

## **Monografia**

# **"A UTILIZAÇÃO DO BAMBU COMO MATERIAL NÃO CONVENCIONAL E SUSTENTÁVEL NA CONSTRUÇÃO CIVIL"**

Autor: Jaime Lourenço Lage

Orientador: Prof. Abdias Magalhães Gomes

2009

JAIME LOURENÇO LAGE

**"A UTILIZAÇÃO DO BAMBU COMO MATERIAL NÃO CONVENCIONAL E  
SUSTENTÁVEL NA CONSTRUÇÃO CIVIL"**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da  
Escola de Engenharia UFMG

Ênfase: Sustentabilidade no Espaço Construído

Orientador: Prof. Abdias Magalhães Gomes

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2009

## RESUMO

O surgimento de um novo paradigma de desenvolvimento envolvido com questões de preservação de recursos naturais para as próximas gerações tem sido procurado para tratar o sistema produtivo mundial originado pela industrialização acelerada, que por sua vez, é uma das principais responsáveis pelos danos causados ao meio ambiente e à população global.

Um novo estímulo para o uso de tecnologias construtivas inovadoras e limpas e materiais energeticamente mais eficientes, assim como a transformação do espaço urbano degradado pela redução do desperdício dos recursos naturais e energéticos e a minimização da poluição são algumas disposições desse novo desenvolvimento.

Este trabalho aborda a potencialidade do uso do bambu como material com característica construtiva ecologicamente menos agressiva ao meio ambiente do que os materiais convencionais. O objetivo deste trabalho é a apresentação das características e do potencial deste material, quanto a aspectos práticos e funcionais compondo um conceito de sustentabilidade.

A execução de um referencial teórico embasado na sustentabilidade do espaço físico construído e o fornecimento de dados específicos sobre o bambu fazem parte da metodologia aplicada a este trabalho. Foram aplicados os conceitos sobre sustentabilidade ambiental, social, econômica e cultural para destacar o uso deste material na construção civil.

As estimativas são para a obtenção de uma maior segurança na utilização deste material em construções, a partir de um aprofundamento nas características do mesmo.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema das três dimensões da sustentabilidade na construção....	13
Figura 2. Ação do CO <sub>2</sub> como responsável pelo efeito estufa.....	15
Figura 3. Relação da concentração de co <sub>2</sub> e o aquecimento global.....	16
Figura 4. Resíduos gerados na fabricação de cerâmica vermelha.....	17
Figura 5. Disposição irregular de resíduos de materiais de construção convencionais.....	17
Figura 6. Organograma das possibilidades do bambu.....	20
Figura 7. Regiões nativas do bambu.....	22
Figura 8. Partes constituintes do bambu.....	23
Figura 9. Rizoma tipo paquimorfo ou moita.....	25
Figura 10. Rizoma tipo leptomorfo ou alastrante.....	26
Figura 11. Canteiro de propagação de estacas de bambu.....	26
Figura 12. Corte correto e incorreto de colmo de bambu.....	28
Figura 13. Cura do bambu na mata.....	29
Figura 14. Cura do bambu por aquecimento.....	29
Figura 15. Cura do bambu por aquecimento.....	30
Figura 16. Corte esquemático do sistema de cura por aquecimento.....	30
Figura 17. Tratamento do bambu por imersão na água.....	31
Figura 18. Método Boucherie.....	31
Figura 19. Método Boucherie Modificado.....	32
Figura 20. Método de substituição de seiva.....	33
Figura 21. Secagem no ar.....	34
Figura 22. Estufa para Secagem de Bambu.....	34
Figura 23. Secagem das peças de bambu ao fogo.....	35
Figura 24. Corpos de prova e Ensaio à tração do bambu.....	37
Figura 25. Ensaio à flexão em uma amostra de Bambu.....	37
Figura 26. Tipos de entalhes mais utilizados.....	40
Figura 27. Variação de ângulos e cortes.....	40
Figura 28. Sistema de conexão boca de pescado.....	40

Figura 29. Sequência de esmagamento e enrijecimento das ligações.....	40
Figura 30. Processo de abertura para esterilha.....	41
Figura 31. Esterilhas sendo presas na grade de madeira com auxílio de pregos e arame recozido.....	41
Figura 32. Corte do Bambu em tiras com faca múltiplo corte.....	42
Figura 33. Esquema de cobertura com telhas do 1/2 bambu.....	43
Figura 34. Corte do bambu para execução de telhas.....	44
Figura 35. Cobertura com tiras de bambu.....	44
Figura 36. Telhado com bambu roliço e telha ecológica.....	45
Figura 37. Parede de barrareque.....	46
Figura 38. Parede de esterilha.....	46
Figura 39. Painéis de quincha com tiras horizontais e verticais.....	47
Figura 40. Laje de concreto com Bambu.....	49
Figura 41. Corte esquemático da laje.....	49
Figura 42. Vigas e laje de bambu recheadas com espuma de poliuretano.....	52

### **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Consumo Energético por Material.....	21
Tabela 2. Resistência à tração e módulo de resistência à tração na zona de internódio.....	37
Tabela 3. Propriedades mecânicas do Bambu.....	38

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	7
A. Considerações a serem abordadas.....	7
B. Objetivo e Metodologia.....	8
<b>1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	9
1.1. Desenvolvimento Sustentável e Sustentabilidade do Ambiente Construído.....	9
1.1.1. Origem do Desenvolvimento Sustentável e a Mudança de Paradigmas..	9
1.1.2. Sustentabilidade do Ambiente Construído e os Impactos das Edificações.....	13
1.1.3. O Potencial do Bambu.....	19
1.2. Bambu.....	22
1.2.1. Considerações sobre o Bambu.....	22
1.2.2. Propagação do Bambu.....	25
1.2.3. Colheita e Corte do Bambu.....	27
1.2.4. Tratamentos.....	28
1.2.5. Secagem.....	33
1.2.6. Propriedades Físicas.....	35
1.3. O uso do Bambu na Construção Civil.....	38
1.3.1. Bambu Roliço.....	39
1.3.2. Esterilhas.....	41
1.3.3. Bambu em Tiras.....	42
1.3.4. Trançado.....	42
1.3.5. Chapas de Bambu.....	42
1.4. Componentes para a Construção de Bambu.....	43
1.4.1. Coberturas.....	43
1.4.2. Painéis de Fechamento.....	45
1.5. Associação do Bambu com Outros Materiais.....	47
1.5.1. Bambu – Concreto.....	47
1.5.2. Concreto – Fibras de Bambu.....	50
1.5.3. Bambu – Argila.....	51
1.5.4. Bambu – Poliuretano.....	51
1.6. Desvantagens do uso do Bambu.....	52
<b>2. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	53
<b>3. CONCLUSÃO</b> .....	54
<b>4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	55

## INTRODUÇÃO

### A. Considerações a Serem Abordadas

O homem ao descobrir o seu potencial, foi conhecendo a natureza, e o que observamos desde o início de sua história e principalmente a partir do século XVIII é que o homem submete a natureza aos seus princípios e desejos de crescimento, não respeitando limites.

Na atualidade, as mudanças no modo de vida urbano tornam-se necessárias e há muito conhecimento sobre os impactos negativos que o crescimento econômico tenha gerado à humanidade e ao meio ambiente.

Desde a década de 70 discuti-se sobre a melhoria das condições de produção, a redução dos padrões de consumo exagerados e o desperdício dos recursos naturais. Cada vez mais têm-se a consciência da necessidade dos recursos naturais do planeta para garantir a sobrevivência na Terra, porém, ainda não se extinguiu a nocividade da degradação ambiental, decorrente da industrialização.

Devido à crescente globalização, o que parece ocorrer é uma dependência dos benefícios gerados pela industrialização e pela urbanização das grandes cidades, os quais são disponibilizados a uma minoria de indivíduos de melhor situação econômica. Numa sociedade desigual não é assegurado a todos os cidadãos o direito ao meio ambiente saudável. Esta minoria dispõem de moradia adequada, saneamento básico, abastecimento de água potável e de energia elétrica e acesso à saúde e à educação.

A busca de um modelo de construção sustentável torna-se intuito de pesquisas no campo da arquitetura e engenharia e é devida à necessidade de transformação do espaço urbano degradado em lugares mais saudáveis, reduzindo a poluição e o desperdício de recursos naturais.

O fundamento desta nova forma sustentável de construir é a utilização de tecnologia associada a sistemas tradicionais de construção para atingir padrões construtivos mais compatíveis com as condições naturais do lugar, sendo de grande valia os investimentos na manutenção e na utilização de recursos naturais e energéticos menos poluentes.

Em função disso, o objetivo de diversas pesquisas é amenizar os impactos negativos das construções sobre o meio ambiente utilizando materiais alternativos de baixo custo, como o bambu.

O crescente potencial do uso do bambu no Brasil e em outros países, no que tange a geração de trabalho, renda e moradia para camadas sociais de baixa renda, é demonstrado pela facilidade de manejo, o baixo custo de produção e os poucos impactos causados ao meio ambiente.

O cultivo do bambu é propício ao clima brasileiro e apesar das vantagens do uso deste material, existem também algumas desvantagens como por exemplo, os produtos e os processos de tratamento para conservação do material às intempéries e ao ataque de insetos.

## **B. Objetivo e Metodologia**

Este trabalho tem como principal objetivo apresentar o potencial do uso do bambu quanto a aspectos práticos e funcionais, baseando-se para isso, nos princípios da sustentabilidade do espaço construído.

A metodologia deste trabalho foi utilizar o levantamento de dados bibliográficos para a elaboração de um referencial teórico sobre o bambu e sustentabilidade das edificações; que pode ser dividida nas seguintes etapas:

- Elaboração da base teórica do trabalho utilizando os conceitos relacionados com o Desenvolvimento Sustentável e a Sustentabilidade do Ambiente Construído;
- Estudo das características do bambu, quanto a aspectos botânicos, formas de tratamento e de aplicação deste material na construção civil;
- Considerações e conclusão sobre os dados bibliográficos levantados.

## **1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **1.1. Desenvolvimento Sustentável e Sustentabilidade do Ambiente Construído**

#### **1.1.1. Origem do Desenvolvimento Sustentável e a Mudança de Paradigmas**

Sem respeitar os seus limites, o homem exerce um papel superior à natureza submetendo-a a seus princípios e anseios de crescimento.

