produto terminado, assim como para o abastecimento de matéria-prima;



3. Proximidade às regiões de maior demanda habitacional.

De acordo com BAMBUNETUM (1992b), as oficinas de produção de painéis devem conter dimensões:

- 400 m² de área coberta, para produção;
- 700 m² para o armazenamento de matéria-prima e produto terminado;
- 100 m² para o armazenamento de produtos químicos e similares;
- 50 m² para administração.

Tratamento

Segundo CAMBRONERO et al.(1992), a esterilha de bambu foi tratada pelo método de impregnação que consiste em banhos de imersão em tanques apropriados para este fim.

O produto químico utilizado no processo de preservação é a base de substâncias solúveis em água. Um dos mais utilizados é o boro.

Já os bambus roliços são tratados por substituição da seiva, através do Método Bouchéri, com uma pressão de 20 kilopascal, A duração deste processo de tratamento é de aproximadamente 30 minutos. Sua efetividade é comprovada mediante a análise de penetração e retenção, realizadas nas Universidades de Hamburgo e de Costa Rica.

Montagem

Na comunidade de Atenas, em Costa Rica, foram produzidas as paredes pré-fabricadas, de uma habitação de 48 m² , em 11 dias, formando-se grupos de 5 trabalhadores.

Em geral, a fundação da habitação consiste em uma sapata corrida reforçada com aço, sobre a qual se colocam uma ou duas fiadas de tijolos. Acima do bloco, coloca-se ainda uma camada de material de proteção (impermeabilizante) para evitar o contato da umidade do solo com o bambu, de modo a evitar o apodrecimento e o ataque de insetos xilófagos. Na sequência, coloca-se a soleira inferior na qual se fixam os painéis préarmados.

Resistência

O comportamento das habitações em abalos sísmicos pôde ser avaliado após inúmeros terremotos ocorridos na região. Após a construção de 30 casas, em Rio Banano, em zona de alta intensidade de abalos sísmicos, um terremoto de magni-



tude de 7,5 na escala Richter, atingiu a região em Abril de 1991. Nenhuma das 30 casas sofreu maiores danos, somente em algumas unidades observaram-se fissuras nos limites das habitações. A resistência aos abalos foi comprovada ainda em outro conjunto construído em Rio Grande de Paquera com 31 unidades que resistiram ao mesmo abalo sísmico. Como resultado imediato, o governo da Holanda doou fundos ao PNB para a construção de 50 unidades em Bataán. Estas foram construídas em apenas 4 meses, a partir de outubro de 91. O governo da Dinamarca doou, logo em seguida, fundos para a construção de mais 100 unidades.

De acordo com GUTIERRÉZ (1991), as principais razões que explicam este comportamento favorável são:

- Baixo peso - A carga dos painéis, com reboco de cimento, variam entre 90 a 130 kg/m², equivalendo a 35% de uma parede similar de blocos de concreto (12cm de espessura, aproximadamente 250 kg/m²). O piso de madeira ou esterilha de bambu pesa de 50 a 90 kg/m², enquanto um piso de vigotas pré-fabricadas pesa 400 kg/m². Como as forças de sismos são proporcionais ao peso da estrutura, esta redução incide significativamente nas forças que ocorrem nas habitações.

- Alta resistência - Os painéis demonstraram grande capacidade estrutural. Foram obtidos em testes de resistência ao cisalhamento valores de até 1.500 kg/ml, permitindo que a construção absorva as forças do sismo dentro da faixa elástica, sem fissuras na extensão do painel.

- Integridade estrutural - A fundação em radier, produz uma resposta monolítica e integral, evitando as fissuras por deslocamentos diferenciais,

- Controle técnico - Nos projetos de autoconstrução o acompanhamento técnico é permanente para garantir a qualidade dos detalhes construtivos na estruturas das habitações.

Segundo GUTIERRÉZ (1992), em avaliações da capacidade estrutural sofridas frente a cargas eventuais de abalos sísmicos (coeficientes sísmicos $C = 0.33$) e vento (120 km/h), sobre uma habitação de paredes de “cana-brava” e cimento (peso = 130 kg/m²) e “esterilha” e cimento (peso = 90 kg/m²) e uma cobertura (peso = 20 kg/m²), obtiveram-se valores de cargas transversais de:

VENTO 120 KM/H = 57,60 KG/M²

SISMO (ESTERILLA E CIMENTO) = 29,70 KG/M²

SISMO (CANA-BRAVA E CIMENTO) = 42,90 KG/M²

Obs: O coeficiente sísmico considerado de $C = 0.33$, assim como a velocidade do vento de 120 km/h, foram os valores mais altos constatados em Costa Rica.

Segundo conclusões de GUTIERRÉZ (1991), a partir de resultados obtidos, as paredes das habitações produzidas com bambu e madeira, têm a capacidade de resistir aos abalos sísmicos com coeficientes de 4 a 6 vezes maiores que o especificado no Código Sísmico de Costa Rica de 1986.



Atualmente estão sendo realizadas muitas pesquisas para tornar cada vez mais viável culturalmente e economicamente o bambu. Pesquisas de melhoramento genético, na Escola Nacional de Agricultura, no Centro de Desenvolvimento Florestal de Sán Andrés, estão sendo realizadas afim de atingir maior rentabilidade na produção econômica do bambu. Outros pontos também de grande importância para pesquisa são: métodos de preservação, procedimentos para secagem do bambu, técnicas de organização comunitárias para autoconstrução e manejo silvicultural.

CUSTOS

Dentro das avaliações de custos, constatou-se que a construção de 19 unidades habitacionais de bambu e “cana-brava” com 46m², em Finca, foi avaliada em 10 milhões de colonos (1 real = 200 colonos), equivalendo a aproximadamente 50.000 dólares, ou seja, cerca de 2.500 dólares para cada habitação.

3.4 Projeto Mihras-Peru

LOCAL: DISTRITO DE LA ARENA, EM PIURA, NORTE DO PERU

INSTITUIÇÃO: FUNDAÇÃO MIHRAS - INTERNACIONAL (MOVIMENTO INTERNACIONAL PARA A REALIZAÇÃO DO HABITAT SOCIAL), CAL (COMITÊ DE APOIO LOCAL), GOVERNO PERUANO (ATRAVÉS COOPERAÇÃO PARA DESENVOLVIMENTO DE PIURA)

AUTORES: ARQ. EMÍLIO LUISIONE, ARQ. ELISEO GUSMÁN NEGRÓN (PERU), ARQ. ANTÔNIO AUGUSTO BEDRIKOW (BRASIL)

DATA: ABRIL/1983

FONTE: DIRIGENTE CONSTRUTOR, (1990).

Introdução:

O projeto teve início de implantação após uma grande inundação provocada por chuvas ininterruptas decorrente do fenômeno da Corrente do Niño no Pacífico, durante novembro de 1982 à maio de 1983, na região de Arena, em Piura, desabrigando 600 famílias, aproximadamente 2.500 pessoas. Coincidentemente, na mesma época criou-se a Fundação MIHRAS-Internacional (Movimento Internacional para a Realização do Habitat Social) com a finalidade de promover e apoiar cooperativas, grupos ou associações que realizam a construção de um Habitat social baseado na dinâmica de desenvolvimento integrado de comunidades. Os contatos estabelecidos com MIHRAS-Internacional foram efetuados pelo arquiteto Luisione, responsável por convênios na América Latina.

Metodologia

A metodologia se baseou em um conceito de desenvolvimento integrado da



comunidade fundamentalmente a partir dos recursos locais (materiais técnicos e recursos humanos). A metodologia empregada deveria atender a algumas condições básicas, como:

1. Conhecimento das condições locais, mediante uma presença permanente no local;
2. Controle das decisões da população afim de ter a garantia do cumprimento de seus objetivos.

Segundo DIRIGENTE CONSTRUTOR (1990), o desenvolvimento do trabalho foi de grande importância à participação do Comitê de Apoio Local (CAL), que composto por 6 moradores, coordenou as ações juntamente com a equipe do Projeto Mihras-Peru. O CAL teve papel importante em várias decisões, na organização da comunidade, na administração da produção.

O Projeto Las Malvinas contou ainda com a participação do Governo Peruano, por meio da Cooperação do Desenvolvimento de Piura, que se encarregou da parte de infraestrutura urbana.

Objetivos

Como objetivos do Projeto MIHRAS, pode-se enumerar os seguintes:

1. A busca de respostas de qualidade tanto arquitetônicas, técnicas como econômicas a problemática de assentamentos humanos estabelecendo-se vínculos entre o indivíduo, a família e a comunidade;
2. Investigar métodos construtivos, acessíveis a população utilizando-se o máximo de materiais, técnicas e recursos locais, realizando protótipos tanto das habitações como dos equipamentos comunitários;
3. Promover a organização de atividades produtivas, para criar fontes de trabalho aos moradores da região;
4. Implementar uma adequada rede de serviços básicos de saúde, educação, capacitação de profissionais;
5. Fomentar atividades culturais, esportivas, recreativas e desenvolver uma coordenação inter-institucional orientada a racionalizar ações com um planejamento adequado.

Sistema Construtivo

Foram analisadas as habitações locais com a finalidade de compreender os



usos, costumes, desenhos e necessidades da população em quanto à utilização de áreas, funções, sistemas construtivos, orientação, ventilação e insolação.

A pesquisa permitiu selecionar alguns materiais idôneos e ao alcance da população, assim a equipe MIHRAS-PERU pôde desenvolver um sistema construtivo aplicável à autoconstrução, apropriado aos recursos naturais da região; aos abalos sísmicos; ao clima e aos costumes tradicionais, quando retoma técnicas basicamente ancestrais (adobe, “quincha” e o bambu), porém inovando, racionalizando a produção e melhorando a qualidade e a resistência dos materiais.

De modo geral, a construção baseia-se em 6 princípios fundamentais:

1. Dar uma resposta econômica e de qualidade à problemática de assentamentos populares;
2. Adequação as condições locais (terreno, clima, topografia);
3. Utilização de materiais locais e de fácil acesso otimizando seu uso;
4. Uso de técnicas construtivas locais, inovando e racionalizando a produção;
5. Possibilidade de utilização de mão-de-obra local mediante um curto processo de capacitação, tornando possível sua aplicação em autoconstrução e mutirão;
6. Tornar possível, a partir da produção de materiais aplicáveis à construção, a criação de fontes de trabalho.

Segundo LUISIONE et ai (1989), a pesquisa de materiais, localização e desenvolvimento dos processos de extração, produção e aplicação, duraram cerca de 3 meses. A seleção dos materiais foi feita através de ensaios, estudos das vantagens e desvantagens. A construção foi facilitada pelo fato da região ser rica em bambus de grandes diâmetros, barro, cal, gesso e casca de arroz e por outro lado, a população tem conhecimento do manejo de trançados de bambu e caniço, pois a região era conhecida pela fabricação de cestas. As paredes foram feitas com estrutura de bambu e caniço, recobertos com barro (taipa), recebendo maior proteção nas bases, com fundação em adobe estabilizado ou concreto. Posteriormente, as paredes receberam acabamento em gesso, permitindo que recebessem uma pintura.

O sistema de cobertura foi feito em forma de pirâmide, onde o elemento estrutural é composto por quatro vigas de bambu que funcionam como travamento das paredes. O fechamento da cobertura foi feito como uma grande cesta de bambu trançada. A grande cesta foi coberta externamente com cimento, areia, gesso e cal. Internamente, recebeu só gesso, garantindo a vedação e o acabamento sem provocar excesso de peso. A estrutura é modular com dimensões de 3,30 x 3,30 m, utilizando-se bambus de 7 m de comprimento.



Os tetos foram pré-fabricados no canteiro e os módulos foram compostos de acordo com o cômodo, um para cada quarto, dois para a sala e assim por diante. A pirâmide possui 80 cm de altura no vértice, chegando a 3,20 m o pé-direito, a partir do centro da cobertura. Segundo DIRIGENTE CONSTRUTOR (1990), para garantir um bom desempenho térmico, utilizou-se o sistema Venturi, que aproveita o vento para extrair o ar aquecido do interior. Sobre a cúpula foi instalado sistema de ventilação (chapéu de palha).

A primeira área executada foi o núcleo social, de 800 m² de área construída, depois os outros equipamentos sociais, como sala de reuniões, creche, grupo escolar, posto de saúde, oficinas, escritórios administrativos e residência dos técnicos.

Segundo DIRIGENTE CONSTRUTOR (1990), mesmo mostrando vantagens (tanto que o trabalho já está em desenvolvimento em outros assentamentos), o Projeto Mihras-Peru apresentou alguns problemas. A população aceitou com dificuldade os materiais locais, acreditando não serem duráveis. Também o formato do teto das habitações era associado às casas de passarinho. A população sem compreender que a cada nova região de intervenção do Projeto MIHRAS, haviam novas propostas de materiais e técnicas diferenciados, argumentando que as Universidades se limitavam apenas em implantar novas tecnologias inventadas. Este problema ainda é um fator agravante, o prejuízo causado pelas propagandas dos materiais nobres (ladrilho, concreto, ferro, etc),

Custos

A equipe técnica chegou a conclusão que deveria se evitar ao máximo a utilização de ferragem, pouco cimento e pouca madeira. Ficou comprovado, por exemplo, que o cimento de adobe ficava mais caro que o concreto, pois utilizava mais mão-de-obra. O revestimento do teto também passou a ter espessura menor, sem perder impermeabilidade, resultando um custo mais baixo e maior leveza.

3.5. Experiência Habitacional em Caldas

LOCAL: REGIÃO DE CALDAS - COLÔMBIA

INSTITUIÇÃO: PARTICULAR

AUTORES: ARQ. JAIME MOGOLLÓN SEBÁ E ARQ. GUSTAVO DIAZ CARDONA

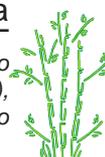
DATA: 1991

FONTE: MONGOLLÓN & DIAZ, (1991) ⁽¹⁾

Introdução.

O projeto foi implantado na região ocidental colombiana, zona cafeicultora, localizada entre as Cordilheiras Central e Ocidental, cuja temperatura oscila entre 15 a

⁽¹⁾ In: "Informes de la Constucción" (1991) - Concurso Iberoamericano - tema: "Construcción y Medio Natural". Colocação em primeiro lugar. Órgãos Financiadores do IV Concurso Consejo: Centro Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Madrid; Fundación MAFRE, Madrid; Secretaría General do Meio Ambiente (Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (MOPU), Madrid e Sociedad de Gestión de Viviendas (S.G.V.), Madrid.