Denunciando a intensa procura por crescimento e grandiosidade da sociedade, nas quais não existem preocupações com as conseqüências ao meio ambiente, o Clube de Roma publica em 1972, o relatório *The Limits of Growth* (Os limites do crescimento). Os objetivos principais deste documento eram (OLIVEIRA,2006):

- Promover o entendimento dos componentes econômicos, políticos, naturais e sociais, que formam o sistema global em que vivemos, chamando a atenção dos que realmente são responsáveis por decisões de alcance global e do público do mundo inteiro, e assim promover iniciativas e planos de ação;
- Abordar a possibilidade de degradação completa do meio ambiente baseando-se nas atitudes desenvolvidas no século XX;
- Divulgar a 'Tese do Crescimento Zero', que propõe a redução ou anulação dos níveis de crescimento econômico como forma de promover a estabilização dos recursos da natureza.

Também em 1972, participam da Conferência de Estocolmo sobre o Ambiente Humano (Suécia), representantes de 113 países, incentivados pela necessidade de um critério e de princípios comuns que ofereçam aos povos do mundo motivação e orientação para preservar e melhorar o meio ambiente humano.

Capra (2002) apud Oliveira (2006), relata que nos últimos anos, os reflexos sociais e ecológicos da nova economia têm sido discutidos por diversos pesquisadores, os quais concluem que o capitalismo global manifesta-se de maneira insustentável nos pontos de vista econômico, ecológico e social tornando-se inviável à longo prazo, caso não seja reestruturado desde as suas bases. Assim teve início à busca do desenvolvimento sustentável, entendendo que a utilização dos recursos naturais deve ser feita de forma consciente, conhecendo os limites de aceitação da natureza e pensando na vida das sociedades futuras.

Segundo Dias (2006), com a finalidade de avaliar a situação ambiental do mundo e os resultados ocorridos depois da Conferência de Estocolmo, identificar estratégias regionais e globais para ações apropriadas referentes às principais questões ambientais, recomendar medidas a serem tomadas na proteção ambiental, promover o aperfeiçoamento da legislação ambiental internacional e buscar estratégias de promoção do desenvolvimento sustentável e da eliminação da pobreza nos países em desenvolvimento, acontece no Rio de Janeiro, em 1992, a conferência da ONU sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento com a participação de 178 países. A conferência ficou conhecida como Rio-92 ou Eco-92. Originada desta conferência, a Agenda 21 torna-se o documento mais completo sobre propostas de como alcançar o desenvolvimento sustentável, permitindo o crescimento econômico dos países com maior justiça social e em harmonia com a natureza.

Segundo Novaes (2000) a Agenda 21 foi organizada em 40 capítulos, englobando temas variados, expondo medidas para melhorar a qualidade de vida, tanto para as gerações atuais quanto para as futuras. Os textos produzidos para a Agenda 21 se dividem em seis áreas prioritárias:

- Estratégias para aliviar a pobreza, mudar padrões de consumo, implementar o acesso de todos a serviços de saúde e redução do crescimento populacional;
- Uso eficiente de recursos naturais (renováveis e não-renováveis) terra, água, energia, recursos biológicos e genéticos, colocando o controle destes itens nas mãos dos governos locais;

- A proteção dos interesses comuns atmosfera e oceanos, como bens naturais de patrimônio coletivo global e os impactos negativos sobre a água e o ar;
- A manutenção dos Assentamentos Humanos e a necessidade de adequar ambientalmente a infra-estrutura urbana e mudanças na indústria da construção civil;
- Manutenção de resíduos químicos;
- Crescimento econômico sustentável, ambos de discussão geral priorizando custos para corrigir problemas existentes e a implementação de novos programas.

A partir Conferência de Estocolmo, em 1974, Ignacy Sachs organizou os cinco seguintes princípios que construiriam a base do desenvolvimento sustentável, que envolviam diversos sistemas da produção humana (SACHS, 1993 apud Oliveira):

- Sustentabilidade Social: com o objetivo de melhorar os direitos e as condições da população e reduzir a diferença de renda;
- Sustentabilidade Econômica: com a proposta de uma gestão mais eficiente dos recursos e melhoria das condições da economia e dos mercados;
- Sustentabilidade Ecológica: propõe o incentivo à conservação e reciclagem de energia e dos recursos naturais, intensificando os estudos e o uso de tecnologias limpas que utilizem de modos mais eficientes os recursos naturais e, alertando a necessidade de limitação do consumo de combustíveis fósseis, esgotáveis ou ambientalmente nocivos substituindo-os por recursos renováveis, abundantes ou ambientalmente inofensivos para a promoção do desenvolvimento urbano, rural e industrial;
- Sustentabilidade Espacial: propondo uma melhor distribuição territorial e harmonia da configuração rural e urbana;
- Sustentabilidade Cultural: com o intuito de promover mudanças na raiz cultural de um determinado local sem descaracterizar sua cultura.

De acordo com OLIVEIRA (2006), vários pesquisadores tem outras definições para as dimensões da sustentabilidade e dentre as diversas interpretações do Desenvolvimento Sustentável resume-se que o seu objetivo principal é de descrever um processo de crescimento econômico que não cause destruição ambiental.

Ainda segundo a autora, a expressividade de um paradigma dá-se pela opinião sobre determinado campo científico e sua mudança implica no rompimento com o saber dominante do ramo da ciência em questão e ficar em situação de minoria durante o período de transição.

De acordo com Sachs (1993) apud Oliveira (2006), deve haver a quebra de alguns paradigmas, caso o homem resolva tomar a decisão de dar continuidade da vida na Terra. Neste sentido, as seguintes premissas básicas direcionam as ações de transição de um modo de produção agressivo para um desenvolvimento humano mais sustentável:

- Estabelecimento de um prazo razoável de algumas décadas para elaborar estratégias de mudança: reaparelhamento de indústrias, reestruturação e expansão de infra-estrutura, mudanças culturais e de comportamento humano, nova geração de técnicas agrícolas, medicinais, construtivas e produtivas;
- Os países industrializados devem assumir uma parcela mais que proporcional dos custos da transição e do ajuste tecnológico, através de transferências de recursos financeiros, tecnológicos e humanos para os países em desenvolvimento;
- A eficiência das estratégias de transição dependerá do grau de audácia das mudanças institucionais em multidireções, em vez de se concentrar em ações paliativas;
- As estratégias de transição devem ser proporcionais à demanda, por meio de modificações nos estilos de vida e nos padrões de consumo específicos de cada população.

### 1.1.2. Sustentabilidade do Ambiente Construído e os Impactos das Edificações

Segundo Vieira (1998) apud Oliveira (2006), há meio século atrás, a maioria da população brasileira vivia no campo, situação que, devido ao rápido processo de urbanização, atualmente encontra-se invertida, sendo que cerca de 80% dos indivíduos reside em áreas urbanas.

A adequação dos assentamentos urbanos para a realização do desenvolvimento sustentável depende da manutenção e conservação de áreas verdes, o uso de energia, os transportes, os serviços, a produção, o consumo, a destinação de resíduos.

Diante dos problemas de insalubridade urbana, carência de moradia e aparente estagnação tecnológica, no sentido de buscar meios construtivos menos agressivos ao meio ambiente natural e humano tornam-se necessárias a criação e utilização de novos modelos com relação à produção do espaço em que vivemos, principalmente o espaço das cidades.

A sustentabilidade das edificações, segundo sintetizado pela interpretação de Kohler apud Oliveira (2006), apresenta-se através das vertentes básicas, conforme abaixo na figura 1.

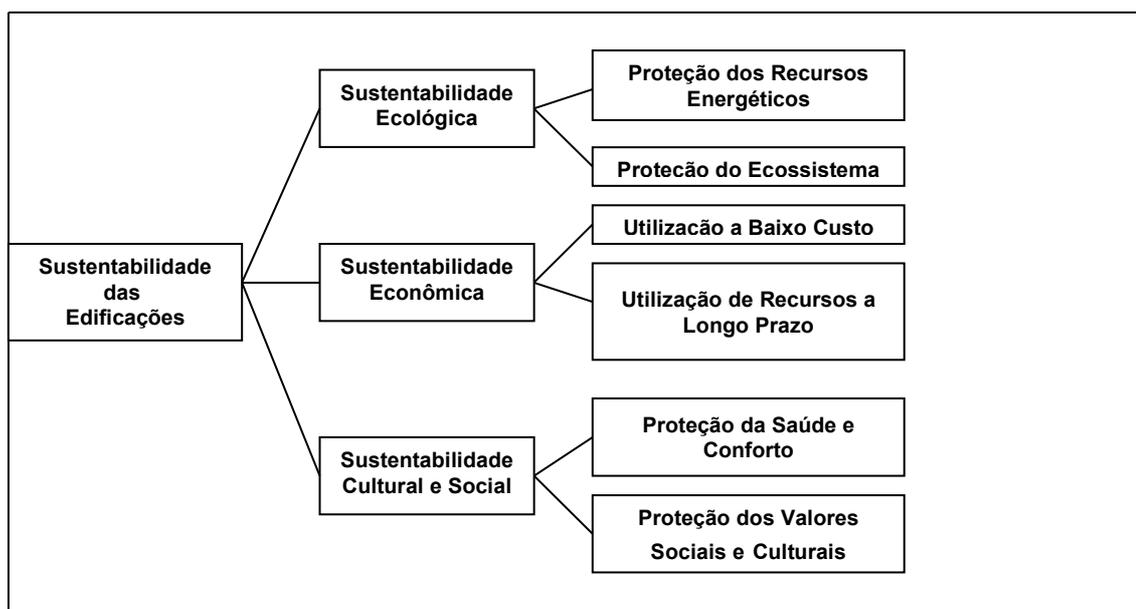


Figura 1: Esquema das três dimensões da sustentabilidade na construção.

(Fonte:Kohler apud Oliveira, 2006).

Quanto a economia e redução de custos, sob o ponto de vista da sustentabilidade das edificações, a maior parcela apresenta-se na fase de utilização, sendo verificadas dentro do ciclo de vida da edificação, considerando custo de energia, utilização de água, mão-de-obra para manutenção, troca dos componentes, equipamentos, etc. (TEIXEIRA, 2005, apud OLIVEIRA, 2006).

A utilização de tecnologias ambientalmente corretas pode representar uma redução dos custos de operação, proporcionando grande economia para os usuários. Desta forma, Mülfarth (2002) apud Oliveira (2006) coloca as metas a serem atingidas, ligadas a sustentabilidade e à economia, em todas as etapas do ciclo de vida da edificação, para que se obtenha uma arquitetura de baixo impacto humano e ambiental. São elas:

- Aumento da produtividade;
- Eficiência energética;
- Redução do consumo de água;
- Redução de custos de construção, operação, manutenção, demolição, acidentes de trabalho, doenças relacionadas aos edifícios, poluição e lixo;
- Garantia de conforto dos usuários, aumento da flexibilidade de usos e durabilidade das construções.