24° C, e altitude entre 1.000 a 2.000 m. Esta área é considerada “classe A” em ocorrências de abalos sísmicos e erosão. De acordo com as características desta região, optou-se em utilizar madeira e bambu (recursos renováveis e de baixo gasto energético), assegurando-se à estrutura um desempenho adequado aos abalos sísmicos, haja visto o baixo peso e a alta flexibilidade do material. A proposta consiste ainda no aproveitamento de recursos naturais abundantes na região, através de um sistema normalizado de desenho e construção progressiva de habitações. Inspirado em tipologias espaciais e métodos de construção desenvolvidas nas regiões montanhosas colombianas, de Antioquia e Caldas, procurou-se introduzir melhoramentos na técnica construtiva, baseando-se nos avanços tecnológicos contemporâneos nos campos da arquitetura e engenharia, principalmente com a padronização, racionalização e a produção em série de componentes construtivos. O sistema proposto se apoiou em experiências obtidas com a construção de um bairro de habitações populares em Manizales.

Sistema Construtivo

Os requisitos principais que deveriam ser cumpridos no desenvolvimento do sistema construtivo foram: baixo custo; resistência e adaptabilidade à terrenos íngrimes, ou seja, construções leves para evitar a sobrecarga nos solos de grande declividade, adaptação do projeto ao terreno evitando grandes movimentações de terra, facilidade de crescimento dos módulos habitacionais e manejo adequado das águas pluviais.

Com relação a custos, pelo fato do bambu ser um material de alta resistência à compressão, portanto ideal para transmitir as cargas verticais, evita-se a necessidade de fazer grandes escavações e grandes estruturas de fundação, resistentes ao empuxo da terra, se ajustando facilmente ao declive do terreno.

Em relação aos abalos sísmicos, o baixo peso da construção diminui as forças de inércia resultante dos terremotos, transferindo ao solo cargas muito menores. O peso da construção deste sistema oscila entre 300 a 400 kg/m².

Durabilidade

A durabilidade, da mesma maneira que em construções de madeira, é em geral um dos pontos críticos para utilização do bambu como material para construção. No caso do bambu guadua, já existem muitos estudos que mostram com precisão o comportamento do bambu. Na Colômbia, nesta mesma região, a durabilidade excepcional deste material é comprovada, em construções existentes desde o começo do século, cujo sistema estrutural é composto basicamente por madeira e bambu.

No sistema proposto foram seguidos alguns cuidados necessários para utilização do bambu, como:

1. O reboco das paredes foi feito com argamassa de boa qualidade porém, devendo-se aplicar técnicas similares desenvolvidas para preservação de madeira, no



tratamento das “esterilhas” e dos bambus roliços. Seguiu-se o método tradicional de corte e secagem dos bambus para obtenção de melhores resistências e minimização dos riscos de deterioração por ataque de insetos.

2. Realização de inspeções frequentes nas áreas expostas a elevadas taxas de umidade.

Especificação dos materiais

Os bambus (*Bambusa angustifolia*) utilizados dividem-se em:

- Peças estruturais: de 10 a 12 cm de diâmetro (vigas e colunas);
- Peças para painéis e terças: de 8 a 10 cm de diâmetro;
- Esterilha: de 25 a 35 cm de largura.

As peças escolhidas devem, em qualquer um dos casos, ter mais de três anos de idade e estarem devidamente tratadas. O concreto utilizado pode possuir diferentes traços, segundo sua aplicação. Utilizou-se ainda pregos, arame e lâminas galvanizadas.

Características do Sistema

O sistema construtivo proposto se articula dentro de uma malha ortogonal, cujas unidades modulares são de 30 cm, tanto para os planos verticais quanto para os horizontais.

O sistema estrutural foi composto por entrepisos com vigotas de bambu, “esterilha” e argamassa de cimento, painéis auto-portante, estrutura de cobertura de guadua e fundação de concreto.

Fundação

Terrenos planos - Neste caso, a fundação foi executada com a concretagem de uma viga baldrame (30 x 30 cm) reforçada com material fibroso (feno). Neste caso, entre as vigas baldrames e as paredes, coloca-se uma ou duas fiadas de tijolos de barro ou bloco de concreto, recobrindo suas três faces com material impermeabilizante.

O piso para este tipo de fundação foi feito sobre uma base de terra compactada, com uma placa de concreto de 1:2:4, de 4 cm de espessura, reforçada com arame galvanizado formando uma malha ortogonal de 30 x 30 cm. Construíram-se, também, fundações em terrenos planos, mas elevados do solo.

Terrenos com declive - Para fundações em terrenos de declividade acentuada (até 45%), construiu-se também uma viga de concreto de 30 x 30 cm, deixando-se,



a partir da ferragem, esperas de ferro que permitiram fundir as bases de um bloco de concreto, onde se apoiaram os elementos verticais da estrutura.

O entramado de suporte do piso e de toda habitação deve armar-se em duas direções, anexando peças de contraventamento na parte inferior formando triângulos.

Em terrenos de grande declividade, para melhor estabilidade estrutural e maior resistência a abalos sísmicos, as estruturas das unidades habitacionais foram amarradas umas as outras, trabalhando como um único bloco.

Segundo MOGOLLÓN & DIAZ (1991), os pisos devem ser leves, admitindo-se possíveis deformações causadas pela facilidade de flexão das vigas de bambu, problema comum em todas estruturas de madeira.

Painéis

A altura básica de todos os painéis, de acordo com a malha, é de 8 módulos, ou seja, 2,40 m. A largura dos painéis depende de sua localização no sistema construtivo. Com o fim de evitar peças de ajustes, no fechamento do sistema espacial, alguns painéis tiveram dimensões maiores ou menores do que a especificada, principalmente com a variação dimensional das malhas de arame galvanizado encontradas no mercado.

Para a pré-fabricação dos painéis no canteiro de obras, foram utilizados bambu roliço, madeira serrada, “esterilha de bambu”, pregos, arames galvanizados, malha de galinheiro e argamassa de revestimento (cimento, areia e cal).

Foram utilizados elementos de contraventamento da estrutura dos painéis conformando, no mesmo plano, um “V” invertido, para atingir melhor estabilidade às cargas horizontais (vento e sismo).

Para controlar as deformações no plano vertical, utilizou-se ainda, uma soleira superior e uma inferior e peças de diagonais em todos os vértices formados pelos painéis.

Segundo MONGOLLÓN & DIAZ (1991), os painéis de fechamento de “bambu embutidos”, ou seja, totalmente preenchidos com barro entre as “esterilhas”, devem ser evitados por seu grande peso e alta fragilidade. Para construir casas de bambu e madeira, deve-se evitar fazê-las com mais de 2 pisos, uma vez que aumentando-se a altura, se eleva o centro de gravidade, o peso e a flexibilidade. Porém, pode-se chegar a três pisos de altura, utilizando-se “esterilhas” bem nivelada e estruturas modulares apoiadas uma as outras.



Construção dos painéis

Os painéis foram construídos a partir de uma ossatura de madeira serrada de seção de 8 x 4 cm, e de altura igual a 2,40 m com largura variável. A ossatura recebe montantes internos de bambu separados a cada 30 cm entre eixos. Nos painéis situados próximos as arestas colocou-se um contraventamento posicionado a 45° na direção horizontal.

Nos painéis “janelas” ou “portas”, coloca-se outra peça de madeira, a 30 cm da travessa superior, de seção 8 x 4 cm, reforçadas com peças de bambu.

Aos painéis, foram fixadas as “esterilhas” de guadua, tomando o cuidado para que a face brilhante ficasse voltada para o interior da parede, permitindo-se assim, a aplicação do reboco na face interior do bambu, cuja aderência à argamassa, é muito superior do que quando aplicada a face externa. A “esterilha” foi fixada à estrutura do painel com arames e pregos a cada 10 cm.

Construção das paredes

Posicionam-se os painéis, verificando sempre o prumo, sobre o contrapiso de cimento, em terrenos planos ou sobre o entrepiso, em terrenos inclinados. Deve-se iniciar a fixação dos mesmos, sempre por um dos vértices das paredes, formando com as diagonais “V” invertidos.

Os painéis foram fixados à soleira inferior com pregos galvanizados e, entre si, através de parafusos de 1/4" de diâmetro. Sobre os painéis coloca-se uma soleira superior ou viga de amarração, reforçando-se os vértices, com travessas diagonais a 45° de madeira.

Logo após a colocação das paredes, procedeu-se à forração dos painéis pelo lado interno da parede, recobrendo-se as mesmas com malha de galinheiro (5 x 5 cm) que são fixados à “esterilha” com pregos de 1/2". A malha é colocada somente quando os painéis estivessem totalmente fixados. A malha poderá ser fixada também ao pré-fabricar os painéis, observando-se que a mesma deve possuir dimensões maiores que as do painel,

Acabamento dos painéis

O reboco deve ser feito após a colocação da tela de galinheiro sobre as paredes, deixando-se juntas de dilatação, para evitar fissura. Deve-se seguir as seguintes etapas de revestimento:

- Primeiro, aplica-se à superfície argamassa de cimento, cal e areia na proporção de 1:1:5, de forma que cubra os interstícios da esterilla de guadua;



- Logo após 24 horas, se aplica o reboco final de 1,50 cm de espessura com a mesma massa;

- Nas áreas úmidas se recomenda adicionar a massa um produto impermeabilizante.

Instalações

A rede de instalações elétricas pode ocupar os espaços vazios entre os painéis, mas com prevenção contra incêndios, ou manutenção, recomenda-se que as instalações sejam feitas por fora dos painéis, fixando-os a estrutura por meio de braçadeiras. Da mesma maneira, procede-se à fixação das instalações sanitárias.

Barroteamento

Sobre a soleira, colocam-se as vigas (barrotes) de madeira serrada ou peças de bambu de comprimento igual ao vão a ser coberto. As peças foram distribuídas entre si a cada 30 cm. Este entramado pode ser coberto com lambris de madeira ou “esterilha”

A “esterilha” se for utilizada como piso, deve ser feito um reforço com arame galvanizado coincidindo-se com as linhas do módulo de 30 x 30 cm e recoberto com uma massa de cimento e areia. As bordas exteriores do piso foram cobertas com um friso de madeira.

Cobertura

Sobre a soleira superior, se colocam as terças de bambu. A forma e o diâmetro das peças de bambu foram definidas a partir do peso da cobertura, assim como os espaços entre os caibros, para receber as telhas. Semelhante ao barroteamento, as terças são fixadas à soleira superior e a estrutura dos painéis com pinos metálicos de 1/4". Utilizou-se na produção das casas, telhas de fibrocimento devido ao seu baixo peso, economia, rendimento em sua colocação e impermeabilidade.

Custo

De acordo com recentes experiências com este sistema construtivo o custo por m² foi avaliado em US\$ 51,62. Portanto, o valor médio de um módulo espacial de 10,89 m² é de US\$ 562,20.



3.6 Experiência Habitacional em Manizalez

LOCAL: MANIZALEZ, COLÔMBIA

INSTITUIÇÃO: INSTITUTO DE CRÉDITO TERRITORIAL

AUTORES: ARQ. JORGE HUMBERTO ARCILA E ARQ. GUSTAVO GUZMÁN

DATA: 1982

FONTE: GUZMÁN & ARCILA, (1982), SEGRE, (1991)

Introdução.

A implantação do projeto foi realizada em uma região montanhosa, cuja declividade média está próxima a 45%, com índice pluviométrico de 2.144 mm e de temperatura média de 17° C. Manizalez, região tipicamente produtora de café, possui aproximadamente 400.000 habitantes. Os arquitetos partiram do princípio do aproveitamento de recursos naturais existentes na região e como material predominante encontrou-se o bambu *Guadua* para a produção das unidades habitacionais por iniciativa do Instituto de Crédito Territorial, com o propósito de obter uma ocupação racional dos íngremes terrenos andinos. O projeto deve proporcionar, ainda, um sentido comunitário a seus moradores.

Planejamento

A área dos lotes por habitação foi dividida em 42 m². Sendo que, as habitações eram direcionadas às classes populares, o projeto visava a um desenvolvimento progressivo da célula mínima. O primeiro espaço produzido possui uma área de 14,50 m², composto por um banheiro, uma cozinha e a circulação. A primeira ampliação possível é de uma área de 17,50 m², deixando uma área para um pátio de 12,50 m². A segunda ampliação consistia na construção de dois quartos, somando-se 18,25 m².

A habitação mínima inicial tem uma área de 30,25 m², atingindo quando finalizada a construção uma área de 59,00 m².

3.7. Estrutura Espacial para Escola

LOCAL: FACULDADE DE CIÊNCIAS AGROPECUARIAS DE PALMIRA - COLÔMBIA

INSTITUIÇÃO: SECRETARIA DE INTEGRACIÓN POPULAR DE LA PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA, CENTRO DE INVESTIGACIÓN DEL BAMBU - CINBA

AUTORES: ARQ. OSCAR HIDALGO LOPEZ

DATA: 1978

FONTE: HIDALGO, (1978), HIDALGO, (1981)

Introdução

O Centro de Investigación del Bambu experimentou novas estruturas de co-



bertura composta por vários módulos espaciais tridimensionais para construção de galpões, escolas, etc. A cobertura proposta tem grande estabilidade estrutural, é leve e fácil de construir, podendo ser pré-fabricada no solo e transportada para montagem, montada sobre uma estrutura portante, formada por colunas e vigas de madeira ou bambu. Enfim, esta estrutura permite construir ou cobrir vários tipos de edificações modulares, com um mínimo de custo e de tempo, Os protótipos foram construídos na Faculdade de Ciências Agropecuárias de Palmira na construção de um modelo de sala de aula para escolas rurais, no qual se utilizam 4 armaduras, módulos espaciais de 2 m de largura e 8 m de comprimento, com resultados muito satisfatórios.

Vantagens

As principais vantagens para a aplicação de uma cobertura espacial para a construção da escola foram:

1. Permitiu a pré-fabricação no canteiro de obra paralelamente à fabricação da estrutura portante, otimizando a produção e reduzindo os riscos de acidentes;
2. A construção da estrutura de cobertura foi facilmente executada por mão-de-obra não especializada;
3. O baixo custo para montagem decorre, principalmente, da grande disponibilidade de recursos naturais (bambu) nas proximidades da obra;
4. O sistema estrutural proposto é facilmente desmontável, podendo ser utilizado em construções temporárias ou de emergência;
5. São apropriadas para construções anti-sísmicas devido à resistência e a flexibilidade do material.

Sistema Estrutural

A escola construída possui 5 m por 8 m de comprimento, com uma área de circulação de 2 m de largura por 8 m de comprimento, totalizando uma área de 64 m². Para a construção da estrutura de cobertura utilizaram-se 4 módulos espaciais de forma triangular de 8 m de comprimento por 2 m de largura, e uma altura de 1,27 m, compondo um triângulo isósceles de 2,14 m de base, 1,27 m de altura e com 2 lados de 1,66 m. A estrutura é basicamente formada por 3 peças principais de 8 m, posicionadas paralelamente. Os módulos são apoiados sobre uma estrutura portante formada por 3 vigas paralelas de madeira de 6 x 20 cm, formando vãos de 2 e 5 m, apoiados sobre colunas de bambu.

As 3 vigas principais, dos módulos espaciais, devem ser cortadas com 9 metros de comprimento, para facilitar a movimentação da estrutura pelos extremos que depois serão cortadas após a montagem.



A estrutura deve ser montada sobre 4 suportes horizontais paralelos, elevados do solo pelo menos 30 cm para facilitar a execução das ligações.