Pode-se considerar como exemplo dos problemas globais mais urgentes a serem solucionados (Dincer, 1999 apud Oliveira, 2006):

- Chuvas ácidas: atribuídas a emissões de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e óxidos nítricos (NO<sub>x</sub>) (em fundições de minérios, caldeiras industriais, e veículos de transporte), podem ser transportados por grandes distâncias pela atmosfera e depositados via precipitação. Os efeitos das chuvas ácidas incluem a acidificação de lagos, rios e lençóis freáticos, prejudicando a vida subaquática, florestas e agricultura, assim como a deterioração de vários tipos de materiais (materiais construtivos, estruturas metálicas, tecidos, etc);
- Destruição da camada de ozônio: através da camada de ozônio é absorvida uma importante parte da radiação ultravioleta (UV) e da

radiação infravermelha. Sem essa proteção podem verificar-se o aumento de casos de câncer de pele, lesões nos olhos e outros prejuízos para muitas espécies biológicas. Através da queima de combustíveis fósseis e de biomassa, são emitidas, para a atmosfera quantidades substanciais de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e clorofluorcarbonos (CFCs - usados em condicionadores de ar e em equipamentos de refrigeração) que desempenham um papel importante na destruição da camada de ozônio;

- Efeito estufa: as alterações climáticas globais são geradas pelo aumento da concentração de gases causadores de efeito estufa (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CFCs, N<sub>2</sub>O, etc), na atmosfera. Esses gases, originados em sua maioria pela queima de combustíveis fósseis, bloqueiam a radiação refletida pela superfície terrestre, aumentando a temperatura na superfície do planeta.

Nas figuras 2 e 3 são representadas a ação do CO<sub>2</sub> como responsável pelo efeito estufa e a relação do aumento da emissão deste gás com o aquecimento global respectivamente.



Figura 2: Ação do CO<sub>2</sub> como responsável pelo efeito estufa (Fonte: Barbosa, 2000).

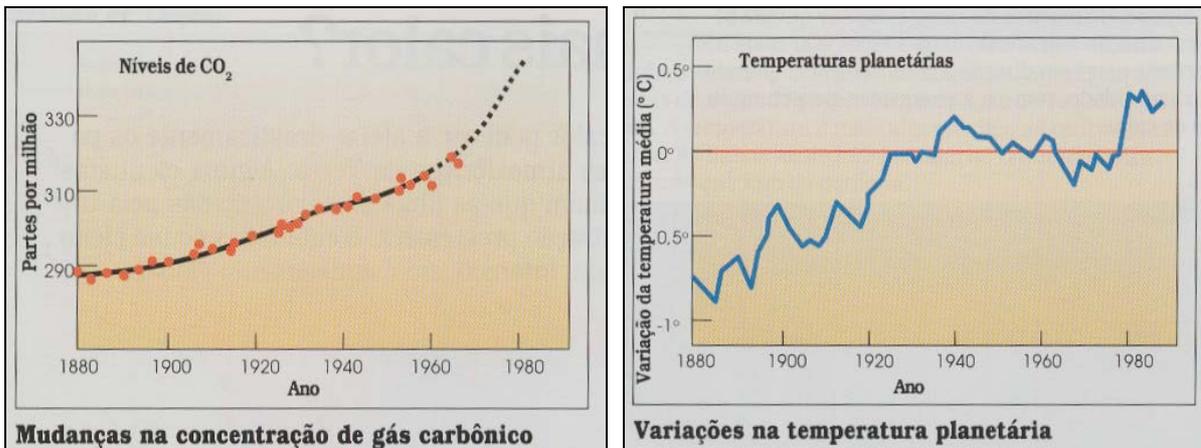


Figura 3: Relação da concentração de CO<sub>2</sub> e o aquecimento global (Fonte: Barbosa, 2000).

Outro aspecto da construção urbana que deve ser considerado é a produção e disposição dos resíduos sólidos resultantes do cotidiano humano nas cidades e as transformações produzidas pelo homem no ambiente natural e construído.

A fabricação dos materiais de construção convencionais produz inúmeros resíduos em volumes espantosos. Na construção civil, as iniciativas tratam do consumo de metais primários e minerais para a produção de materiais de construção que além de degradar o meio ambiente no momento da extração desses minérios, também geram resíduos tóxicos durante a produção, consomem enormes quantidades de energia derivada de combustíveis fósseis, e produzem, conforme Alva (1997) apud Oliveira (2006), 30% dos resíduos durante o processo construtivo dos edifícios. A Figura 4 mostra uma indústria de cerâmica vermelha no nordeste brasileiro. Sem tecnologia avançada, considerável volume do produto é descartado no próprio processo de fabricação: muitas peças se quebram antes da comercialização e a deposição desses resíduos torna-se um problema ambiental.



Figura 4: Resíduos gerados na fabricação de cerâmica vermelha (Fonte: Barbosa, 2000)

Segundo Barbosa (1995), os métodos construtivos com os materiais industrializados produzem enormes quantidades de resíduos, difíceis de serem reincorporados na natureza. Muitas vezes eles são dispostos irregularmente em terrenos baldios, aterros clandestinos, ao longo de vias e praças públicas (Figura 5), e mesmo em margens de rios urbanos. Estes têm suas calhas diminuídas e, quando há chuvas fortes, geram inundações, afetando principalmente as populações ribeirinhas. O entulho permite a proliferação de ratos e insetos danosos ao homem, aumentando a incidência de inúmeros tipos de doenças que afetam principalmente as populações pobres, aumentando-lhes o drama da sobrevivência.



Figura 5: Disposição irregular de resíduos de materiais de construção convencionais (Fonte: Barbosa, 2000)

Ligada às três dimensões tradicionais do desenvolvimento sustentável, a energia é um dos pontos centrais na discussão da sustentabilidade das edificações. O desenvolvimento sustentável exige que a utilização da energia

seja feita de maneira eficiente e menos poluente sem causar impactos sociais negativos, seja economicamente viável e garanta a manutenção de suas fontes geradoras (OLIVEIRA,2006).

No Brasil a demanda por energia, cuja maior fonte geradora provém dos recursos hídricos, exige grandes investimentos e acarretam diversos impactos ambientais e sociais (ADAN, 2001, apud OLIVEIRA, 2006), dentre os quais podemos destacar:

- Construção de usinas;
- Inundações;
- Deslocamento de populações - hidroelétricas;
- Perda de biodiversidade, ameaça dos ecossistemas, poluição;
- Riscos de segurança pública - termoelétricas e usinas nucleares.

De acordo com Dincer (1999) apud Oliveira (2006) os problemas ambientais ligados à geração de energia são o aquecimento global, a poluição do ar, chuvas ácidas, degradação da camada de ozônio, destruição de florestas e da fauna, e emissão de substâncias radiotivas.

Segundo Teixeira (2005), aproximadamente metade da energia produzida no planeta é consumida nos edifícios, em processos de construção e de operação. O restante da energia é consumida por indústrias e pelo setor de transportes.

No Brasil, as edificações dos setores comercial, público e residencial somadas, são responsáveis pelo consumo de 47,35% da energia elétrica (MEIRIÑO, M. In:www.arcoweb.com.br).

A padronização de tipologias, técnicas e materiais de construção possuem grande parcela da responsabilidade pela ineficiência do consumo energético dos edifícios. É essencial a função dos engenheiros e arquitetos no processo de construir, sendo necessária a interação de um projeto no meio onde os quais estão inseridos. O uso de iluminação e ventilação naturais, com orientação e forma planejadas, proteções solares corretas e especificação criteriosa de materiais são critérios essenciais para o aproveitamento das condições climáticas da região e para o uso eficiente da energia, sem deixar de garantir o conforto dos usuários (Mascaro, 1992 apud Oliveira, 2006).

A amplitude do impacto ambiental pode ser determinada levando em consideração o processo de definição e construção de um edifício, não só quanto ao sistema construtivo, mas também aos materiais utilizados avaliando-se os seguintes fatores (ANINK, 1996, apud OLIVEIRA, 2006):

- Disponibilidade de matéria prima;
- Impacto causado pela extração da matéria prima;
- Consumo de energia em todas as fases (transporte incluído);
- Consumo de água;
- Poluição sonora e olfativa;
- Emissões nocivas, como as que prejudicam a camada de ozônio;
- Aquecimento global e chuvas ácidas;
- Aspectos relacionados com a saúde pública;
- Risco de desastres;
- Capacidade de reparação;
- Capacidade de reutilização;
- Produção de resíduos.

### **1.1.3. O Potencial do Bambu**

GHAVAMI (1995), descreve que o bambu por ser altamente renovável e com diversas possibilidades de utilização sustentável vem ganhando espaço no cenário ambientalmente correto. O interesse pela planta tem se expandido pelo mundo, demonstrando assim as diversas e férteis possibilidades de aproveitamento desse bem natural.

Ainda segundo este autor, a China é líder na produção mundial de bambu, tendo catalogadas mais de 1.500 aplicações para esta planta. Utilizada na culinária (broto de bambu), construção civil, no artesanato, irrigação, paisagismo, na produção de carvão, papel, tecido, móveis, instrumentos musicais, como protetor de solo, regenerador ambiental, agindo na recomposição de matas ciliares, contenção de encostas, recuperação de áreas erodidas dentre inúmeras outras utilidades. A figura 6 demonstra um organograma das possibilidades de utilização do bambu, seja processado ou

laminado. Nos países como Equador, Peru, Colômbia e Chile o bambu é utilizado a centenas de anos, tanto em artesanato como na habitação. Existem nesses países programas de habitação que utilizam bambu, evidenciando que o potencial socializador desta planta está cada vez mais sendo percebido como de importância vital no desenvolvimento de países periféricos. No Brasil o interesse da comunidade acadêmica é crescente. O país possui mais de 240 espécies diferentes desta planta e é o campeão em biodiversidade das Américas, o que pode proporcionar à população o surgimento de uma nova fonte de trabalho, renda e moradia.