Para a colocação da estrutura da cobertura sobre o edifício é necessário a utilização de uma grua. A fixação dos 4 módulos da estrutura, com a ajuda de 4 pessoas, durou 40 minutos.

Para o escoamento da água é necessário a colocação de calhas (metálicas, eternit ou de 1/2 bambu) ou a construção de uma estrutura intermediária para levar as águas pluviais à borda da cobertura. Pode ser construído colocando-se uma peça perpendicular à cumeeira dos módulos espaciais, unindo o centro da primeira a última cumeeira.

Posteriormente, coloca-se um suporte em forma de triângulo, para facilitar se fixar, coloca os montantes e as diagonais. A cobertura foi feita com argamassa de cimento e areia na proporção de 1:2. A “esterilha” recebeu primeiro uma pasta plástica (cimento e areia bem líquido), deixando secar. Antes de aplicar a camada mais espessa de argamassa, deve-se umedecer muito bem a superfície com água. Aplica-se, então, a massa com a mão, pressionando-a sobre a “esterilha”, para só depois ser nivelada com uma desempenadeira. O encontro da face intermediária do telhado com as demais faces principais deve ter os cantos arredondados para melhor escoamento da água.

3.8. Projeto Pindorama

LOCAL: PINDORAMA - SÃO PAULO

INSTITUIÇÃO: PARTICULAR

AUTOR: ARTISTA PLÁSTICO JOSÉ JOAQUIM SANSANO

DATA: 1993

FONTE: SANSANO (1996)

Introdução

O edifício, um atelier, foi construído por um artista plástico utilizando-se basicamente 12 peças de bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*) de 8,50 m de comprimento. O sistema construtivo foi formado com peças de 15 a 20 cm de diâmetro compondo 2 triângulos invertidos de base de aproximadamente de 5,00 m. Como sistema de fechamento, utilizou-se argamassa armada e chapas de madeira. A construção possui aproximadamente 42 m² somando-se os 2 pavimentos.

Fundação

A fundação foi feita através de sapatas isoladas de 0,50 x 0,50 cm, apoiadas



diretamente sobre o solo. As primeiras peças de bambu foram fixadas no concreto através de esperas de ferro. Porém, pela dificuldade de execução, foram eliminadas as esperas e o bambu foi apenas engastados no bloco de concreto.

Na execução das sapatas, afim de evitar a penetração de água pela interface entre o bambu e o concreto, sugere-se que seja feita uma superfície inclinada com material impermeabilizante.

Estrutura

O sistema estrutural foi composto por 12 peças de diâmetro aproximado de 15 a 20 cm e de comprimento de 8,50 m, cuja interseção entre estas formaram-se 2 triângulos invertidos de base aproximada de 5 m. A circulação entre os pavimentos é feita através de uma escada de marinheiro.

As ligações foram executadas através de parafusos galvanizados, sem a utilização de concreto no interior dos colmos; perfurados. Para a sustentação do piso foram utilizados pilaretes de madeira e cunhas de madeira parafusadas na estrutura principal de bambu, servindo de apoio aos barrotes. A seguir foi fixado o assoalho de madeira.

Utilizou-se nas ligações, peças de borracha entre os bambus e entre a arruela e o bambu, pois segundo SANSANO, os bambus não resistem a grandes impactos entre as peças, ou seja, não resistem a grandes esforços perpendiculares às fibras (baixa resistência ao cisalhamento), assim como, contato direto do parafuso com o bambu.

Segundo SANSANO (1996), os orifícios e rachaduras nas peças de bambu devem ser preenchidos com silicone ou borracha, para evitar que os insetos penetrem pela camada mais resistentes do bambu. Deve-se manusear os bambus com muito cuidado, pois uma vez fissurados começam os problemas.

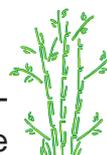
Cobertura

A cobertura foi sustentada por 4 pilares de madeira 6 x 12 cm, apoiada em uma viga de 6 x 6 cm que trava a ligação da estrutura principal de bambu. Os caibros de madeira foram parafusados aos extremos dos bambus, com o auxílio de peças de ajuste de madeira fixadas no interior dos colmos de bambu.

Vedação

A vedação do pavimento térreo foi feita em alvenaria e argamassa armada. A tela de arame galvanizado foi fixada aos bambus por barras de ferro através da perfuração dos mesmos e rebocados com argamassa de cimento.

Segundo o proprietário, alguns problemas foram detectados devido à secagem muito rápida da argamassa armada, em função da incidência direta do sol na face



Norte, resultando fissuras, entre o bambu e o concreto, ocasionando a penetração de água no interior da construção. As fissuras foram preenchidas com uma faixa de material asfáltico, formando uma junta de dilatação. Não se constatou o mesmo problema na face sul. O fechamento do pavimento superior foi feito através de chapas de compensado e lambris de madeira.

Esquadrias

Esquadrias do pavimento térreo foram feitas com bambu e madeira. Os vidros foram encaixados em peças de madeira e fixadas por pequenas peças roliças de bambu.

Tratamento

As peças de bambu foram tratadas, por pincelamento, com Pentoxin e óleo Diesel. Constatou-se, durante a visita ao local, que algumas peças de bambu foram atacadas por cupim, indicando a insuficiência do tratamento por pincelamento. Da mesma maneira, notou-se que as peças de madeira foram atacadas primeiro do que as peças de bambus tratados.

Devido as grandes irregularidades nas peças de bambu, pode-se prever dificuldade na modulação e racionalização da produção, principalmente durante o processo de vedação, devendo-se, portanto, dedicar uma atenção especial ao desenvolvimento de detalhes de projeto que levem em conta os problemas de interface e de produção em larga escala.

3.9. Construção de um protótipo em São Carlos

LOCAL: SÃO CARLOS - SÃO PAULO

INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP, ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS - EESC,
LABORATÓRIO DE MADEIRAS E ESTRUTURAS EM MADEIRAS - LAMEM

AUTOR: ENG. CIVIL VALENTIN MAMANI CORDERO, PROF. TITULAR JOÃO CÉSAR HELLMEISTER
(ORIENTADOR)

DATA: DEZ 1/1989

FONTE: DISSERTAÇÃO DE MESTRADO - MAMANI & HELLMEISTER, 1989

Introdução

Este projeto foi elaborado e construído dentro do desenvolvimento da Dissertação de Mestrado de MAMANI (1989), sob a orientação do professor titular João César Hellmeister, em 1989, na EESC-USP. O trabalho "Painéis de Bambu - Argamassa" teve dois objetivos: conhecer novas técnicas de sistemas construtivos utilizando bambu e estimular novas pesquisas para melhorar a utilização do mesmo como material para construção. Para a pesquisa utilizou-se basicamente 3 materiais: madeira, bambu e argamassa.



Protótipo

O protótipo foi construído para avaliar um sistema construtivo em condições reais de ocupação, e analisar os problemas de bambu e argamassa, do ponto de vista tecnológico, morfológico e funcional.

Os componentes foram parcialmente pré-fabricados no (LaMEM). A mão-de-obra foi constituída por carpinteiros, no Laboratório, e no canteiro, por um pedreiro e um servente.

O volume de madeira serrada foi de 1,80 m³ de bambu, 3,50 m³ e de argamassa 2,00 m³. A área total do protótipo foi de 18,00 m².

Tratamento

Utilizou-se o método banho frio em tambor aberto em função do custo benéfico, empregou-se um preservativo hidrossolúvel classificado quimicamente como CCA tipo A (arseniato de cobre cromatado), em solução a 3%. O bambu adquiriu coloração esverdeada. O mesmo processo foi utilizado para madeira serrada.

Fundação

O alicerce foi feito com uma largura de 20 cm, profundidade de 40 cm e uma elevação do solo de 15 cm. A fixação dos painéis foi feita através de parafusos chumbados, com esperas de 20 cm de comprimento, nos eixos de alicerce, com espaçamento de 1,50 m. Segundo MAMANI et al. (1989) foi necessário a colocação de uma manta asfáltica. sobre o alicerce, para evitar a absorção da umidade do solo pelos painéis. .

Estrutura

O sistema estrutural foi formado por uma grelha de madeira de Eucalipto, semi industrializada (pré-cortada) e pré-fabricada. A grelha foi montada no chão, utilizando montantes verticais a cada 55,00 cm de distância, com seções de 2,50 x 8,00 cm e comprimento máximo de 2,45 m. A ossatura dos painéis é pregada em soleiras já fixadas sobre o alicerce através dos parafusos de ancoragem.

Montagem dos painéis

Foram preparados 6 painéis externos e 1 painel interno: 3 painéis cegos; 2 painéis de janela e 1 painel porta. A sequência de montagem destes painéis foi:

1. fixação das soleiras inferiores nos parafusos de ancoragem sobre o alicerce já impermeabilizado;
2. localização dos painéis;
3. fixação do 10 painel pelo canto oposto ao acesso;



4. os painéis foram fixados com o mínimo de pregos para permitir possíveis ajustes;
5. colocação da soleira de amarração;
6. montagem das empenas, oitões e viga vierendel;
7. após a verificação do alinhamento, foram pregadas as terças (5,00 x 8,00 cm), espaçados em 1,20 m;
8. fixação das telhas de fibrocimento com inclinação de 15°.

Revestimento dos painéis

As peças utilizadas como revestimento foram de 2,40 m, em forma de tábuas de bambu “esterilhas”, com dimensões aproximadas de 2,00 x 3,00 x 0,05 m. O bambu utilizado foi a espécie *Dendrocalamus giganteus*. As “esterilhas” foram pregadas de forma horizontal acima do papel asfáltico por pregos (15 x 30) distanciados de 8 a 10 cm sobre os montantes verticais e amarrados por arame nº 8. A pregação iniciou-se pelos cantos deixando para fora a parte interna do bambu.

A amarração das “esterilhas” com arame, além de proporcionar maior fixação do bambu à ossatura, aumentou a resistência às fissuras que aparecem na argamassa de revestimento devido a contração produzida ao secar.

A argamassa de revestimento iniciou-se nas paredes interiores, aplicando 3 camadas: chapisco, emboço e reboco. A camada de chapisco cria condições de aderência. Esta foi aplicada sobre a superfície previamente umedecida para melhorar a impregnação da nata do aglomerante e o endurecimento subsequente, criando uma superfície rugosa. O chapisco deve ser excessivamente rico em cimento 1: 2 - cimento e areia grossa.

O emboço é a primeira camada de revestimento, cuja função é regularizar a superfície de base, deve-se aplicar pressão com a desempenadeira, deslocando-a de baixo para cima, mantendo a superfície rugosa para permitir aderência da segunda camada, o reboco.

O reboco foi aplicado 3 dias após o emboço com um acabamento fino. O acabamento da face externa da habitação iniciou-se quando a face interna estava quase seca, da mesma maneira, mas deixando sem reboco uma faixa na parte superior de todos os painéis, para evitar a condensação da umidade no interior dos painéis. A cura dos painéis foi feita em 14 horas molhando-as com água, gradativamente. As paredes receberam uma proteção com uma pintura a base de cal, cola e óleo, tanto internamente quanto externamente.

Esquadrias

Para se colocar as esquadrias, deve-se verificar se os vãos estavam bem



esquadrejados para se evitar frestas ou trincas com a colocação destas. A soleira inferior foi cortada para a colocação do batente da porta.

Problemas e observações

De acordo com o autor, apareceram algumas fissuras no primeiro mês, tanto na vertical na horizontal, mas só na face externa.

Foram assinaladas algumas possíveis causas:

- Instabilidade volumétrica do bambu com a variação da umidade, por ser um material anisotrópico, sendo diferente da contração da argamassa como material isotrópico, especialmente quando se tem insolação direta.

- Com a absorção pelo bambu da água da argamassa de revestimento, a cura foi prejudicada diminuindo a aderência entre o bambu e a argamassa.

3.10 Pesquisas de utilização do bambu.

Será apresentado, a seguir (TABELA 1 e 2), um panorama tecnológico de construções com bambu em nível internacional e nacional, com os autores das respectivas experiências realizadas. Será abordada uma síntese da produção científica e das construções experimentais mais importantes, desenvolvidas em países onde se faz tradicional a utilização do bambu, como: Colômbia, Peru, Venezuela, Equador, Indonésia, Japão, Índia, Alemanha; Costa Rica; Argentina; Canadá; Brasil e Holanda.



TABELA 1 - PESQUISAS DESENVOLVIDAS FORA DO BRASIL

| LOCAL | INSTITUIÇÃO | PROFISSIONAL | PRODUÇÃO/ÁREA DE PESQUISA |
|-------------------------------|--|--|--|
| Colômbia - Bogotá | 1.- Universidad Nacional de Colômbia | Arq. Oscar HIDALGO Lopez | Caracterização física e mecânica; |
| | 2. - Centro de Investigación del Bambu | | Estudos sobre tratamento, espécies, cultivo, manejo e construções de habitações |
| Caldas y Antioquia - Colômbia | | Arq. Jaime MOGOLLÓN Sebá e Arq. Guatavo DÍAZ Cardona | Desenvolvimento de sistema construtivo. Implantação de conjunto habitacional |
| Cali - Colômbia | | Eng. Ag. Ximena Londoño | Estudo biológico dos bambus |
| Caldas - Colômbia | | Arq. Simón VELEZ | Construção de alto padrão |
| Manizales - Colômbia | Instituto de Crédito Territorial | Arq. Maria Eugenia Rojas de M. | Desenvolvimento de sistema construtivo |
| | | Arq. Gustavo Gusmán Rojas | |
| | | Arq. Jorge Humberto Arcila Lozada | |
| San José - Costa Rica | Fundação Nacional del Bambu | Arq. Ana Cecília Chaves | Desenvolvimento de sistema construtivo Produção de 200 casas/ano Treinamento p/ técnicos e profissionais Estudo de propriedades físico/mecânica Pesquisa sobre preservação Estudo de comportamento e capacidade estrutural dos componentes e ligações |
| | Universidad de Costa Rica | Eng. Arnaldo Vindas | |
| | | Arq. Guillermo González | |
| | | Eng. Arturo Venegas | |
| | | Eng. Francisco Rodríguez | |
| Eng. Andrei Bourrou V. | | | |
| Caracas - Venezuela | | Arq. Fruto Vivas | Habitação com bambu |
| Tucumán - Argentina | Universidad Nacional de Tucumán | Arq. Horácio Saleme | Estruturas em bambu |
| | | Arq. Susana C. de Viruel | |
| Piura - Peru | Grupo Mieras-Peru | Arq. Emilio LUISIONE | Desenvolvimento de sistema construtivo |
| | | Arq. Eliseo Gusmán Negrón | |
| | | Arq. Antonio Augusto Bedrikow | |
| Ottawa - Canadá | Internacional Development Research Centre - IDRC | Gilles Lessard | Caracterização física/mecânica |
| | International Union of Forestry Research Organizations - IUFRO | Amy Chouinard | Estruturas de bambu |
| Hamburg - Alemanha | International Union of Forestry Research Organizations - IUFRO | Eng. W. Liese | Anatomia do bambu |
| | | | Estudo sobre preservação |
| Kassel - Alemanha | Universidad Kassel | Eng. Arq. Antonio MARIDUEÑA del Pozo | Estudo de detalhes construtivos |
| | | | Modelos construídos |
| | | | Ensaio exp. em Estrutura espacial |
| | | | Ligações com metal |
| | | | Estudo de arcos |
| Construção de protótipos | | | |
| Bhagalpur - Índia | Bhagalpur College of Engineering | Eng. Mec. R. N. Das | Ligações em treliças de bambu |
| Dehradun - Índia | Forest Reserarch Institute - ICFRE | Eng. Harendra Nath Mishra | Uso estrutural do bambu |
| Província de Galera - Equador | Unicef | Arq. Jorge Moran Ubidia | Desenvolvimento de sistema |
| | Tecno Habitat Ministério do Bienestar Social | | |
| Guayaquil - Equador | Universidad Laica Vicente Racafructe de Guayaquil | Arq. Antonio Loo S. | Bambucreto Estudo de ligações Exp. C/ composição do reboco p/ painéis de bambu Projeto de detalhamento de ligações Levantamento histórico da utilização do bambu na construção habitacional no Equador |
| | | Arq. David Nuremberg | |
| | | Eng. Jorge Salomán Hurtado | |
| | | | |
| Portoviejo - Equador | | Arq. Abner Hernández | Compilação de componentes construtivos Estudo de painéis Estudo do manejo correto dos quadrais Habitação rural Desenvolvimento de sistema construtivo |
| | | Arq. Ana Lucia Gaviria | |
| | | Eng. Jorge Vizcarra Torres | |
| | | Eng. Enrique Lozada | |
| | | Arq. Douglas Dreher A | |