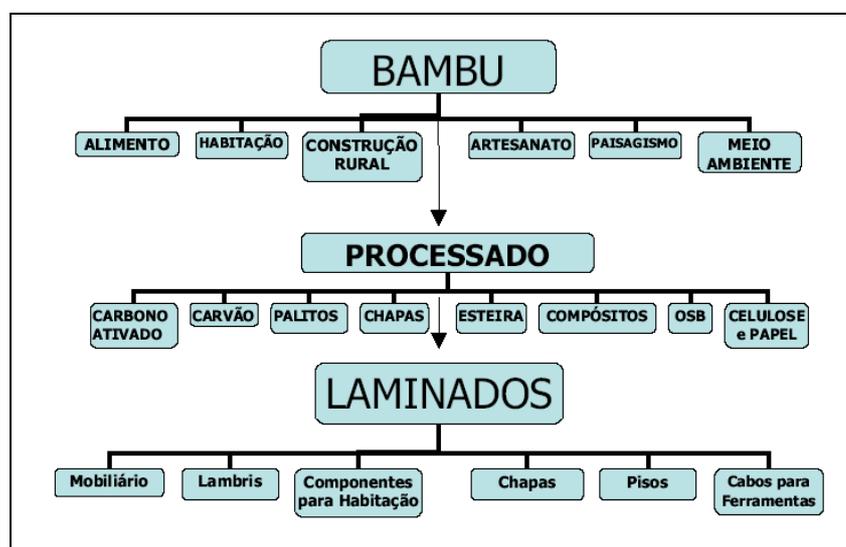


Figura 6: Organograma das possibilidades do bambu (Fonte: Pereira, 2007, apud Cardoso, 2008)

A destinação do bambu como matéria-prima para a geração de trabalho e renda vem sendo utilizada com sucesso há cerca de 15 anos pelo Programa de Desenvolvimento do Ciclo do Bambu no Brasil, da BAMCRUS – Bambuzeria Cruzeiro do Sul, uma organização não governamental de Belo Horizonte. Presente em sete estados, o programa beneficia diretamente cinco mil pessoas de baixa-renda. Os principais objetivos do programa são a promoção do bem estar físico, social, cultural e econômico e a reintegração da população excluída ao meio produtivo.

Ainda conforme a Bambuzeira BAMCRUS, do ponto de vista agrícola a cultura do bambu é economicamente compensadora, por ser perene e produzir colmos assexuadamente, ano após ano, sem necessidade de replantio e com grande rendimento anual por unidade de área. O bambu também é utilizado como combustível e papel. Estudos recentes apontam que o álcool etanol pode ser retirado do bambu e que o carvão de bambu é de excelente qualidade, além disso, o rápido crescimento da planta permite equilibrar a emissão e absorção do gás carbônico, sendo assim considerada uma excelente seqüestradora de carbono, melhor inclusive que o eucalipto e com a vantagem de crescer após o corte sem precisar de replantio. O papel de bambu tem a mesma qualidade que o papel de madeira, oferecendo seis vezes mais celulose que o pinheiro. O Brasil é o único país das Américas a ter uma indústria de papel de bambu, com uma grande plantação no Estado do Maranhão.

Do ponto de vista energético, uma comparação das energias requeridas para se obter uma unidade de diferentes materiais, dá uma idéia da sustentabilidade do bambu, conforme mostra a Tabela 1. Maior consumo energético pode ser traduzido em queima de combustíveis fósseis e não renováveis, com a emissão de gases para a atmosfera, acelerando o processo de aquecimento global. Verifica-se que o bambu é o material de mais baixo consumo energético, devido ao fato de que este não necessita de transformação, pois possui naturalmente forma adequada, acabamento e resistência (GHAVAMI, 1995).

<b>Material</b>	<b>Energia (MJ/m<sup>3</sup> por N/mm<sup>2</sup>)</b>
Aço	1.500
Concreto	240
Madeira	80
Bambu	30

Tabela 1. Consumo Energético por Material (Fonte: ENEGEP, 2003)

Diante da necessidade de se propor opções construtivas que se apresentem como alternativas inovadoras do ponto de vista do Brasil, perante

o atual modo de construção do espaço habitado pelo homem, o bambu parece ser uma possibilidade viável de construção menos agressiva ao ambiente natural.

## 1.2. Bambu

### 1.2.1. Considerações sobre o Bambu

O bambu é uma planta conhecida desde a antigüidade e tem sido utilizada para os mais diversos fins, principalmente nos países asiáticos. Segundo Valenovsky (1928) apud Oliveira (1980) a origem do bambu situa-se na era Cretácea, um pouco antes do início da Época Terciária, quando se originou o homem. Pode-se dizer que com o começo da civilização na Ásia a história do bambu se inicia. Já na pré-história o bambu fazia parte significativa da vida do homem.

Existe no mundo 47 gêneros e 1250 espécies de bambu, dos quais, só no Japão encontram-se 13 gêneros e 662 espécies; porém, a classificação botânica do bambu é muito difícil de ser feita, pois a maior parte das espécies floresce e algumas dão frutos em intervalos de tempo muito longos (30, 60 e até 120 anos) e as são flores e os frutos que permitem a classificação, afirma Makito (1976) apud Oliveira (1980).

O botânico Clure (1973) apud Oliveira (1980), fez uma revisão na classificação dos bambus nos continentes; excetuando a Europa, todos os demais continentes têm espécies nativas de bambu (Figura 7).



Figura 7: Regiões nativas do bambu. (Fonte: Graça, 1988, apud Oliveira (1980))

O bambu é constituído de uma série de eixos formados por segmentos que se constituem nos nós e entrenós, variando em sua forma segundo correspondem raiz, rizoma, ao caule ou às ramagens (Figura 8).

Ainda segundo este autor, o rizoma do bambu, além das funções de reserva de alimento e estrutural de fixação da planta no solo, é também um elemento básico para a propagação, que ocorre pela sua ramificação. O caule é cilíndrico, com entrenós ocios e nós apresentando internamente septos que interrompem o vazio dos entrenós.

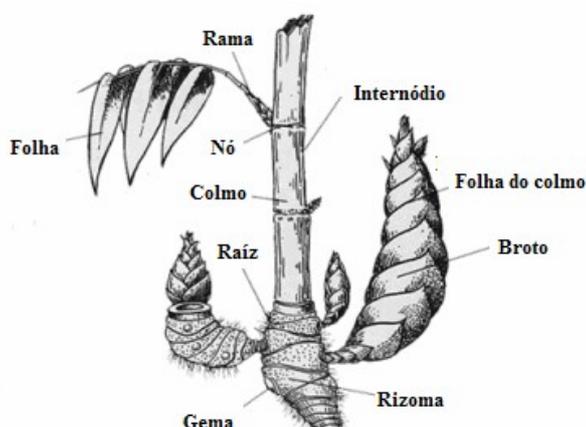


Figura 8: Partes constituintes do bambu (Fonte: Oliveira, 1980).

O bambu é pouco exigente com relação ao solo e ao clima. Desenvolve-se melhor em solo arenoso e leve, de boa drenagem, profundo e de nível médio de fertilidade. São encontrados desde o nível do mar até elevações alpinas. Distribuem-se naturalmente dos trópicos às regiões temperadas com maior ocorrência nas zonas quentes e com chuvas abundantes das regiões tropicais e sub-tropicais da Ásia, África e América do Sul.

Segundo dados do site da Bambuzeria Cruzeiro do Sul - BAMCRUS - no Brasil, as espécies mais comuns são:

- Bambu-verde (*Bambusa vulgaris*);
- Bambu-imperial (*Bambusa vulgaris* - variedade *vittata*);
- Bambu-comum (*Bambusa tuldoides*);
- Bambu-gigante ou Bambu-balde (*Dendrocalamus giganteus*);

- Bambu-chinês (*Phyllostachys*).

Essas espécies são de origem asiática, são chamadas de exóticas e foram trazidas para o Brasil por imigrantes portugueses, tendo aqui uma boa adaptação expandindo-se por quase todo território nacional, com maior incidência nos Estados do Acre, Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro. No Brasil, as espécies nativas são em sua maioria ornamentais. O país apresenta um grande número destas e grandes áreas de florestas naturais de bambu. Conhecidas de acordo com a região de ocorrência, com nomes de canbaúba, cana-brava, taboca, taquara, taquari e taquaraçu.

- Canbaúba: centro e no norte do estado de Minas Gerais e também no Triângulo Mineiro;
- Cana-brava (*Anthroxanthium*) encontrada no município de Uberaba, Minas Gerais;
- Taboca (*Antrostilidium pubescens*) encontrada em várias partes do país, recebe em Pernambuco o nome de taquara, e em várias outras regiões é conhecida como cana-brava-do-mato;
- Taquara encontrada em quase todo o território de Minas Gerais e em algumas regiões do estado de Goiás;
- Taquari pode ser encontrada em várias regiões do Brasil;
- Taquaraçu pode ser encontrada em quase todo o Brasil, mas principalmente na floresta amazônica.

Em 1906, Alberto Santos Dumont (1873-1932), o pai da aviação, decolou em Paris com seu avião 14-Bis, cuja estrutura era de bambu com juntas de alumínio. Nas primeiras bobinas elétricas, Thomas A. Edison, seu inventor, utilizou filamentos carbonizados de bambu ([www.bamcrus.com.br](http://www.bamcrus.com.br)). O Taj Mahal, considerado uma das mais perfeitas jóias da arte muçulmana na Índia, construído em mármore branco e rodeado de maravilhosos e elaborados jardins, teve sua cúpula feita com bambu, a qual só foi reformada atualmente e substituída por aço.

### 1.2.2. Propagação do bambu

Os bambus propagam-se através de sementes ou fracionamento vegetal, descreve Clure (1973), apud Oliveira (1980). A reprodução por semente é pouco utilizada, sendo que depende do florescimento, que ocorre muitos anos após o nascimento da planta. O momento mais adequado para colher às sementes é após o seu amadurecimento. A reprodução por fracionamento pode se dar pelo método de transplante direto do rizoma, do caule e por segmentos do caule, que neste deve existir o caule as ramas e o rizoma. O sistema por rizoma exige que o mesmo tenha gemas ainda não desenvolvidas e de preferência que seja rizoma jovem. O nascimento de novos colmos anualmente se efetua assexuadamente por ramificação destes rizomas. Esta ramificação ocorre de duas maneiras distintas, dando origem aos dois principais grupos de bambu: o grupo tipo moita, onde os colmos nascem e se desenvolvem agrupados uns aos outros e o grupo de bambu tipo alastrante, onde os colmos nascem e se desenvolvem separados uns dos outros. (Figuras 9 e 10 respectivamente).

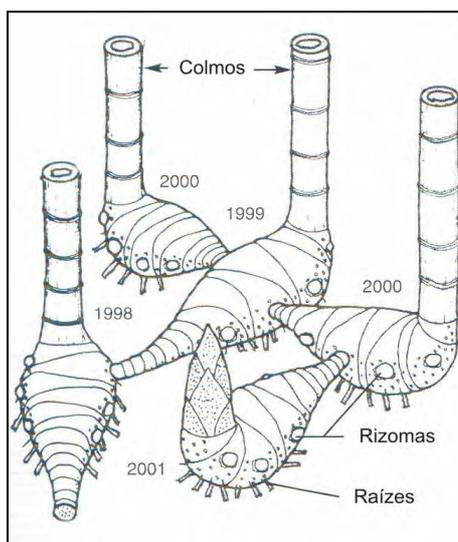


Figura 9: Rizoma tipo paquimorfo ou moita. (Fonte: Oliveira, 1980).

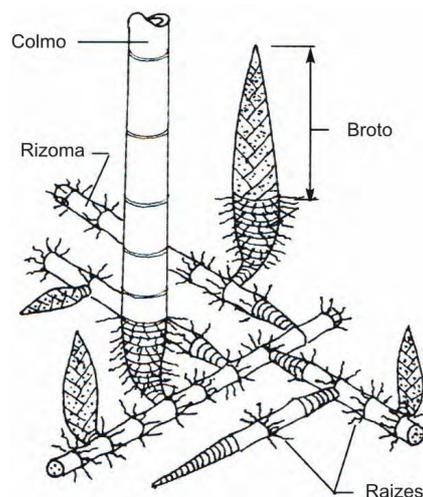


Figura 10: Rizoma tipo leptomorfo ou alastrante. (Fonte: Oliveira, 1980).

O método pelo segmento do caule, constitui-se do enraizamento de estacas ou pedaços de colmos e ramos. Nesse caso, cortam-se pedaços de 60 a 120 cm de comprimento, contendo nós com gemas. Os pedaços cortados poderão ser colocados no solo deitados ou oblíquos (Figura 11).

O método do transplante de caule, no mesmo, deve haver ramos, folhas e rizoma, comenta Graça (1988).

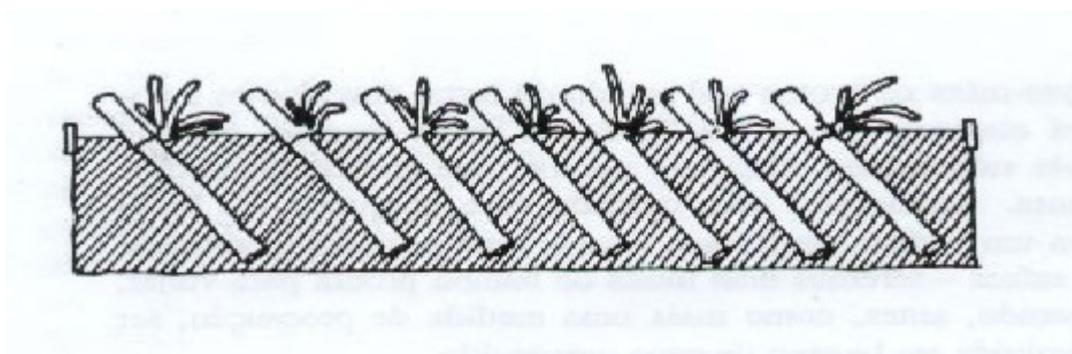


Figura 11: Canteiro de propagação de estacas de bambu. (Fonte: Oliveira, 1980).

### 1.2.3. Colheita e Corte do bambu

O corte do bambu deve ser feito com ferramenta (normalmente utiliza-se o machado) bem afiada para não rachar o toco do bambu. Além disso, o corte deve ser feito a, no mínimo, 30 cm do solo e logo acima de um dos nós, para não permitir a entrada de água da chuva. Se isto acontecer, os rizomas poderão morrer e não emitirão brotos. Portanto, ao se fazer o corte em uma touceira de bambu, é preciso estar atento para a maneira como será feito, criando condições para que os rizomas da planta cortada emita novos brotos, garantindo, assim, a sobrevivência da touceira, comenta Pereira (1990). Além do corte, outros pontos também devem ser levados em consideração para garantir a manutenção da touceira:

- O número de colmos extraídos em uma touceira em uma única vez poderá atingir, no máximo, 50% do total;
- Retirar os colmos velhos e deteriorados, bem como o excesso de folhas de dentro da touceira, antes de cortar os bambus sadios e maduros;
- Cortar somente os colmos maduros, preservando os mais novos;
- As estações certas para colheita são o outono e o inverno nos subtrópicos, e na estação seca nos trópicos (quando os insetos estão em estado de hibernação).
- O corte deve ser feito na lua minguante, fase em que a seiva circulante da planta diminui de volume e ocorre a menor troca de umidade entre o bambu e o solo, protegendo, assim, o caule contra a ação de insetos e fungos.

A falta de método no corte do bambu pode levar a apreciáveis perdas.

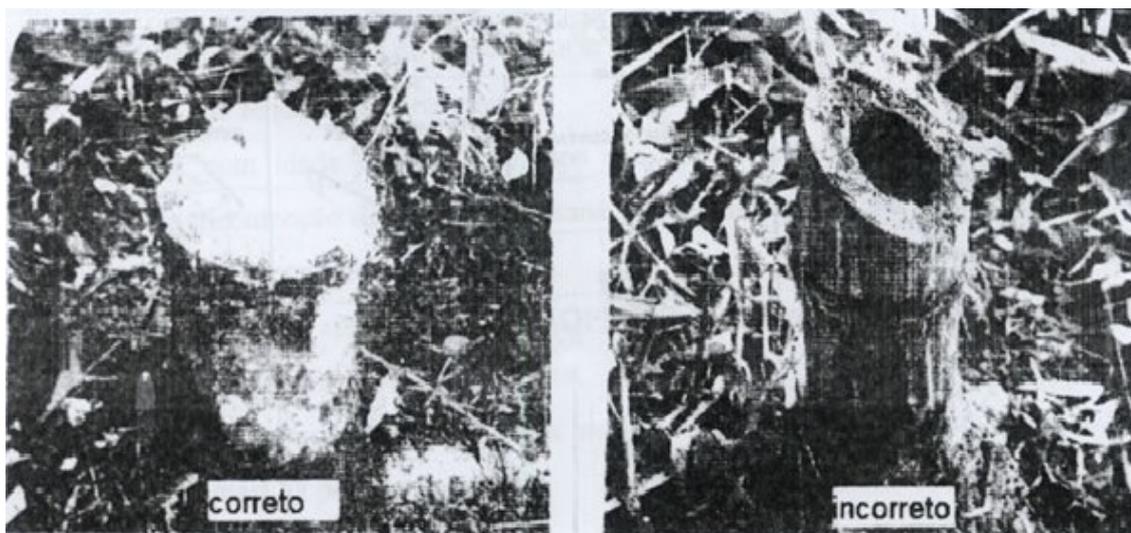


Figura 12: Corte correto e incorreto de colmo de bambu. (Fonte: Pereira; 1990).

#### 1.2.4. Tratamentos

Igual a madeira, algumas espécies de bambu são mais propensas que outras ao ataque de insetos e fungos, portanto, devem ser tratadas com produtos químicos inseticidas (contra insetos) e fungicidas (contra fungos). Este tratamento inicia após o corte do caule. Alguns desses tratamentos consistem em tirar a seiva e reduzir o amido dos caules, pois segundo Plank (1977) apud Oliveira (1980), quanto maior a quantidade de amido e umidade dos caules, maior é a tendência de ataque por insetos xilófagos e fungos.

Segundo Prushothan, Sudan e Sagar (1953) apud Oliveira (1980), a cura pode ser feita na mata, quando os caules cortados são recostados junto aos caules não cortados, na posição mais vertical possível, sem remover as folhas nem os ramos, afastando-os do solo, apoiando-se sobre pedras ou outro tipo de suporte, por aproximadamente 8 semanas. Com esse tipo de cura, os caules mantêm seu colorido natural, não se racham e resistem ao ataque dos fungos.

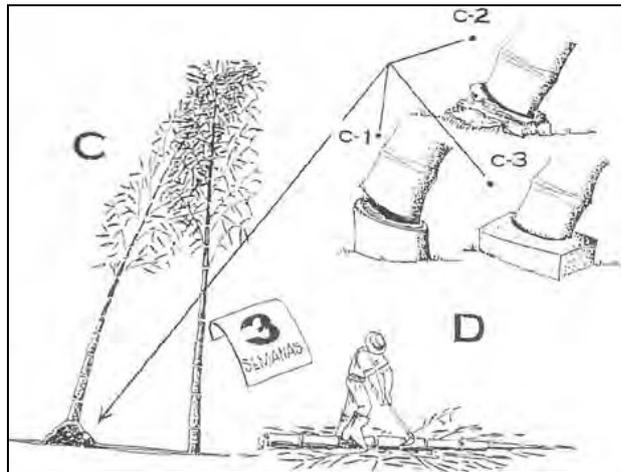


Figura 13: Cura do bambu na mata. (Fonte: Oliveira, 1980).

Para uma maior rapidez da cura do caule do bambu, Plank (1977) apud Oliveira (1980), desenvolveu a cura por aquecimento, que consiste em colocar os caules cortados sobre o fogo, girando-os sem queimá-los. Com este procedimento mata-se qualquer inseto que estiver em seu interior. O fogo endurece as paredes externas imunizando-as ao ataque dos insetos. Figuras 14,15 e 16.

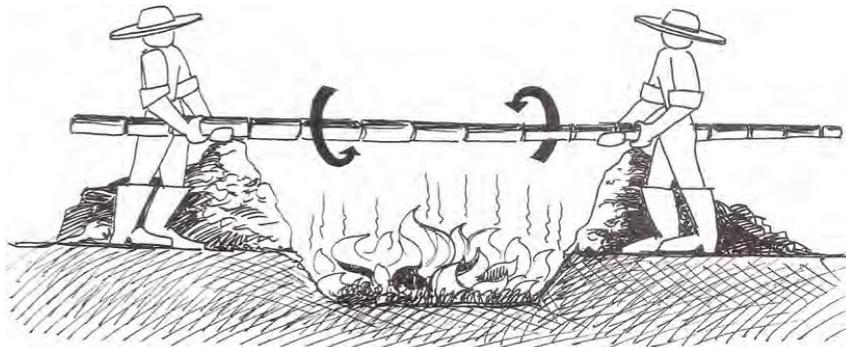


Figura 14: Cura do bambu por aquecimento (Fonte: Oliveira, 1980).