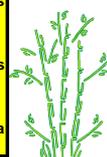


TABELA 2 - PESQUISAS DESENVOLVIDAS NO BRASIL

| LOCAL | INSTITUIÇÃO | PROFISSIONAL | PRODUÇÃO/ÁREA DE PESQUISA |
|-------------------------------|--|---|--|
| Bauru - São Paulo | Universidade do Estado de São Paulo - UNESP | Prof. Eng. Agr. Marcos Ant. Pereira | Sistema de irrigação Construção habitacional |
| Bauru - São Paulo | Universidade do Estado de São Paulo - UNESP | Prof. Eng. Agr. Marcos Ant. Pereira Tecnólogo mec. Ivaldo de D. Valarelli Tecnóloga mec. Geovanna F. Amorim Eng. Mec. Marcos T. Tibúrcio | Projeto global: Estudo de aplicabilidade e desenvolvimento de técnicas de produção de produtos em forma de painéis, a base de bambu para emprego na indústria moveleira e na construção civil. |
| Belo Horizonte - Minas Gerais | Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG | Prof. Eng. L. Esutáquio Moreira | Ligações estruturais |
| Belo Horizonte - Minas Gerais | Diretoria da Relevô - Consultoria e Projetos | Arq. Denise Morado | Estudo de ligações e estruturas espaciais |
| São Carlos - São Paulo | Universidade de São Paulo - USP e LaMEM | Arq. Valentin Mamani Cordero | Trabalho de aperfeiçoamento de sistemas construtivos |
| Campinas - São Paulo | Universidade de Campinas - UNICAMP | Prof. André Munhoz A Ferrão | Aderência do bambu no concreto e construções rurais |
| Campinas - São Paulo | Universidade de Campinas - UNICAMP | Prof. Wesley Jorge Freire Prof. A L. Beraldo | Utilização de fibras de bambu e bambucreto |
| Campinas - São Paulo | Instituto Agrônômico de Campinas - IAC | Eng. Agr. A Azzini Eng. Agr. Luiz A B. Salgado | Propagação, caracterização, aplicação e tratamento do bambu |
| Assis - São Paulo | | Hélio de Souza Dias | Construção habitacional |
| Pindorama - São Paulo | | Artista plástico José Joaquim Sansano | Construção habitacional |
| Campina Grande - Paraíba | Universidade Federal da Paraíba - UFPB | Prof. Normando Perazzo Barbosa | Fibras de bambu no concreto e na taipa |
| Fortaleza - Ceará | GRET - Groupe de Recherche e D'Echanges Technologiques COHAB - Comp. De Hab. Do estado do Ceará Centro Internacional de Investigación y Aplicación tierra CRATerre America Latina Governo do estado - Sec. De Des. Urbano e Meio Ambiente | | Desenvolvimento de sistemas construtivos Bambucreto Estruturas espaciais Lligações estruturais |
| Rio de Janeiro - RJ | Pontifícia Universidade Católica - PUC-Rio | Prof. Eng. K. Ghavami | Estruturas espaciais, Ligações estruturais e Bambucreto |
| Rio de Janeiro - RJ | Pontifícia Universidade Católica - PUC-Rio | Prof. Arq. J. L. M. RIPPER | Equipamentos para deficientes físicos |
| Rio de Janeiro - RJ | Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ | Arq. Regina Bienestein | Habitação popular e taipa com bambu |





CAPÍTULO IV

MEMORIAL DA CULTURA IN- DÍGENA

4. MEMORIAL DA CULTURA INDÍGENA.

4.1 FICHA TÉCNICA DA OBRA.

PROJETO ARQUITETÔNICO: **ARQ. DAVID REES DIAS.**

PROJETO ESTRUTURAL E CÁLCULO: **ENG. CIVIL EDSON DE MELO SARTORI.**

PROJETO HIDRO-SANITÁRIO, ELÉTRICO E TELEFÔNICO: **ENG. CIVIL HELENA CISOTTO SARTORI.**

ADEQUAÇÃO TECNOLÓGICA: **ENG. CIVIL EDSON DE MELO SARTORI E ARQ. RUBENS CARDOSO JUNIOR.**

ACOMPANHAMENTO DA OBRA: **ARQ. RUBENS CARDOSO JUNIOR.**

DURAÇÃO DA OBRA: **88 DIAS (INÍCIO: 3/JUNHO/99, TÉRMINO: 30/AGOSTO/99)**

OPERÁRIOS ENVOLVIDOS: **UM MESTRE DE OBRAS E 33 OPERÁRIOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (CARPINTEIROS, SERVENTES, PEDREIROS, ENTRE OUTROS).**



FIGURA 25 - MEMORIAL DA CULTURA INDÍGENA (FACHADA).
FOTO: ARQ. RUBENS CARDOSO JR.

4.2 HISTÓRICO.

O autor do Projeto, Arquiteto DAVID REES DIAS, desenvolveu em seu Trabalho de Graduação, na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UNIDERP, o MEMORIAL DA CULTURA INDÍGENA, e após dois anos de formado, realizou o sonho de todos nós, que é ver concretizado este trabalho.

“Diagnosticada a raiz do problema e tendo uma solução teoricamente definida, num programa de necessidades, chegou o momento de projetar os espaços. A partir daí, passei a pesquisar as habitações indígenas brasileiras e fiquei surpreso com as consideráveis dimensões que alcançavam algumas dessas moradias. Sem se utilizar de pregos ou parafusos os índios são capazes de levantar grandes e espaçosas estruturas cobertas de palha.”¹ (...) “Estas estruturas são em geral arredondadas e sugerem uma analogia com os morros e as serras da paisagem, o que muito me chamou a atenção.” DIAS, D. R. (1996) – *Núcleo de Produção Rural. Campo Grande/MS. (Monografia de Graduação – FAU-UNIDERP).*



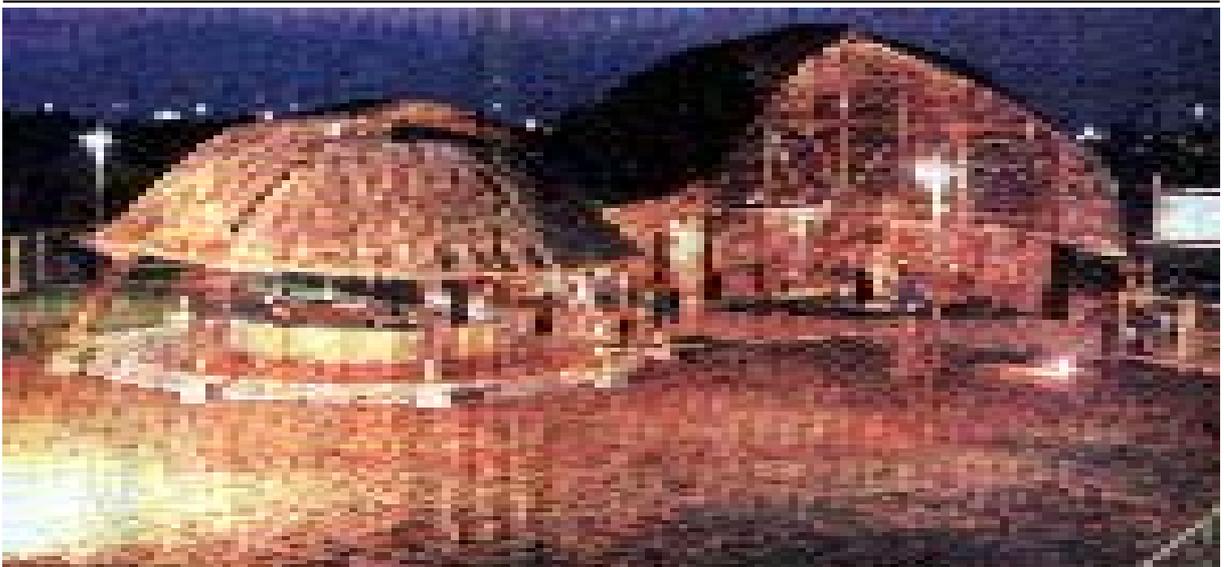


FIGURA 26 - MEMORIAL DA CULTURA INDÍGENA (VISTA NOTURNA).
FOTO: ARQ. RUBENS CARDOSO JR.

Ele está localizado na cidade de Campo Grande/MS., no Loteamento Marçal de Souza, única aldeia indígena urbana do país, e tem a finalidade de atender esta comunidade em exposição e área para trabalho com artesanato.

É composto por duas edificações, com área total de 365,00 m², em forma de cúpula, resgatando como tipologia formal as ocas indígenas amplas, com planta circular e cobertura curva. A oca maior tem planta circular seccionada em um quarto da área do círculo, formando nesta parte, um jardim externo na fachada principal do prédio.

Esta circunferência tem 8,40 m de raio entre paredes e 11,00 m de raio entre os apoios externos dos arcos, e uma altura no centro, com 8,40 m apresentando um mezanino com 1/3 da área em planta, onde fica a área de acervo das peças expostas, e sob o qual funcionam a recepção e os banheiros. O restante da área interna, formando um meio círculo com pé direito variando de 2,20 m junto à parede, até 8,40 m no centro é destinado à exposição.

A oca menor, com planta circu-

lar, aberta em toda a lateral, tem um raio de 5,25 m e uma altura de 5,25 no centro da cobertura, com bancada e bancos sob a cobertura de palha, ligada à maior por uma circulação também coberta de palha é destinada ao uso de oficina de artesanato para uso da população local.

O projeto original do Memorial foi idealizado para ser em Estrutura Metálica, mas seu alto custo inviabilizou. A Prefeitura Municipal, através de seu Prefeito, e por indicação do autor, resolveu implantar o Memorial em bambu e palha, não só pelo custo, mas por se tratar de concepção arquitetônica mais apropriada para uma aldeia indígena.

Em nossa região (Mato Grosso do Sul) a cultura indígena na construção, está voltada para a utilização do bambu e da palha, por ser de fácil obtenção na sua área de habitação. O cerrado e pantanal Sul Matogrossense tem uma variada e abundante plantação nativa de várias espécies de bambu (*Guádua Angustifólio*, *Dendrocalamus Giganteus*, *Bambusa vulgaris variação vitata*, entre outros) e uma grande quantidade, também nativa de palmeiras de bacurí. Esta é o principal motivo que levou as autoridades municipais a utili-



zação do bambu na construção.

4.3 EXECUÇÃO DA OBRA.

4.3.1 FUNDAÇÃO E ESTRUTURA.

A fundação é convencional, feita na mesma inclinação da base da sapata, isto é, num ângulo de 35° (figura 27 e 28), com brocas na profundidade de 3,5 metros, Ø 25 mm, ferragem em espiral.



FIGURA 27
CONCRETAGEM DA BROCA
FOTO: ARQ. RUBENS CARDOSO JR.

Como o prazo para execução e entrega da obra foi muito curto, não foi possível fazer a envergadura do bambu (com



FIGURA 28
SAPATA, EM CONCRETO APARENTE.
FOTO: ARQ. RUBENS CARDOSO JR.

areia e fogo), foi tentado fazer a curvatura no chão, utilizando-se para isto, estacas fncadas e concretadas, dando o formato desejado, após, com cabo de aço e parafusos, forçar a inclinação. O bambu não resistiu a pressão e rompeu (figura 30). Para isto, foi desenvolvido uma luva metálica (fi-



FIGURA 29
DETALHE DA TENTATIVA DE FORMAR OS ARCOS
FOTO: ARQ. RUBENS CARDOSO JR.



gura 29), na inclinação desejada, dando o devido formato nas varas de bambu, formando a calota (formato de oca indígena). (figuras 31) Não houve tempo necessário para ensaiar esta luva e outros componen-

culada à inclinação no ângulo desejado.

Este arco metálico foi fixado em um único pilar central (figura 34), e recebeu todos os arcos, que foram sendo encaixa-



FIGURA 30
LUVA DE UNIÃO E INCLINAÇÃO DA CALOTA.
FOTO: ARQ. RUBENS CARDOSO JR.

tes metálicos, mas os cálculos e ensaios foram simulados no programa de computador SAP 2000, pelo calculista. Os cálculos e ensaios para concreto foram executados pelo programa de computador BUILDING S3.

dos nas luvas pré-dimensionadas (figuras 35 e 36).

Como foi mencionado em capítulos anteriores, o bambu não aceita pre-

Os arcos foram montados na superfície, e encaixados, na extremidade inferior, a uma luva, em forma de cachimbo, aparafusada na sapata (figura 32), e a extremidade superior, em um arco metálico, (figura 33) que também foi cal-

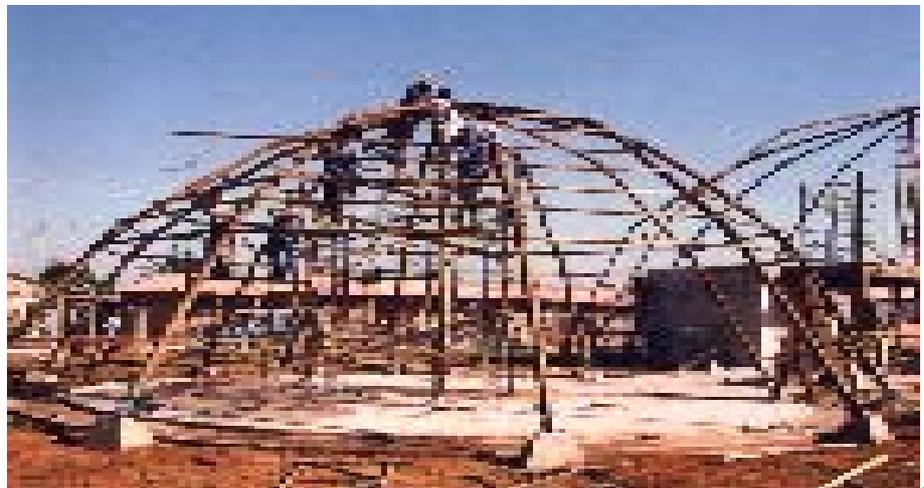


FIGURA 31
CALOTA (OCA MENOR).
FOTO: ARQ. RUBENS CARDOSO JR.





FIGURA32
LUA METÁLICA EM FORMA DE CACHIMBO
FOTO: ARQ. RUBENS CARDOSO JR.



FIGURA33
ANEL METÁLICO
FOTO: ARQ. RUBENS CARDOSO JR.



FIGURA 34
ANEL METÁLICO
FOTO: ARQ. RUBENS CARDOSO JR.



FIGURA 35
ANEL METÁLICO, JÁ COM A FIXAÇÃO DAS
VARAS DE BAMBU (ESTRUTURA)
FOTO: ARQ. RUBENS CARDOSO JR.

go, pois suas fibras não resistem. Como se pode ver na figura 37, foi utilizado parafuso de metro, para fixação de qualquer peça ou encaixe, entre as peças de bambu.

A espécie utilizada na super estrutura, flautas e vigas é do genero *Dendrocarnalus giganteus*, nome vulgar Bambu Gigante, com uma média de diâmetro entre 12 e 15 cm. Na cerca externa,



FIGURA 36
ANEL METÁLICO, JÁ COM A FIXAÇÃO DAS
VARAS DE BAMBU (ESTRUTURA)
FOTO: ARQ. RUBENS CARDOSO JR.

a espécie é o *Guadua angustifolius*, com nome vulgar de Taquarussú, muito encontrado em toda a região limítrofe ao pantanal Sul Matogrossense e no mesmo. O bam-



FIGURA 37
COLOCAÇÃO DOS PARAFUSOS.
FOTO: ARQ. RUBENS CARDOSO JR.

bu gigante nos foi fornecido por uma fazenda próxima a Campo Grande, 22 km (Fazenda Jaraguá) e o taquarussú, de uma cidade distante 230 km de Campo Grande (Dourados).



4.3.2 VIGAS.

A sustentação das vigas, foi feita através de “flautas” de bambu (figura 38), parafusadas em pilares concretados no



FIGURA 38
“FLAUTAS” DE SUSTENTAÇÃO DAS VIGAS (CONSOLE).
FOTO: ARQ. RUBENS CARDOSO JR.

baldrame, fazendo as vezes de console das vigas. As mesmas foram dimensionadas para sustentar a laje pré-moldada, e para-



FIGURA 39
VIGAS DE SUSTENTAÇÃO DA LAJE.
FOTO: ARQ. RUBENS CARDOSO JR.

fusadas em duas varas de bambu a cada 50 cm, e a ponta destes parafusos amarrados na malha da laje (figura 39).

4.3.3 FECHAMENTO E ABERTURAS

O fechamento das paredes foi feito em alvenaria convencional, utilizando-se tijolo cerâmico de 8 furos, pois não havia tempo ábil para a confecção de “esterilhas” (ver capítulos anteriores). As

aberturas foram pesquisados pelo autor do projeto arquitetônico para formarem desenhos de passos de danças da nação Terena, e confeccionadas no formato de cla-



FIGURA 40
DESENHOS FEITOS COM CLARABÓIAS DE BAMBU.
FOTO: ARQ. RUBENS CARDOSO JR.

rabóias de bambu, formando os desenhos (figura 40).

4.3.4 TRATAMENTO DO BAMBU.

O tratamento foi utilizado o método “Boucherie” sob pressão (ver capítulos anteriores), após o corte e cura do bambu. Foi utilizado também o fogo, para uma



FIGURA 41
TRATAMENTO E SECAGEM A BASE DE CHAMA, UTILIZANDO-SE MAÇARICO À GAS.
FOTO: ARQ. RUBENS CARDOSO JR.

melhor secagem, e para que a coloração amarelada que o bambu adquire após determinado tempo, fosse acelerada (figura 41). Também experimentamos o tratamento em bomba de vácuo, com uma aplicação de conservantes químicos, a uma pressão de aplicação de 30 libras por m³. Este método, como já foi descrito em capítulo an-



terior, não foi satisfatório, pois a pressão interna nos colmos do bambu é muito grande, e o mesmo “implodiu”, ocasionando rachaduras nas paredes internas. Este método foi feito apenas com a espécie “Taquarussú”.

4.3.5 COBERTURA



FIGURA 43
COLOCAÇÃO E CORTE DAS FOLHAS DE BACURÍ
FOTO: ARQ. RUBENS CARDOSO JR.

Assim como foi utilizado o bam-



FIGURA 44
COLOCAÇÃO E CORTE DAS FOLHAS DE BACURÍ
FOTO: ARQ. RUBENS CARDOSO JR.

bu, como característica natural, a cobertura foi executada em palha de bacurí, trançada, dando ênfase a arquitetura patrimonial indígena. A folha de bacurí é abundante na região de cerrado, e de fácil obtenção nas fazendas da região. A princípio, seria usado sapé, mas a maior dificuldade foi a de encontrar elemento humana que trabalha-se com esta folha.

Foram feitas seis camadas de folhas, trançadas três a três, entremeadas

com lona plástica entre elas, para maior segurança, e por cima, tela de arame, para dar o formato e manter fixa no lugar (figuras 42, 43 e 44).



FIGURA 42
COLOCAÇÃO E CORTE DAS FOLHAS DE BACURÍ
FOTO: ARQ. RUBENS CARDOSO JR.

4.4 FINALMENTE...

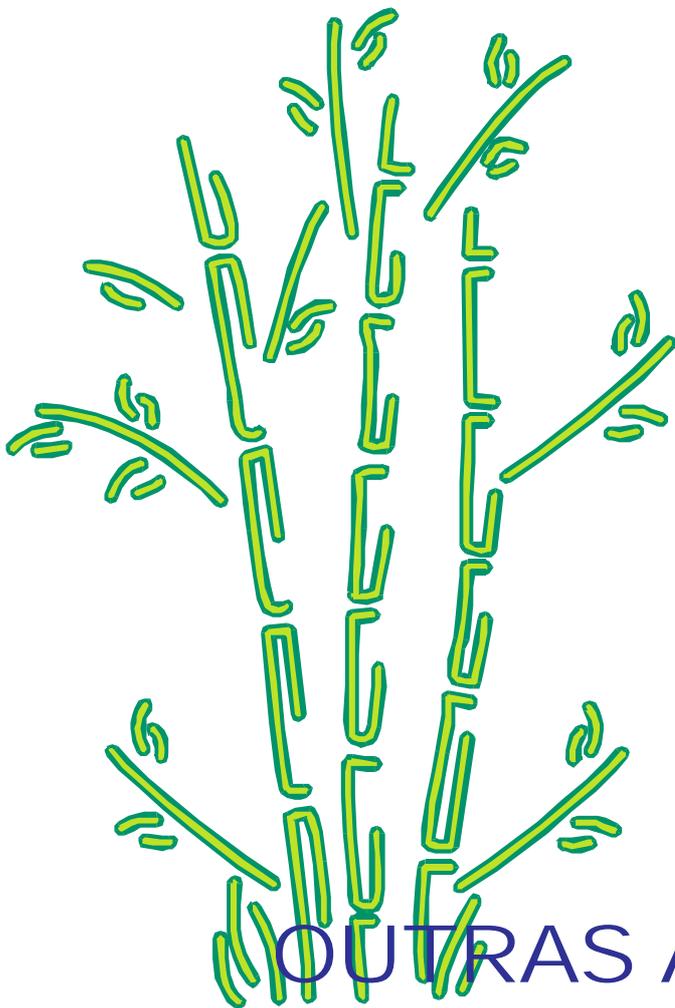
Esta obra foi a realização de vários sonhos: do autor, que viu seu trabalho de graduação ser transformado em realidade, minha, Rubens Cardoso Junior e do Edson de Mello Sartori, conseguimos vencer a maior barreira para quem constrói com bambu: A CULTURAL, que no nosso estado é muito forte, pois tem a cultura de só utilizar madeira maciça.

Quando da inauguração, com a presença de nosso mentor intelectual, Prof. Dr. Ghavami, da PUC-Rio, esteve presente, e nos deixou bem claro: “A oca construída em Campo Grande é a primeira obra significativa feita em bambu do país” (publicado no jornal Correio do Estado, no dia 4/set/1999, p. 9A), sentimos que a nossa vitória era maior ainda, pois estávamos defendendo uma posição de vanguarda para nosso estado.

Todos detalhes de cálculo, a parte de super estrutura, memorial de cálculo e outros itens referentes aos dados numéricos deste projeto, encontram-se na dissertação do Eng. Civil EDSON DE MELO SARTORI.







CAPÍTULO V

OUTRAS APLICAÇÕES

5. OUTRAS APLICAÇÕES

A seguir, mostrarei algumas fotos, sem pretensão de querer “aumentar” este trabalho, mas para demonstrar até aonde pode ir a execução de objetos ou utilizadas, com esta planta, que é uma “grama super desenvolvida”, demonstrando suas outras aplicações nos mais variados campos do conhecimento.



FIGURA 46 - MONTAGEM DE FOTOS

01 - SOFÁ FEITO COM BAMBU ROLIÇO (COSTA RICA 1999);

02 - LIGAÇÃO USANDO MADEIRA E RESINA EPÓXI (PUC-RIO 1998);

03 - ESCULTURA USANDO A RAÍZ DO BAMBU (COSTA RICA 1999);

04 - ENROLAGEM DE MOTOR ELÉTRICO, USANDO VARETAS DE BAMBU (CAMPO GRANDE 1998);

05 - ANDADOR PARA DEFICIENTE FÍSICO (RIO DE JANEIRO 1998);

06 - CAMA FEITA COM RIPAS DE BAMBU (COSTA RICA 1999);

07 - CERCA UTILIZANDO BAMBU ROLIÇO (CAMPO GRANDE 1999);

08 - AVIÃO “DEMOISELE” DE SANTOS DUMONT, FEITO COM BAMBU ROLIÇO (RIO DE JANEIRO 1999).

FONTE: ARQ. RUBENS CARDOSO JR.





CAPÍTULO VI

CONCLUSÕES

6. CONCLUSÕES

A exemplificação das principais construções em bambu, apresentou uma gama de alternativas com diferentes técnicas. A sua apresentação em forma de fichas, além de permitir a sistematização, facilita a leitura remetendo às ilustrações inseridas. O conjunto de exemplos analisados poderá na sua continuidade ser complementado com outros exemplos, acumulando assim, mais informações relativas à construção com bambu.

Foram, na literatura e nos contatos realizados com os pesquisadores e construtores várias obras. Certamente existem, principalmente nos países com tradição construtiva em bambu, outros exemplos que não constaram neste levantamento, mas dentro do objetivo de compilar alguns exemplos construtivos para formar um panorama das possíveis técnicas em bambu para construção, a quantidade levantada foi suficiente para obter indicativos para o projeto em bambu.

Dentro dos exemplos analisados, destaca-se a produção da Costa Rica, considerado atualmente, como um dos países mais desenvolvidos na produção de habitação de baixa renda com bambu.

A Costa Rica não possuía espécies adequadas de bambu para construção e portanto, nem a tradição de utilização, mas foi através da implementação de programa habitacional de 5 anos que se desenvolveu a tecnologia construtiva, atingindo grande êxito e credibilidade, junto a vários órgãos e instituições de pesquisa. Hoje em dia, a produção habitacional em bambu gira em torno de 200 casas por mês, as suas unidades apresentam desempenhos que atendem a todos os pré-requisitos exigidos pela ONU.

Como curiosidade, podemos destacar a primeira muda de bambu, que seu governante maior, em uma visita ao Brasil, se encantou com esta planta, e levou para a Costa Rica, a mais ou menos 15 anos atrás, daí, nascendo esta cultura e a FUMBAMBU - Fundação Nacional del Bambu.

Estes resultados, indicam que, existindo determinadas condições, como Programas Habitacionais de médio a longo prazo com estratégias bem definidas, o Brasil, possuidor das espécies de bambu mais indicadas para construção, apresenta um grande potencial para uma produção em larga escala, de habitações utilizando o bambu.

Concluiu-se, portanto, que é viável a implantação de um processo de produção, desde o plantio até a intervenção, em áreas urbanas carentes. Cabe acrescentar que esta técnica construtiva vem de encontro ao conceito mundial de sustentabilidade de produção, atendendo a aspectos ecológicos, de redução dos gastos energéticos, e



de melhor aproveitamento dos recursos naturais.

De acordo com a produção científica, pode-se observar que muito tem sido pesquisado e publicado sobre o comportamento físico e as propriedades mecânicas do bambu, cada vez mais possível, fazer a comparação entre os resultados. Cabe uma melhor divulgação da potencialidade do bambu e incentivo para a capacitação e formação de profissionais aptos, tirando partido das características favoráveis e suprimindo suas deficiências através da associação do bambu com outros materiais.

Dentre os problemas existentes, para o desenvolvimento da tecnologia de utilização de bambu, os seguintes temas foram levantados:

- Susceptibilidade ao ataque de insetos;
- Aderência em revestimentos aplicados sobre bambu (impermeabilização);
- Heterogeneidade entre as peças visando a padronização e otimização do material, estudando as possibilidades de pré-fabricação de componentes construtivos, para a produção em larga escala, em especial para a produção de painéis;
- Dificuldade na execução de ligações rígidas e estáveis, principalmente no uso do bambu estrutural.

A partir da literatura apresentada no Capítulo III e IV, foi possível extrair principais recomendações a serem consideradas na etapa de processamento, que se divide em: corte, secagem e tratamento.

A partir da análise das soluções adotadas nos projetos selecionados, foram propostos parâmetros e/ou diretrizes de projetos para a produção de componentes construtivos para habitação, abordando as diversas partes da construção: fundação; ligações estruturais; sistema de fechamento - painéis e coberturas.

A diretriz a ser colocada para fundações é adotar soluções que evitem a ascensão da umidade do solo por capilaridade para as peças de bambu. Pode ser feita tradicionalmente, com sapata corrida de concreto ou blocos estruturais, tomando-se o cuidado de impermeabilizar, principalmente a face de contato dos painéis com a fundação;

Quando se tratar de terrenos em declive, utilizando como solução pilotis de bambu, estes devem ser engastados no concreto com sua extremidade impermeabilizada, cuidando para que na sua interface não ocorra o acúmulo de água;

Ainda tratando-se de pilotis, estes devem receber uma maior atenção em relação à questão de tratamento, devendo serem tratados pelo processo mais eficiente possível e o projeto deve contemplar a possibilidade de manutenção.