Figura 15: Cura do bambu por aquecimento (Fonte: Nunes, 2005).

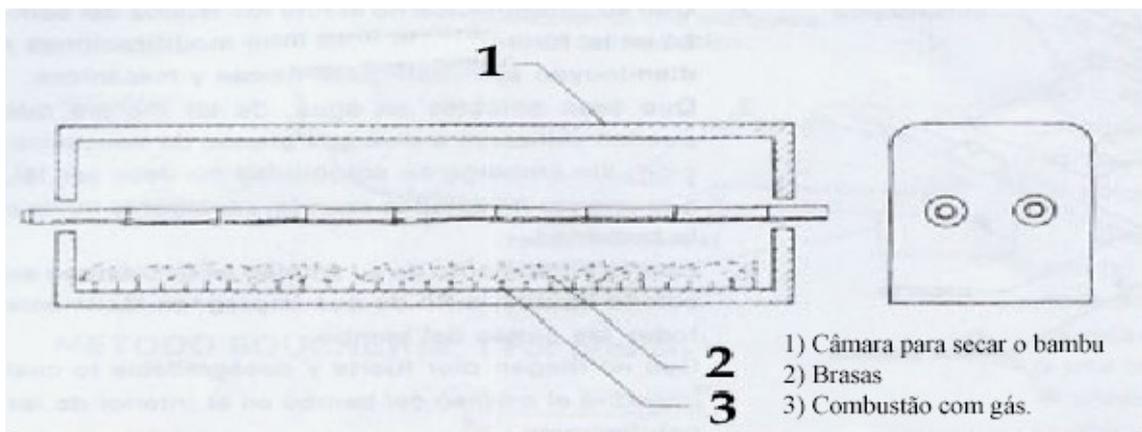


Figura 16: Corte esquemático do sistema de cura por aquecimento (Fonte: Lopez; 1974).

Já White (1948) apud Oliveira (1980), descreve um tratamento por imersão que consiste em manter os caules submersos em água por mais de 4 semanas. A água penetra no interior do caule, expulsando o amido, deixando o caule protegido de fungos e insetos. Figura 17.

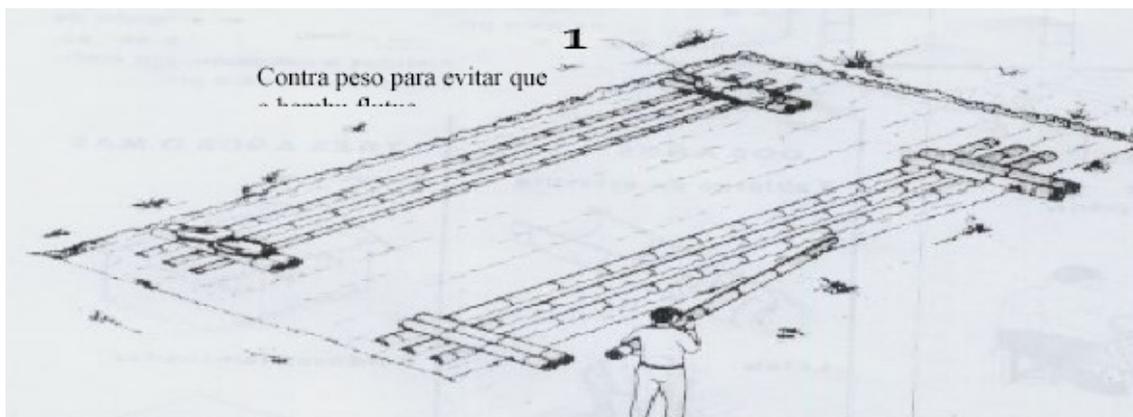


Figura 17: Tratamento do bambu por imersão na água (Fonte: Lopez; 1974).

Idealizado por Boucherie (1873) apud Oliveira (1980), o tratamento consiste em fazer penetrar pelo extremo do bambu, através de pressão hidrostática, sulfato de cobre que expulsa a seiva ocupando o seu lugar. Introduce-se um tubo de borracha no extremo do caule do bambu (sem ramos e folhas) e se enche de preservativo. Feito isto, cerra-se a outra extremidade do bambu e se coloca na posição vertical, de tal forma que o preservativo fique na parte superior e penetre no interior do caule por pressão hidrostática. Dependendo do tamanho do bambu, este método pode levar 2 semanas.

Dos produtos preservativos de uso corrente destacam-se sais e azeites que são soluções de creosoto e petróleo com pentaclorofenol, empregando nos bambus que vão ficar em contato direto com a água e umidade do solo. Já os sais são aplicados dissolvidos em água. (Figura 18).

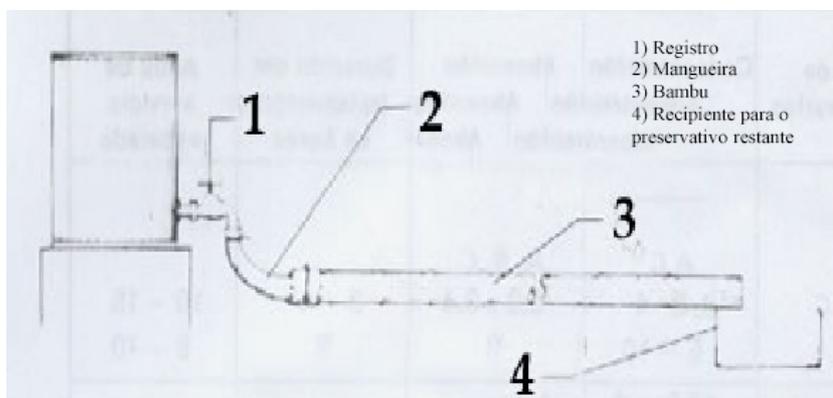


Figura 18: Método Boucherie (Fonte: Lopez; 1974).

O método Boucherie modificado é mais rápido e permite tratar vários bambus ao mesmo tempo. O método implica em aplicar uma pressão de 10 a 15 libras no recipiente do preservativo, ao invés de fazê-lo penetrar por gravidade. A pressão provoca uma rápida penetração e absorção do preservativo e inclusive dispensa a necessidade de colocar o bambu na posição vertical. Na maior parte dos casos, após 2 ou 3 minutos de aplicada a pressão, começam a sair gotas de seiva pelo extremo oposto ao da introdução do preservativo.

O tratamento está completo quando a concentração da cor do líquido que sai é igual à do depósito. (Prushothan, Sudan e Sagar, 1953, apud Oliveira, 1980) (Figura 19).

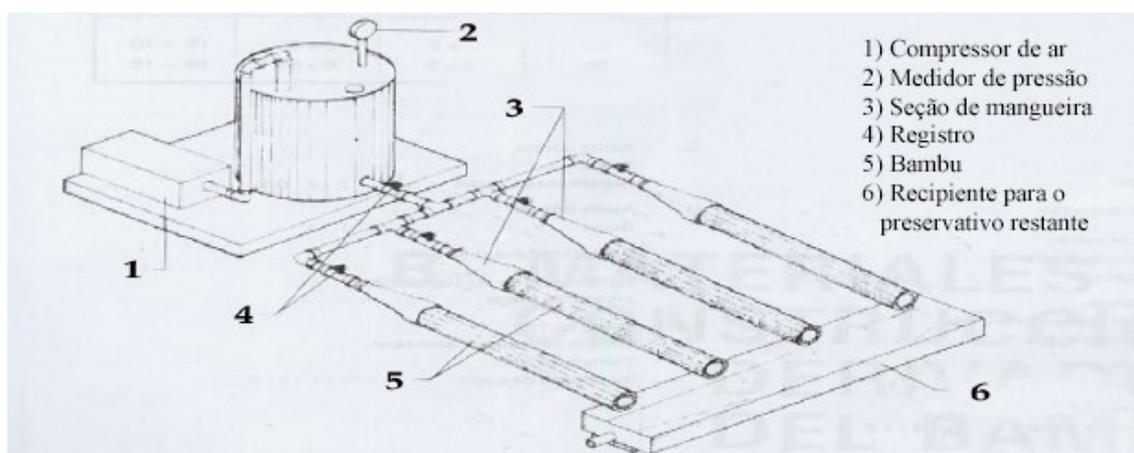
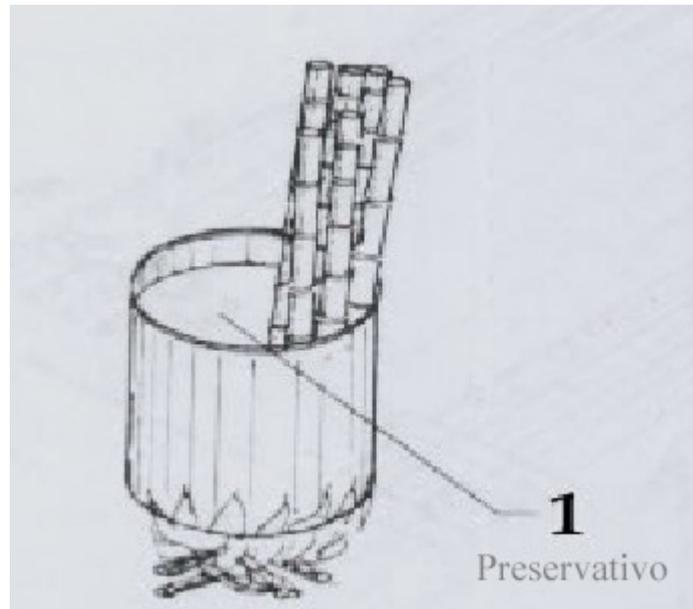


Figura 19: Método Boucherie Modificado (Fonte: Lopez; 1974).

O método da substituição de seiva consiste em tratar as peças ainda verdes (recém cortadas) introduzindo-as, verticalmente, em um tambor ou recipiente semelhante, contendo a solução preservativa (Arseniato de cobre cromato), onde devem permanecer por um período de 5 a 15 dias (dependem da espécie e da espessura do bambu). A seiva, na parte superior das hastes, que se encontra fora da solução preservativa, criará uma diferença de pressão, resultando na absorção da solução pelas hastes, através da parte inferior das peças de bambu, que se encontram mergulhadas na solução, deve-se repor a

solução periodicamente. Para acelerar o tratamento, pode-se aquecer a solução, fazendo com que a seiva evapore mais rapidamente e o tratamento acabe em menos tempo. (Figura 20).