As observações feitas, em relação às ligações estruturais, referem-se à apli-



cação do bambu em estruturas em sua forma natural, ou seja, roliça.

Em ligações parafusadas, deve-se evitar o contato direto entre as peças de bambu e, entre o bambu e o parafuso, para evitar fissuras e esmagamento, principalmente em vigas, fazendo uso de segmentos de borracha ou silicone. Desta maneira evita-se, ainda, a penetração de insetos e água pelos orifícios deixados na colocação dos parafusos. Permite, também, ajustes maiores entre as peças de bambu, absorvendo as variações dimensionais, provocada pela umidade. Recomenda-se também, enrijecer o interior dos colmos, nos pontos mais solicitados das peças, através de injeção de resinas ou concreto.

No sentido de minimizar os custos, recomenda-se que seja utilizado madeira serrada somente na periferia da ossatura dos mesmos, facilitando ainda a fixação de um painel ao outro, devido a superfície aplainada. Os montantes verticais dispostos no interior da ossatura, devem ser feitos de bambus roliços, proporcionando maior resistência, estabilidade estrutural aos painéis portantes e menor peso;

Havendo a disponibilidade de espécies de bambu de grande diâmetro, para maior racionalização e rapidez de produção, recomenda-se a utilização de “esterilhas” de bambu para o fechamento dos painéis;

As “esterilhas” devem ser fixadas com as faces internas voltadas para fora, pois é a face de maior aderência ao revestimento;

A elaboração de gabaritos e guias para a montagem dos painéis é de grande importância na racionalização e padronização da produção em série;

Para maior proteção da parte inferior dos painéis, pode-se aplicar materiais impermeabilizantes, junto a argamassa de revestimento;

Em relação as instalações elétricas e hidráulicas, muitas vezes feitas nos espaços vazios dos painéis, recomenda-se que sejam feitas fora dos painéis como prevenção a incêndios e para maior facilidade de manutenção.

Dentro dos sistemas construtivos analisados, a forma mais empregada em coberturas é o bambu em forma roliça, seja na composição de pequenos módulos em tesoura, em estruturas espaciais, ou em terças e cáibros, e ainda, para grandes vãos possibilita-se adotar, entre outras, soluções em treliças planas ou espaciais. Outros exemplos encontrados na literatura, ainda tiram partido das características de flexibilidade do bambu em tiras, trançando-as e compondo diferentes possibilidade de curva em estrutura em “casca”. As “esterilhas” da mesma maneira, podem ser utilizadas como elemento de forro ou de base para receber argamassa de revestimento, devendo esta ser devidamente impermeabilizada para atender aos requisitos de estanqueidade de uma cobertura.

A tecnologia de utilização de bambu em construção tem a sua tradição consagrada em países Latino Americanos e Asiáticos, com patamar tecnológico consi-



derável, entretanto no Brasil, ainda está para se desenvolver muitos aspectos, que se constituem em lacunas importantes - conhecimentos necessários para fornecerem subsídios técnicos para a plena aplicação deste material.

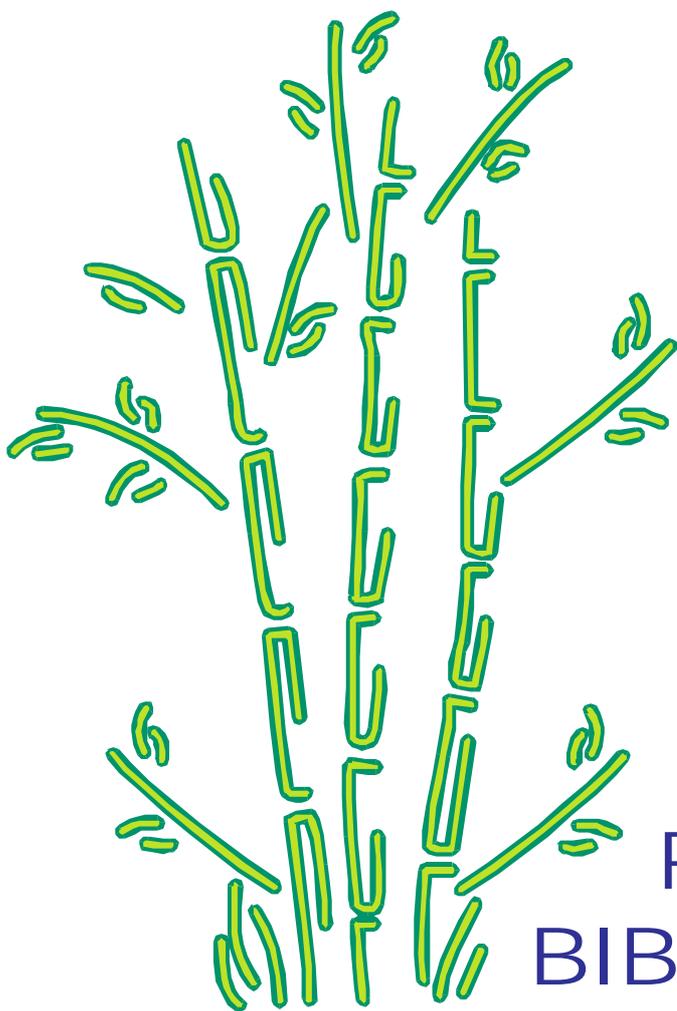
Pretendemos que as informações obtidas com este trabalho, e agora divulgadas, possam servir para difundir os aspectos técnicos da utilização deste material, seu uso correto e suas possibilidades. Entretanto, uma "cultura de utilização" só se cria, ou melhor, se difunde se for mais e mais explorada e exercitada. Para tanto, a continuidade do estudo é *premissa básica*. É claro que os conhecimentos obtidos devem ser ampliados. Materiais que possam ser utilizados em conjunto com o bambu devem ser ensaiados. Opções diversas das aqui apresentadas para o tratamento e a impermeabilização poderão ser de grande utilidade.

Mas, como já citado, é hora do exercício e da experimentação. É hora de materializar, dar forma ao conteúdo e construir para quem precisa com este material, ao mesmo tempo simples e nobre. Uma conclusão ficou fortemente marcada: *temos sim, uma alternativa viável e plenamente disponível, se não nova, renovada, revista, e acessível para colaborar definitivamente com um acréscimo importante na qualidade de vida do nosso meio.*

Arquiteto Rubens Cardoso Junior

Agosto/2000





REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- AZZINI, K; SALGADO, A.L.B.** (1992) *Bambusa guadu en Brasil*. In: I Congresso Mundial de Bambu Guadua (Anais). Pereira, Colômbia, p.35-41.
- AZZINI, K; SALGADO, A.L.B.** (1992) *Possibilidades del bambu como materia prima industrial*. In: I Congresso Mundial de Bambu Guadua (Anais). Pereira, Colômbia, p. 139-144.
- BAMBUSETUM** (1991) *Boletim Informativo Fundación Nacional del Bambu*. Costa Rica, Mai., 8p.
- BAMBUSETUM** (1991) *Boletim Informativo Fundación Nacional del Bambu*. Costa Rica, Ago., 8p.
- BAMBUSETUM** (1992) *Boletim Informativo Fundación Nacional del Bambu*. Costa Rica, Abr., 16p.
- BAMBUSETUM** (1992) *Boletim Informativo Fundación Nacional del Bambu*. Costa Rica, Nov., 7p.
- BAMBUSETUM** (1993) *Boletim Informativo Fundación Nacional del Bambu*. Costa Rica, Mar., 8p.
- BAMBUSETUM** (1993) *Boletim Informativo Fundación Nacional del Bambu*. Costa Rica, Jul., 8p.
- BAMBUSETUM** (1993) *Boletim Informativo Fundación Nacional del Bambu*. Costa Rica, Dez., 16p.
- BAMBUSETUM** (1994) *Boletim Informativo Fundación Nacional del Bambu*. Costa Rica, Mar., 8p.
- BAMBUSETUM** (1995) *Boletim Informativo Fundación Nacional del Bambu*. Costa Rica, Fev., 8p.
- BAMBUSETUM** (1995) *Boletim Informativo Fundación Nacional del Bambu*. Costa Rica, Out., 12p.
- BAMBUSETUM** (1995) *Boletim Informativo Fundación Nacional del Bambu*. Costa Rica, Nov., 8p.
- BAMBUSETUM** (1996) *Boletim Informativo Fundación Nacional del Bambu*. Costa Rica, Mar., 16p.



- BARMAK, H.** (1938). *Ensaio sobre o emprego do bambu em construções de concreto*. In: Der Bauingenieur, Boletim da Diretoria de Obras Públicas, S.P., v.4, Jul., p.34-50.
- BERALDO, A. L.** (1987). *Bambucreto - o uso do bambu como reforço do concreto*. In: XVI CONBEA - Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola (Anais). Jundiaí, SP., v.11, Jul., p.521-530.
- BOURNE, D.J.** (1978). *New uses of sulfur II*. Duval Corporation / Washington D.C. 14p.
- BOURROUET, A. V.** (1993) *Bambu-Costa Rica*. In: Catálogo Iberoamericano de Técnicas Construtivas Industrializadas para Viviendas de Interesse Social, CYTED., Uruguay, Montevideo, Nov., p. 73-76
- CAMBONERO, R.C.; GONZÁLEZ, G.T.; GUTIERRÉZ, J.A.G.** (1991). *Preservación de culmos de Guadua*. In: I Congresso Mundial de Bambu Guadua (Anais). Pereira, Colômbia, p.77-82.
- CASTAÑO, F. N.** (1990). *Algunos sistemas silviculturales para la propagacion y manejo de la Guadua angustifolia en Colombia*. In: I Simpósio Latinoamericano del Bambu em Manizalez (Anais). Colômbia & II Simpósio Latinoamericano del Bambu em Guayaquil (Anais). Equador, Ago, p. 1-2 1.
- CHAVEZ, A.C.; GUTIERREZ, J.A.** (1988). *The Costa Rican bamboo national project*. In: Proceedings of the Int'l Bamboo Workshop, (Anais). Nov., n. 14-18, p. 344-348.
- CHEMBI, K; NIMITYONGSKUL, P.** (1989). *A bamboo reinforced cement water tank*. In: Journal of Ferrocement, v.19, n. 1, Jan., p. 11 - 17.
- DAS, R.N.** (1990). *Better Joints of a bamboo truss*. In: Indian Journal. Rural Technology, Bhagalpur, India, n. 2, p. 107-118.
- DIAZ, A.G.** (1993). *Quincha prefabricada - Peru*. In: Catálogo Iberoamericano de Técnicas Construtivas Industrializadas para Viviendas de Interesse Social, CYTED., Uruguay, Montevideo, Nov., p. 153-156.
- DIRIGENTE CONSTRUTOR** (1990). *Assentamento no Peru cria oásis no deserto*. v. 26, n. 4, Abr., p. 16-20.
- DIRIGENTE RURAL** (1962). *Bambu faz de tudo e tem lugar reservado na fazenda*. 48-49p.



- DIRIGENTE RURAL** (1985). *Bem explorado, o bambu é pau para toda obra*. n. 24, Mai., 40-42p.
- DREHER, D. A.** (1991). *Residência con Guadua en Guayaquil*. In: I Simpósio Nacional Bambu - Guadua (Anais). Portoviejo, Ecuador, Nov., 13p.
- FANG, H. Y.; MEHDA, H. C.** (1978). *Sulfur-sand treated bamboo rod for reinforcing structural concrete. New use of sulfur-11*. American Chemical Society, p. 241-254.
- FICHER D'INNOVATIONS TECHNOLOGIQUES - PROJET COMUNIDADES** (1995). *Panneaux préfabriqués mixtes: Bois Bambou*. Terre. n. 14, Jun.
- FICHER D'INNOVATIONS TECHNOLOGIQUES - PROJET COMUNIDADES** (1996). *Técnicas mistas e metal: o galpão de Maracanaú*. n.23, Jan.
- GALVÃO, A. P. M.** (1967). *Tratamento preservativo do bambu pelo processo do banho frio*. In: E.S.A Luiz de Queiroz (Anais), v. XXIV, p. 19-33.
- GEYMAYER, H.G.; COX, F.B.** (1970). *Bamboo reinforced concrete*. In Journal of the American Concrete Institute. v. 67, n. 10, p. 841-847.
- GHAVAMI, K.; HOMBEECK, R. V.** (1981). *Application of bamboo as a construction material* In: Latin American Symposium Rational Organization of Building Applied to Low Cost Housing. (Anais). São Paulo, v. 1, p. 49-66.
- GLENN, H.E.** (1950). *Bamboo reinforcement of portland cement concrete structures*. Clemson College Engineering Experiment Station. Bul. 4. Clemson, S.C., p. 123-127.
- GREGOIRE, M.** (1994). *Tratamento do bambu - idade e cuidados de corte e secagem*. Tradução: Ministério da Agricultura/SNAP - EMBRATER, 2p.
- GREGOIRE, M.** (1995). *Tratamentos preventivos contra insetos e fungos*. Tradução: Ministério da Agricultura/SNAP - EMBRATER, 3p.
- GROSSER, D. & LIESE, W.** (1974). *Difusão do método de ligação e especificação das diversas espécies de bambu*. In: Madeira ao Natural e Tratada, p.473-482.
- GUTIERRÉZ, J.A.G.** (1991). *Comportamiento estructural y resistencia sísmica de las viviendas de bambu*. In: I Congresso Mundial de Bambu Guadua (Anais). Pereira, Colômbia, p. 161-171.



- GÚZMÁN, G.R.; ARCILA, J.H.L.** (1982). *Vivienda experimental en guadua*. In: II Simpósio latinoamericano del bambu em Guayaquil (Anais). Equador, Set
- HAYS, A; MATUK, S.** (1993). *Techniques mixtes pour le Brésil. Innovations à grande échelle pour le logement populaire comunidades*. Programme de formation et d'infrastructures par des groupes d'habitants des quartiers populaires, CRATerre América Latina, Uriage, 79p.
- HIDALGO, O. L.** (1974). *Bambu: su cultivo y aplicaciones en fabricacion de papel, construcción, ingeniera, artesanía*. 318p.
- HIDALGO, O. L.** (1978). *Nuevas técnicas de construcción con bambu*. Ed. Estudios Técnicos Colombianos Ltda., 136p.
- HIDALGO, O. L.** (1981). *Manual de construcción com bambu*. Editora Estudos Técnicos Colombianos Ltda , Universidad Nacional de Colombia y Centro de Investigación de Bambu y Madera CIBAM. Cali, Colombia.
- INO, A.** (1986). *Habitação de madeira I - sistema construtivo usual*. In: II EBRAMEM - Encontro Brasileiro em Madeiras e Estruturas de Madeira, São Carlos, São Paulo, Jul, 16p.
- JANSEEN, J.J.A.** (1980). *The mechanical properties of bamboo used in construction*. In: Bamboo research in Asia: proceedings of a workshop held in Singapore (Anais), Ottawa, Ont., IDRC., Mai, 173-188p.
- KANCHANAWONG, S.; KONGANAN, S.** (1988). *Bamboo cement boat*. in: Journal of Ferrocement, v. 18, n. 1, Jan, p. 13-16.
- KATAYAMA** (1986). *Construções utilizando bambu*. In: Take Tokentiku - Revista arquitetura de bambu. Tokyo, Ed. Inax Booklet, v.6, n.4.
- KURIAN,N.P.; KALAM, AK.A.** (1977). *Bamboo reinforced soil-cement for rural use*. In: Indian Concrete Journal, n. 51, Dez., p. 382-389.
- LEE, A.W.C.; BAI, X.; PERALTA, P.N.** (1994). *Selected physical and mechanical proprieties of giant timber bamboo grown in South Carolina*. In: Forest Products Journal, v. 44, n.9, Set., p.40-46.
- LEITE, N.T.; AGUIRRE, J.M.P.** (1980). *Estudos econômicos do bambu (Phyllostachys mirtis Riv.) no município de Torrinha, Estado de São Paulo*. Nota técnica, Torrinha, SP, p. 109-113.



- LIESE, W.** (1980a). *Anatomy of bamboo*. In: Bamboo research in Asia: proceedings of a workshop held in Singapore (Anais), Ottawa, Ont., IDRC., Mai, 165-172p.
- LIESE, W.** (1980b). *Bamboo methods of treatment and preservation*. In: LANIER, p.3.
- LIMA, J.; H.C.; XAVIER, A.C.; TOLEDO, R.D.F.; BARBOSA, N.P.** (1996). *Estudo teórico experimental sobre a aderência bambu-concreto*. In: Congresso Técnico-Científico de Engenharia Civil, Florianópolis, SC, Abr., p. 679-700.
- LONDOÑO, X.** (1991). *Generalidades botánicas de los bambus del neotropico com énfasis en el género Guadua*. In: I Simposio Nacional de Bambu del Ecuador (Anais). Portoviejo, Manabi, Nov., 6p.
- LOOR, A. S.** (1982). *Vivienda experimental en zonas marginales*. In: II Simpósio Latinoamericano del Bambu, Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil - Ecuador (Anais). Set., 46p.
- MAMANI, V.C.** (1989). *Painéis de bambu-argamaza*. Dissertação de Mestrado, São Carlos, SP.
- MAMANI, V.C.; HELLMEISTER, J. C.** (1989). *Painéis de bambu-argamassa*. In: III EBRAMEM - Encontro Brasileiro em Madeiras e Estruturas de Madeiras (Anais). São Carlos, SP, v.5, Jul.
- MARTÍNEZ, D.M.C.; GONZÁLEZ, R.A.F.** (1992). *Puentes en do mayor*. In: I Congresso Mundial de Bambu Guadua (Anais). Pereira, Colômbia, p. 172-179.
- McCLURE., F. A.** (1973). *Genera of bamboos native to the new world (Gramineae: Bambusoideae)*. Editado por Thomas Soderstrom. Smithsonian Institution Press, N.9.
- MEHRA, S.R.; UPPAL, H.L.; CHADDA, L.R.** (1951). *Some preliminary investigations in the use of bamboo for reinforcing concrete*. In: Indian Concrete Journal, Jan., p.20 - 21.
- MISHRA, H.N.** (1991). *Problem and prospect of structural use of bamboo and Eucalyptus poles in rural India*. In: Proceedings of the 1991 International Timber Engineering Conference London (Anais). United Kingdom, v.3, Set., p. 300-307.
- MOGOLLÓN, J. S. & DÍAZ, G. C.** (1991). *Sistema normalizado en Guadua y Madera, desarrollo progresivo de viviendas populares en laderas*. In: Informes de la Construcción, Colômbia, v. 43, n. 414-415, Jul./Ago./Set/Oct., p. 11-36.

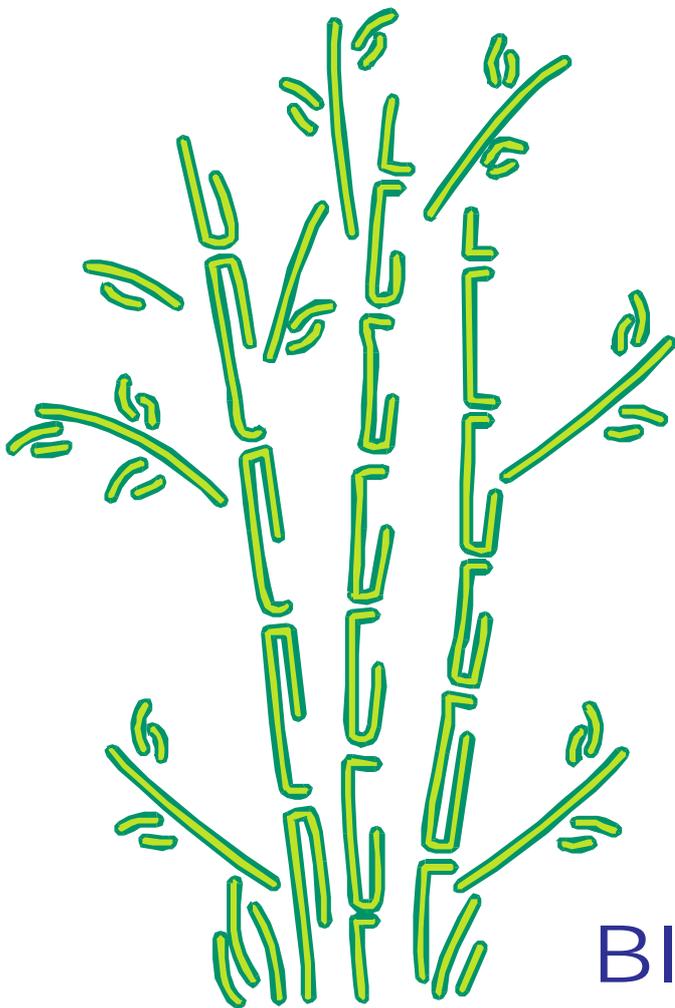


- MORADO, D.** (1994) *Material de fibra*. In: *Téchne, Revista de Tecnologia e Construção*, Ed. Pini, Mar./Abr., p.32-36.
- MORAM, U. J.** (1991). *Proyectos micoregionales ae desarrollo integral*. In: Ministerio de Bienestar Social-Pronades, UNICEF, Província de Esmeraldas, Equador, Oct., 20p.
- MOREIRA, L. E.; RIPPER, J. L. M.; GHAVAMI, K.** (1995b). *Estudos analíticos de uma nova ligação para Tubos de bambu solicitados axialmente*. In: V EBRAMEM - Encontro Brasileiro em Madeiras e Estruturas de Madeiras (Anais), Belo Horizonte, MG., 11p.
- NAÇÕES UNIDAS** (1972). *Utilización del bambu y de la caña en la construccion*. Departamento de Asuntos Economicos y Sociales, Nova York, USA
- NUREMBERG, D.** (1982a). *Vivienda experimental com bambu*. In: II Simpósio Latinoamericano (Anais). Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil - Equador, Set.
- OHKE, M.** (1989). *Material bambu*. In: *Take Tokentiku - Revista Arquitetura de bambu*. Ed. Iriax Booklet, Tokyo, v.6, n.4., p.49-65.
- POZO, A. M.** (1982). *Experiências com la Guadua en la Facultad de Architecture de la Universidade de Kassel - Alemanha - RF*. In: II Simpósio Latinoamericano (Anais). Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, Equador, Set.
- PURUSHOTHAN, A.** (1963). *A Preliminary note on some experiments using bamboo reinforcement in cement concrete*. J. Timbers and Preservers Association, Índia. 9, p. 3-14.
- ROBLES-AUSTRIACO, L.; PAMA, R.P.** (?). *Bamboo reinforced cement and concrete*. In: *Natural Fibre reinforced Cement and Concrete*. p. 93-141.
- ROJAS, M. E. M.; GUZMÁN, G.R.; ARCILA, J.H.L.** (1982). *Vivienda e desarrollo urbano*. In: II Simpósio Latinoamericano. (Anais). *Vivienda Experimental en Guadua*, Guayaquil, Equador, Set., P. 1-11.
- RUIZ, E.** (1993). *Béton de terre, techniques mixtes ou blocs stabilisés trois echnologies de terre pour le logement populaire brésilien*. In: *Bulletin d'Information de CRATerre - EAG/Projet GAIA/ICCROM*, n. 16 & 17.
- SALGADO, A.L.B.** (1995). *Boletim Informativo do Instituto Agronômico de Campinas - IAC., Campinas, SP. n. 147.*



- SEGRE, R.** (1991). *América Latina, fim de milênio: raízes e perspectivas de sua arquitetura*. Ed. Studio Nobel, p. 223
- TAMOLANG, F.N.; LOPEZ, F.R.; SEMANA, J.A.; CASIN, R.F.; ESPILOY, Z.B.** (1980) *Properties and utilization of Philippine Erect Bamboos*. In: Bamboo research in Asia: proceedings of a workshop held in Singapore (Anais), Ottawa, Ont., IDIRC., Mai.
- TAMOLANG, F.N.; LOPEZ, F.R.; SEMANA, J.A.; CASIN, R.F.; ESPILOY, Z.B.** (1980) *Properties and utilization of Philippine Erect Bamboos*. In: Forpride digest. v. IX, n. 3 & 4, p. 14-27.
- TARGA, L.A.; BALLARIN, A.W.** (1990). *Características e potencialidades de uso do bambu como material de construção no meio rural*. In: XIX CONBEA - Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola (Anais). Piracicaba, SP, v. 1, Jul., p. 5459.
- TOLEDO, R.D.F.; BARBOSA, N.P.** (1990). *Aplicação do bambu e de fibras naturais nas construções rurais*. XIX CONBEA - Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola (Anais). Piracicaba, SP, v. 1, Jul., p.81-91.
- UCHIMURA, E.** (1989). *Bambu como material de construção*. In: Take Tokentiku - Revista Arquitetura de bambu. Ed. Inax Booklet, Tokyo, v.6, n.4., p.70-77.
- UEDA, K.** (1960). *Studies on the physiology of bamboo with reference to practical application*. Resources Bureau Science and Technics Agency Prime Minister's Office. Tokyo, Japan. Reference Data, n.34.





BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- ADKOLI, N.S.** (1992). *Utilización del bambu en la India*. In: 1 Congresso Mundial de Bambu Guadua (Anais). Pereira, Colômbia, p. 145-149
- AGOPYAN, V.; JOHN, V. M.; DEROLLE, A.** (1990). *Construindo com fibras vegetais*. In: Construção n. 2200, Abr. p.17-20
- ALVES, R. A.** (1981). *Filosofia da Ciência - Introdução ao jogo e suas regras*. Ed. Brasilienses.
- AZIZ, M. A.; PARAMASIVAN, P.; LEE, S. L.** (1981). *Prospects for natural fibre reinforced concretes in construction*. In: The International Journal of Cement Composite and Lightweight Concrete. v. 3, n. 2, May., p. 123-132.
- AZIZ, M. A.; PARAMASIVAN, P.; LEE, S. L.** (1987). *Natural fibre reinforced concretes in low cost construction*. In: Journal of Ferrocement, v. 17, n. 3., Jul., p. 231-240.
- AZZINI, A.; BORGES, J.M.M.G.; CIARAMELLO, D.; SALGADO, A.L.B.** (1990). *Avaliação quantitativa da massa fibrosa e vazios em colmos de bambu*. In: IV tecnologia de fibras (Anais), p. 141-146.
- BARBOSA, L. C. & INO, A.** (1996). *Ligações em estruturas pré-fabricadas de bambu - sistematização das técnicas*. In: NUTAU - Núcleo de Tecnologia Arquitetura e Urbanismo - Pré-moldados e habitação social.
- BARBOSA, L. C. & INO, A.** (1996). *Ligações em estruturas com bambu*. XXV CONBEA - Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola e II Congresso Latinoamericano de Ingenieria Agrícola. (Anais). Bauru, SP, Jul.
- BERALDO, A. L.** (1990). *Placas cerâmicas armadas com bambu*. In: XVI CONBEA - Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola (Anais). Piracicaba, SP, v. 1, Jul., p. 142-159.
- BERALDO, A. L.(?)**. *Materiais alternativos para construções rurais*. Departamento de Construções Rurais. Faculdade Engenharia Agrícola - Unicamp. 28p. /Relatório Técnico UNICAMP/.
- BERALDO, A. L.; NÃAS, I. A.; FREIRE, W. J.** (1991). *Materiais para construções rurais*. Rio de Janeiro, RJ, Livros Técnicos e Científicos Ed., p. 105-161.
- BERALDO, A. L. & ZOULALIAN.** (1995). *Bambu - material alternativo para construções rurais*. In: V EBRAMEM - Encontro Brasileiro em Madeiras e Estruturas de Madeiras (Anais), Belo Horizonte, MG.



- BHATTACHARJEE, S. et al.** (1986). *Development and testing of hollow bamboo storage structures*. In: Boletim of Grain Technology, Jorhat, Assam, v.24 (3), p.233-239.
- BOTOMÉ, S. P.** (1993). *Processos Comportamentais Básicos em Metodologia de Pesquisa: da delimitação do problema à coleta de dados*. Universidade Federal Santa Catarina.
- CASTRO, C. M.** (1977). *A Prática de Pesquisa*. São Paulo, Mc Graw-Hill do Brasil, 156p.
- CHAVEZ, A. C.** (1989). *Contra el hambre de vivienda... materiales autoctonos para abatir los costes*. Publicaciones del Proyecto Nacional del Bambu. Costa Rica, p. 277-281.
- CORRÊA, A. A.; LUZ, C. N. R.; FRAZÃO, F. J. L.** (1977). *Características papeleiras dos bambus do Estado do Acre*. In: Acta Amazônica, vol. 7, n. 4, p. 529-550, Dez.
- CORREIO POPULAR** (1991). *Bambu reduz consumo de energia em até 50%*. Mai. 14p.
- CORREIO POPULAR** (1994). *Bambu substitui aço nas vigas da construção civil*. Abr.
- DEDECA, D. M.** (1958). *A Identificação dos Bambus*. "O Agrônomo" 10 (9/10): 8-14. Campinas - Sp.
- DIBENEDETTO, A T. et al** (1972). *The developmente of a bamboo reinforced foam composite roofing element for use in tropical areas*. In: III Internamerican Conference on Material Technology (Anais)., Rio de Janeiro, RJ, Centro Regional de Ayuda Técnica - Material Technology, p.43-49.
- DIRIGENTE RURAL** (1962). *Bambu faz de tudo e tem lugar reservado na fazenda*. 48-49p.
- DIRIGENTE RURAL** (1985). *Bem explorado, o bambu é pau para toda obra*. n. 24, Mai., 40-42p.
- ECOFORUM** (1976). *Analisis y recomendaciones sector habitacional*. National Savings & Loan League. Agency for Interncional Development office of Housing, Equador, Jul.
- ENGEL, HEINO** (1981). *Sistemas de estruturas*. Hemus Editora Ltda. São Paulo — Brasil.
- ESAU, K.** (1974). *Anatomia das plantas com sementes* Tradução Morretes, B.L. São Paulo, S.P.