**Figura 20:** Método de substituição de seiva. (Fonte: Lopez; 1974)

### 1.2.5. Secagem

A secagem do bambu é desejável tanto quanto o é para qualquer madeira que vá ter uso na construção civil.

A secagem no ar, os caules são empilhados na posição horizontal, protegidos da ação do sol e da chuva através de cobertura. A duração do processo de secagem depende do teor de umidade da atmosfera, comenta Reis (1959). (Figura 21)

Já a secagem em estufa, o controle da temperatura, umidade relativa e a circulação de ar podem ser total, sendo que este sistema é mais rápido que a secagem ao ar. (Figura 22)

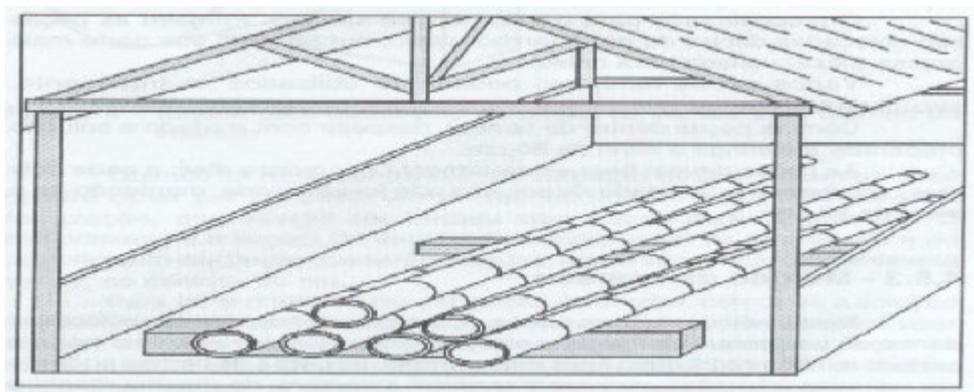


Figura 21: Secagem no ar. (Fonte: [www.ebiombu.com.br](http://www.ebiombu.com.br)).

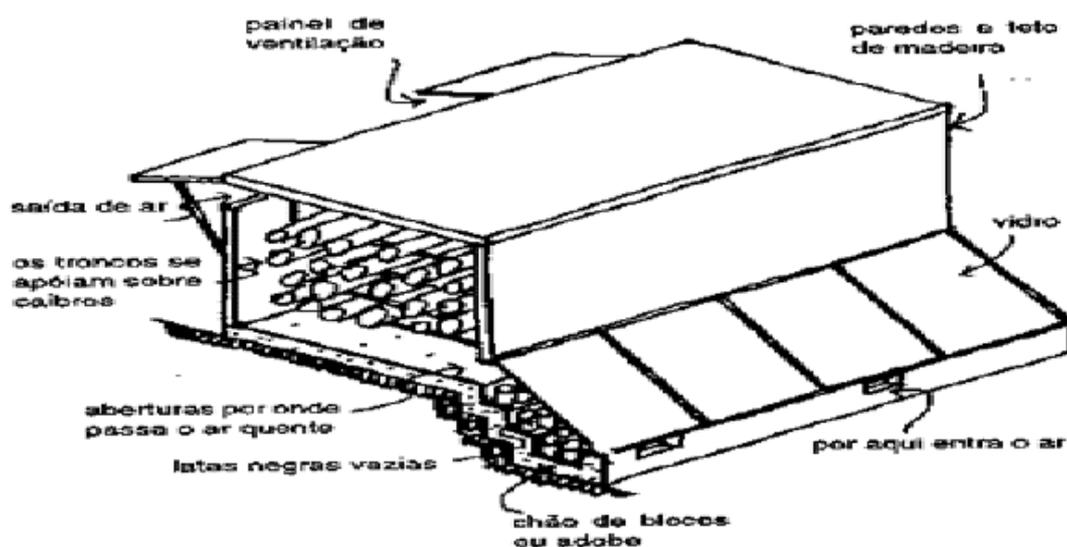


Figura 22: Estufa para Secagem de Bambu. ([www.ebiombu.com.br](http://www.ebiombu.com.br)).

Outro processo de secagem dos caules do bambu é através do fogo aberto, que consiste em colocar os caules apoiados em dois suportes a uma altura de aproximadamente 0,50m do solo. Sob os caules são colocados carvões ou madeira em brasa, não devendo ultrapassar a altura de 0,15m do solo, para que se mantenham a uma distância aproximada de 0,35m dos caules, a qual, devem ser girados constantemente. (Figura 23)

A secagem provoca gretas que se originam nos nós e nas zonas deterioradas, ocasionadas pelo mau estado do caule e a excessiva contração do material. Pode ocorrer o aparecimento de rachaduras nos extremos do

bambu, quando submetidos a secagem em estufa ou ao ar livre, causado por grande contração.

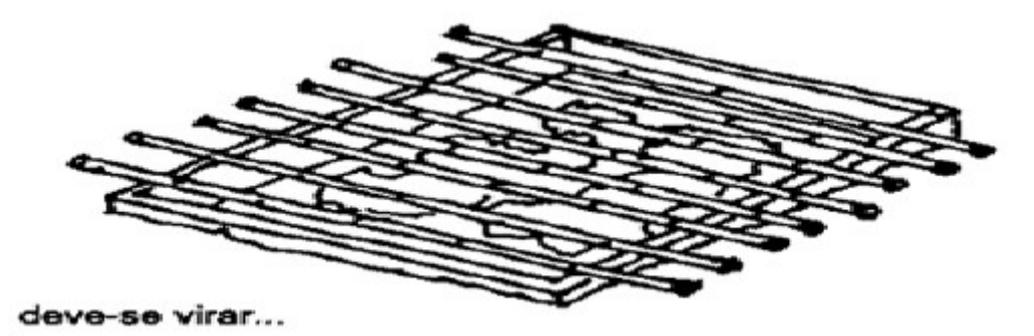


Figura 23: Secagem das peças de bambu ao fogo ([www.ebiombu.com.br](http://www.ebiombu.com.br)).

#### 1.2.6. Propriedades físicas

GHAVAMI (1995) descreve que uma característica que diferencia o bambu de outros materiais vegetais estruturais é a sua alta produtividade, pois dois anos e meio após ter brotado do solo, o bambu possui resistência mecânica estrutural elevada, não havendo, portanto, nesse aspecto, nenhum concorrente no reino vegetal. Somam-se as características favoráveis uma forma tubular acabada, estruturalmente estável, uma baixa massa específica, uma geometria circular oca, otimizada em termos da razão resistência / massa do material. O crescimento do bambu é diferente das madeiras convencionais, seu crescimento é feito no sentido do solo para o topo e as partes mais próximas do terreno são as mais antigas possuindo propriedades mais vantajosas quanto à resistência e durabilidade.

As características mecânicas do bambu são influenciáveis principalmente pelos seguintes fatores: espécie, idade, tipo de solo, condições climáticas, época da colheita, teor de umidade das amostras, localização destas com respeito ao comprimento do colmo, presença ou ausência de nós nas amostras testadas e o tipo de teste realizado. O ótimo desempenho estrutural dos bambus quanto à compressão, torção, flexão e, sobretudo quanto à tração é

conferido pela sua volumetria tubular e pelos arranjos longitudinais de suas fibras que formam feixes de micro tubos (Ghavami,1995).

As espécies selecionadas pelo uso que vem se fazendo do bambu são as que apresentaram na prática, melhor comportamento à solicitação dos esforços de tração e compressão.

Quanto à resistência à tração, os resultados foram obtidos através de ensaios utilizando réguas de bambu das espécies *Plyllostachys pubescenes* e *Dendrocalamus strictus*, a conforme descreve Datta (1936) apud Oliveira (1980). (Figura 24)

De acordo com Glenn (1936) apud Oliveira (1980) o nó é a parte mais frágil de um caule submetido à tração.

Para a determinação do módulo de elasticidade à compressão na zona do nó, foram testadas peças de 0,30m de comprimento e 0,03m de diâmetro externo e 0,0045m de espessura da parede, proporção que evita o fenômeno de flambagem.

Para a determinação da resistência à flexão, a experiência foi feita com varas de bambu com diâmetro externo de 0,07m e 0,08m, apoiadas sobre 2 suportes distanciados em 1,75m. (Figura 25)

Para a determinação do módulo de elasticidade à flexão, o ensaio foi realizado para medir a resistência à tração das áreas externas e internas das paredes do caule. Podem ser distinguidas 2 camadas: uma interna de coloração branca e porosa, equivalendo a aproximadamente 70% da espessura da parede; outra, externa, de coloração escura e compacta, perfazendo 30% da espessura total. Nas tabelas 2 e 3, são apresentados alguns resultados das propriedades mecânicas para duas espécies de bambu.



Figura 24: Corpos de prova e Ensaio à tração do bambu (Fonte: Nunes, 2005)



Figura 25 : Ensaio à flexão em uma amostra de Bambu (Fonte: Nunes, 2005)

<b>Resistência à tração na zona do internódio (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>					
<i>Plyllostachys pubescenes</i>			<i>Dendrocalamus strictus</i>		
Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima
1.293,0	1.893,0	2.312,0	948,0	1.094,0	1.239,0
<b>Módulo de resistência à tração na zona do internódio (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>					
<i>Plyllostachys pubescenes</i>			<i>Dendrocalamus strictus</i>		
Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima
88.589,0	190.677,0	364.972,0	124.306,0	140.233,0	158.687,0

Tabela 2. Resistência à tração e módulo de resistência à tração na zona de internódio (Fonte: Datta, 1936, apud Oliveira, 1980)

PROPRIEDADES	ESPÉCIES	
	<i>Plylostachys pubescenes</i>	<i>Dendrocalamus strictus</i>
Resistência à tração na zona do nó (Kg/cm <sup>2</sup> )	1.472,00	1.094,00
Módulo de elasticidade à tração na zona do nó (Kg/cm <sup>2</sup> )	225.691,00	153.467,00
Resistência à compressão na zona do internódio (Kg/cm <sup>2</sup> )	489,00	350,00
Módulo de elasticidade à compressão na zona do internódio (Kg/cm <sup>2</sup> )	226.253,00	155.382,00
Resistência à compressão na zona do nó (Kg/cm <sup>2</sup> )	484,00	328,00
Módulo de elasticidade à compressão na zona do nó (Kg/cm <sup>2</sup> )	237.995,00	156.085,00
Resistência à flexão (Kg/cm <sup>2</sup> )	935,00	1.022,00
Módulo de elasticidade à flexão (Kg/cm <sup>2</sup> )	193.864,00	177.881,00
Peso específico (Kg/cm <sup>3</sup> )	0,79	0,62

Tabela 3. Propriedades mecânicas do Bambu (Fonte: Datta, 1936, apud Oliveira, 1980)

### 1.3 Uso do bambu na construção civil

No setor da construção civil, o uso do bambu é bastante difundido na Ásia e em outros países da América Latina, como Peru, Equador, Costa Rica e Colômbia.