- FARAH, M. F. S.** (1988). *Diagnóstico tecnológico da indústria da construção civil: caracterização geral do setor*. In: Tecnologia de Edificações, p. 685-690.
- FARRELY, D.** (1984). *The book of bamboo*. Ed. Sierra Club Books, San Francisco, USA. v.2, 241p.
- FERRÃO, A. M. A. & FREIRE, W. J.** (1995). *Aderências entre o bambu e concreto*. Dissertação de Mestrado com taliscas de *Bambusa tuldoides* In: V EBRAMEM - Encontro Brasileiro em Madeiras e Estruturas de Madeiras (Anais), Belo Horizonte, MG.
- FICHA TÉCNICA.** (1994). *Corte do bambu segundo a idade e o grau de maturação*. GRET - Groupe de Recherche et D'Echanges Technologiques. 4p.
- FICHA TÉCNICA** (1995). *Condições gerais para aplicação de produtos preventivos*. GRET - Groupe de Recherche et D'Echanges Technologiques. 5p.
- FOLHA DE SÃO PAULO** (1996). *ONU recomenda casa de bambu*. Fev.
- FOROS, A. C. J.** (1995). *Uma solução alternativa*. In: E & D, n. 56, Out., p.50-51.
- FREIRE, W. J.** (1993). *O bambu e sua utilização no meio rural*. Nov. /Relatório Técnico UNICAMP/.
- HIDALGO; L. O.** (1974). *Bambu, su cultivo y aplicaciones en: fabricacion de papel, construccion, arquitectura, ingenieria, artesanía*. Estudios Técnicos Colombianos. Cali - Colombia.
- GARCIA, F. S. L.; CASTRO, R. S. J; LÉRTORA, C.** (1982). *Fabricacion de viviendas de emergencia para casas populares*. In: II Simpósio Latinoamericano del Bambu (Anais). Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, Ecuador, Set., 7p.
- GAVIRIA, A. L.** (1991). *La guadua como material en la construccion de vivienda*. In: I Simpósio Nacional Bambu - Guadua (Anais). Portoviejo, Ecuador, Nov., 6p.
- GKAVAMI, K.** (?). *"Application of bamboo as a low cost construction material"*. International Bamboo Workshoop. Cochín.-india. Pp. 1-15.
- GHAVAMI, K.** (1992). *Bambu... um material alternativo na engenharia*. In: Engenharia, n.492, p.23-27.



- GHAVAMI, K.; HOMBEECK, R.; ANDRADE, H. N.; ANTUNES, C. C.** (1994) *Viabilidade de uma treliça espacial de bambu*. Relatório Interno, Departamento de Engenharia Civil - PUC/RJ, Out.
- GHAVAMI, K.** (1995) *“Propriedades dos Bambus e suas aplicações nas obras de Engenharia, Arquitetura e Desenho Industrial”*. Artigos Compilados do Autor. CTC/PUC-RIO. Jul. 201p.
- GHAVAMI, K.; LIMA, H.C.J.; BARBOSA, N. P.** (1995). *Comportamento em serviço de lajes de concreto reforçadas com bambu*. Relatório Interno, Departamento de Engenharia Civil - PUC/RJ. 15p.
- GLOBO RURAL** (1990). *Bambucreto - ao gosto do freguês*. Jul., 23-27p.
- GONÇALVES, M. T. T.; PEREIRA, M. A. R.; AMORIM, G. F.** (1996). *Projeto de um módulo de preservação de madeira e bambu pelo método de substituição de seiva de forma pressurizada*. XXV CONBEA - Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola e II Congresso Latinoamericano de Ingenieria Agrícola (Anais). Bauru, SP., Jul.
- GONWVIES, M.T.T.; VALARELLI, I.D.; CASTRO, E.M.** (1996). Módulo de secagem de madeira de reflorestamento e bambu. In: XXV CONBEA - Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola e II Congresso Latinoamericano de Ingenieria Agrícola (Anais). Bauru, SP., Jul.
- GRAÇA, V. L.** (1988). *Bambu: Técnicas para o Cultivo e suas aplicações*. Ícone Editora. São Paulo - Sp.
- GRET - Groupe de Recherche et D’Echanges Technologiques.** (1990). *Construire en bambou au Laos*. Programme de coopération Franco-Lao - construction en matériaux locaux- 89p.
- GTZ - Instituto alemão de financiamento de projetos do terceiro mundo.** (1991). Tecnologia construtiva en caña Gaudua - aplicable a la vivienda popular. In: I Simpósio Nacional Bambu-Guadua (Anais). Portoviejo, Ecuador, Nov., 6p.
- HERNANDEZ, A.** (1991). *Sistemas construtivos - Aplicaciones con Bambu Guadua*. In: I Simpósio Nacional Bambu Guadua (Anais). Portoviejo, Ecuador, Nov., 5p.
- JAYANETTI, D. L. and FOLLETT, P. R.** (1998). *Bamboo in construction*. TRADA Technology Limited and International Network for Bamboo and Rattan (INBAR) for Department for International Development (DFID). New Delhi. Índia. 120p.



- JASSEN, J. J. A.** (1981). *Bamboo in building structures*. Eindhoven, Netherlands. Tese (Doutorado) - Eindhoven University of Technology. 235p.
- JORNAL DA UNICAMP** (1987). *Toda a nobreza do velho bambu*. Campinas, SP., Mai.
- JORNAL DA UNICAMP** (1993). *Bambu revela-se ótimo no tratamento de esgotos*. Campinas, SP., ano VII, n. 77, Abr.
- KALITA, U. C.; KHAZANCHI, A. C. & THYAGARAJAN, G.** (1977). *Low-cost houses for the masses*. In: Indian Concrete Journal, n. 51, Oct, 309-312p.
- LEE, A. W. C.; BAI, X.; PERALTA, P. N.** (1996). *Physical and mechanical properties of strandboard made from Moso Bamboo*. In: Forest Products Journal, v. 44, n.9, Nov./Dec., p.84-88.
- LIRA, C. et al** (1995). *Comportamento em serviços de lajes de concreto reforçadas com bambu*. In: V EBRAMEM Encontro Brasileiro em Madeiras e Estruturas de Madeiras (Anais), Belo Horizonte, MG.
- LONGHI, M. M.** (1998). *Cultivo y uso del Bambu en el neotrópico*. Editora Científica. San José. Costa Rica. 88p.
- LOZADA, E.** (199 1). *La vivienda rural* In: I Simpósio Nacional Bambu - Guadua (Anais). Portoviejo, Ecuador, Nov., 5p.
- MACEDO, E.** (1994). *Madeira do futuro*. In: Faça Fácil, n. 107, ano 107, p.94.
- MAHONEY, C. et al.** (197 1). *Climate and House Design*. In: Publicações Nações Unidas, Nova York, USA
- MANSUR, M. A; AZIZ, M. A.** (1983). *Study of bamboo mesh reinforced cement composites*. In: The International Journal of Cement Composite and Light weight Concrete (Anais). v.5, n.3, Ago., p. 165-171.
- MARIDUEÑA, A. P.** (1982). *Experiências con la Guadua en la Facultad de architecture de la Universidad de Kassel - Alemanha R.F.* In: II Simpósio Latinoamericano del Bambu (Anais). Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil - Ecuador, Set., 50p.
- MENANDRO, R.** (1995). *Usos alternativos do Bambu*. In: Revista Ciência Hoje, v.29, n.116, Dez. p.1-3.
- MOLINA, M. P.** (1982). *El uso de las culturas Précolombinas del Ecuador. (Costa)*. In: II Simpósio Latinoamericano del Bambu (Anais). Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, Ecuador, Set., 15p.



- MOREIRA, L. E.; GHAVAMI, K. & COSTA, P. C. S.** (1995a). *Análise pelo M.E.F. de ligações com pinos circulares em tubos de bambu solicitados axialmente*. In: V EBRAMEM - Encontro Brasileiro em Madeiras e Estruturas de Madeiras (Anais), Belo, Horizonte, MG.
- NOTA TÉCNICA** (1989). *Quindio: patrimônio natural de Colombia*. Centro Nacional para Estudo do Bambu Guadua, n. 22.
- NUREMBERG, D.** (1982a). *Vivienda experimental com bambu*. In: II Simpósio Latinoamericano (Anais). Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil - Equador, Set.
- NUREMBERG, D.** (1982). *Vivienda experimental diseño en base a la arquitectura campesina del litoral*. In: II Simpósio Latinoamericano del Bambu (Anais). Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, Equador, Set., 36p.
- PACIULLI, A. S.; ROCHA, G. P.** (1997). *Balancins de bambu*. Apoio ao produtor rural, Universidade Federal de Lavras, MG, 6p.
- PAKOTIPRAPHA, P.; PAMA, R. P.; LEE, S. L.** (1983). *Behavior of bamboo fibre - cement paste composite*. In: Journal of Ferrocement, v. 13, n.3, Jul., p.235-248.
- PAMA, R. P.; DURRANI, A. J.; LEE, S. L.** (1976). *A study of bamboo as reinforcement for concrete pavements*. 1st Conference of the Road Engineering Association of Asia and Australia, Bangkok, p. 45-96.
- PEREIRA, M. A. R.; SILVA, C. L.; ARAÚJO, J. A. C.** (1993). *Características dos colmos do bambu gigante utilizados como tubulação em um sistema de irrigação por aspersão*. In: XXII CONBEA - Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola (Anais). Ilhéus, Bahia, v.IV, Jul., p.2359-2370.
- PÉREZ, L. M.** (1982). *Una experiência institucional a base de guadua "El Salto" (Babahoyo)*. In: II Simpósio Latinoamericano del Bambu (Anais). Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, Equador, Set., 10p.
- RAMASWAMY, H. S.; AHUJA, B. M.; KRISHMAMOORTHY, S.** (1983). *Behavior of concrete reinforced with jute, coir, and bamboo fibres*. In: The International Journal of Cement Composite and Light weight Concrete, v.5, n. 1, Fev., p.3-13.
- RAMON; CAJAL** (1979). *Regras e conselhos sobre a Investigação Científica*. São Paulo, T.A. Queiroz/EDUSP, 176p.
- RELATÓRIO INTERNO.** *Bambu analisis de una alternativa de desarrollo*. Universidad de Costa Rica. p.16



- REVISTA DE BIOLOGÍA TROPICAL.** (1998). *Planting & Using BAMBOO in the Neotropics*. Ed. Universidad de Costa Rica. San José. Costa Rica. v. 46., Jun. Suppl. 3. 88p.
- RIPPER, J. L. M. et al** (1995). *Cúpula geodésica de bambu*. In: V EBRAMEM - Encontro Brasileiro em Madeiras e Estruturas de Madeiras (Anais), Belo Horizonte, MG.
- SALEME, H.** (1995). *El proyecto de bambu de la Universidad Nacional de Tucuman - Argentina*. In: V EBRAMEN - Encontro Brasileiro em Madeiras e Estruturas de Madeira (Anais), Belo Horizonte, MG. 17p.
- SALGADO, A. L. B. et alli.** (1992). *Instruções técnicas sobre o bambu*. bol. técnico 143. Instituto Agrônômico.Campinas. - Sp.
- SALOMÓN, J. H.** (1982). *El problema de la vivienda en Guayaquil: implicaciones y soluciones*. In: II Simpósio Latinoamericano del Bambu (Anais). Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, Equador, Set, 13p.
- SANTOS, R.** (1994). *Superversátil, o bambu é pau para toda obra*. In: Arquitetura & Construção, Dez., p. 12-13.
- SHARMA, Y. M. L.** (1980). *Bamboos in Asia-Pacific Region*. In: Bamboo research in Asia: proceedings of a workshop held in Singapore (anais), Ottawa, Ont., IDRC., Mai, 99-120p.
- TARGA, L. A.; BALLARIN, A. W.** (1991). *Determinação da resistência à tração do bambu*. In: XX CONBEA - Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola (Anais). Londrina, PR., v. 1, Jul., p. 132-139.
- TEIXEIRA, C.; CARVALHO, D. M.** (1997). *Eucalipto + Bambu + Telhas Plásticas*. in: Arquitetura e Construção, Jul.
- THIOLLENT, M.** (1981). *Críticas da Racionalidade e Reavaliação de Tecnologia: Problemas de Metodologia*.
- THOMAZ, E.** (1993). *Sistemas Construtivos para Habitação de Interesse Social - Proposta de Avaliação e Classificação pela relação custo-benefício*. In: II Simpósio Ibero - Americano sobre técnicas construtivas industrializadas para Habitação de Interesse Social (Anais). São Paulo, Out.
- UCHIMURA, E.** (1980). *Bamboos cultivation*. In: Bamboo research in Asia: proceedings of a workshop held in Singapore (Anais), Ottawa, Ont., IDRC., Mai, 151-160p.



- VENKATACHARI, A. R.** (1952). *Bamboo as substitute for steel in reinforced concrete works*. In: Indian Concrete Journal, Mai., p. 126-128.
- VENKATESHWARLU, D.; RAJ, V.** (1989). *Development of bamboo based ferrocement roofing elements for low cost housing*. In: Journal of Ferrocement, v. 19, n. 4., Oct., p. 331-337.
- VILLAVIVÊNCIO, E. J.; SOUZA, A.** (1992). *Proceso de producción de celulose y papel a base de bambu*. In: I Congresso Mundial de Bambu Guadua (Anais). Pereira, Colômbia, p. 150-155.
- VILLEGAS, M.** (1989). *Bambusa Guadua*. Villegas editores. Toppan Printing Co. Ltda. Japão. 175p.
- VIRUEL, S. C.; NAVARRO, A. T. & SABATÉ, M. F.** (1995). *El proyecto bambu de la Universidad de Tucuman*. In: V EBRAMEM - Encontro Brasileiro em Madeiras e Estruturas de Madeiras (Anais), Belo Horizonte, MG.
- VIVAS, F.; SEGRE, R.** (1934). *América Latina, fim do milênio: raízes e perspectivas de sua arquitetura*. tradução de Brandão, E. (1991), São Paulo, SP., Ed. Studio Nobel Ltda.
- VIZCARRA, J. T.** (1991). *Manejo y aprovechamiento de la caña Guadua*. In: I Simpósio Nacional Bambu - Guadua, Portoviejo (Anais). Ecuador, Nov., 9p.
- WINARTO** (1981). *Rainwater collection tanks constructed on self-help basis*. In: Journal of Ferrocement, v. 11, n. 3, Jul., p. 247-258.
- YOUSSEF, M. A. R.** (1976). *Bamboo as a substitute for steel reinforcement*. In: Structural Long, part I, New Arizona. In: Construction Materials, v. 1, Ed. H.Y. Fang, Envo Publishing, Lehigh Valley, p. 525-534.