O uso do bambu na construção civil ainda é pequeno, mas seu potencial é imensurável ao se levar em conta a evolução de processos de tratamento, produção e estocagem para o bambu roliço (in natura) e a evolução da tecnologia para o processamento e produção do laminado colado de bambu - mais conhecido na China como LBL (Laminated Bamboo Lumber). Esse último, pode ser utilizado na fabricação de painéis divisórios, forros, pisos, molduras, esquadrias, móveis e revestimento. O uso do bambu pode reduzir o valor final de obras de interesse social e facilitar a implantação de construções rurais, já que o material pode ser plantado, colhido e tratado pelo próprio dono da propriedade.

A utilização do bambu na construção civil requer mão de obra especializada, apesar de o sistema construtivo ser bastante simples. Como qualquer outro material o bambu é bastante resistente a certos esforços e não tão resistente a outros. Por essa razão é necessário um estudo e acompanhamento de profissionais para a confecção de conexões e de posicionamento das varas para um adequado projeto estrutural. Vale salientar que o uso de conexões é praticamente ilimitado. Com a noção das forças atuantes no local da conexão e com um bom entendimento de como essas forças atuam sobre o bambu, é possível o uso de conexões de várias formas, e feitas de vários materiais de acordo com o gosto, disponibilidade e custo total da obra.

Apesar do bambu ter um preço mais baixo que outros materiais, o valor final ainda não pode ser considerado muito inferior a obras convencionais. Isto se deve ao fato de não existirem fornecedores de grande porte que garantam a qualidade do tratamento químico e secagem das varas de bambu e do custo da mão de obra ainda ser elevado devido à falta de pessoal capacitado em construção com bambu. Muitas vezes o responsável pela obra também é responsável pelo corte e tratamento. Tendo em vista que a maior parte de reservas naturais de bambu não tem manutenção quanto ao corte para facilitar o acesso, tornam-se muito difíceis de atingir as mesmas, fazendo com que o corte e transporte do bambu onerem ainda mais o valor da obra.

### **1.3.1. Bambu roliço**

Segundo Cardoso (2000), o bambu roliço é considerado uma das formas mais utilizadas do bambu como elemento estrutural, sendo que não é necessário a utilização de nenhum equipamento mais sofisticado, podendo gerar a diminuição do custo de produção da construção.

As principais dificuldades encontradas para se utilizar peças roliças são a presença de curvaturas (causa irregularidades na superfície das paredes e imprecisão nas dimensões dos componentes) e a necessidade de um estudo das ligações (exigências de encaixes mais elaborados para o enrijecimento

das conexões). Nas figuras 26, 27, 28 e 29 são apresentados alguns exemplos de usinagem das peças para permitir as ligações entre bambus.

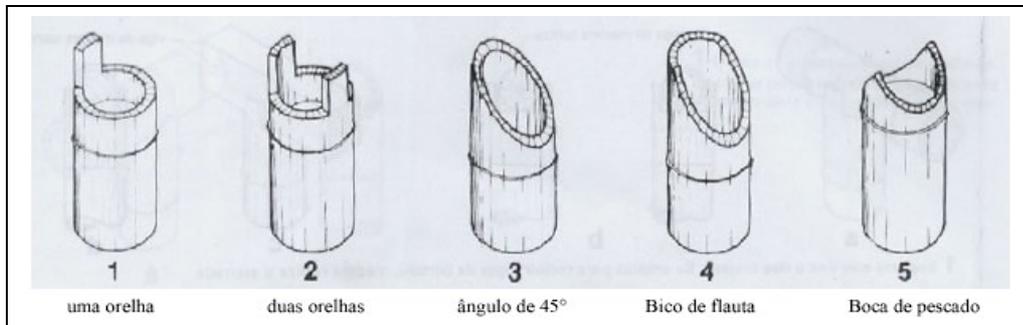


Figura 26: Tipos de entalhes mais utilizados (Fonte: LOPEZ, 1974)

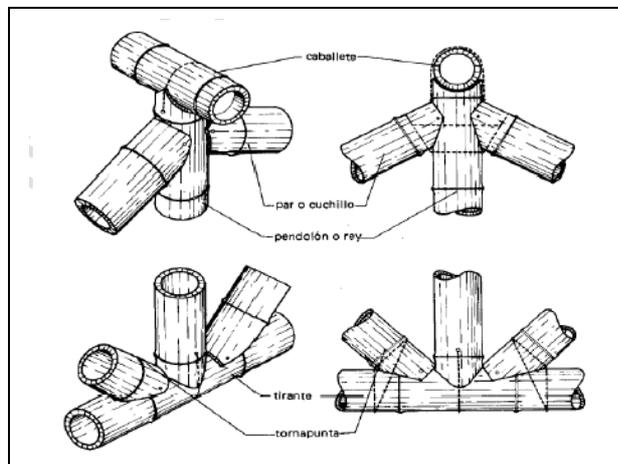


Figura 27: Variação de ângulos e cortes (Fonte: LOPEZ, 1974)

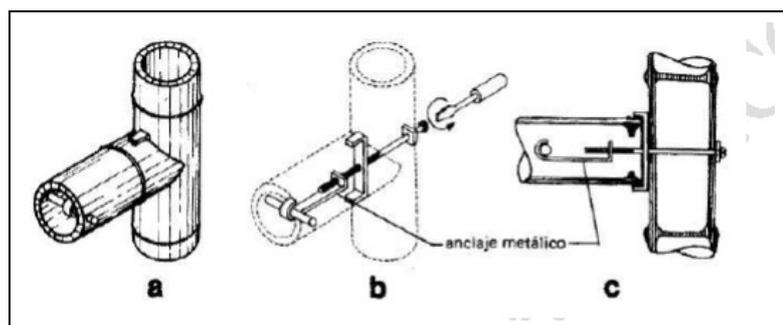


Figura 28: Sistema de conexão boca de peixe (Fonte: LOPEZ, 1974)

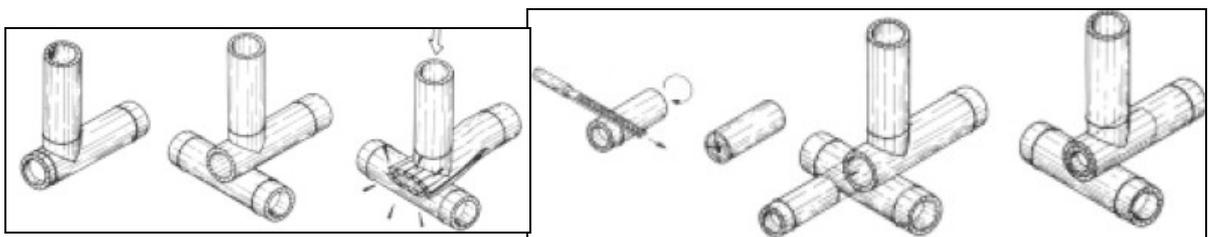


Figura 29: Sequência de esmagamento e enrijecimento das ligações (Fonte: HIDALGO, 1981, apud OLIVEIRA, 1980)

### 1.3.2. Esterilhas

As esterilhas são obtidas com a abertura do bambu longitudinalmente, retirando-se os nós e martelando-se a peça para formar uma tábua de bambu a parte interna dos colmos deve ser removida para maior proteção contra ataque de insetos. (Figura 29) Estas tábuas de bambu são utilizadas para a execução de painéis que são utilizadas como elemento de vedação e de cobertura como forro ou como elemento de sustentação. (Figura 30)

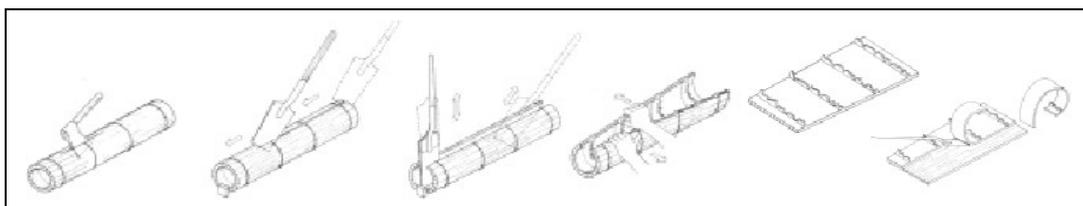


Figura 30: Processo de abertura para esterilha (Fonte: LOPEZ, 1974)



Figura 31: Esterilhas sendo presas na grade de madeira com auxílio de pregos e arame recozido (Fonte: Nunes, 2005)

### 1.3.3. Bambu em Tiras

O bambu em tiras é uma forma de utilizar o bambu que tem sua denominação atribuída às peças de bambus abertos longitudinalmente em tiras de largura igual a 1/2; 1/4 ou mais; do diâmetro do bambu; e são utilizadas na execução de painéis de cobertura e de vedação; podendo ou não serem revestidas com argamassa de reboco (CARDOSO, 2000). Em geral, na sua produção são utilizadas ferramentas apropriadas (Figura 31) que permitem dividir o bambu em diversas partes.

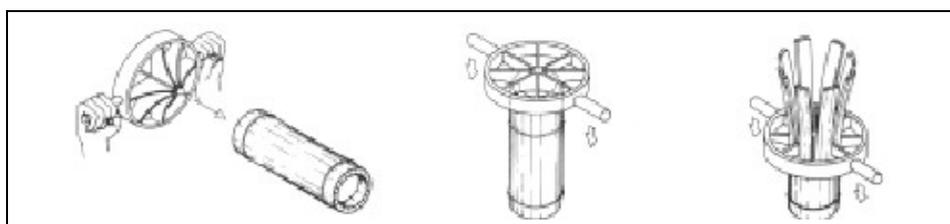


Figura 32: Corte do Bambu em tiras com faca múltiplo corte  
(Fonte:LOPEZ, 1974)

#### **1.3.4. 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.

#### **1.3.5. Chapas de Bambu**

Segundo publicações das Nações Unidas (1972) apud Cardoso (2000), o uso de chapas de bambu é encontrado na URSS, Romênia, Índia, China e outros países. São utilizadas geralmente em locais onde não haverá grandes solicitações estruturais como elementos de vedação e cobertura na construção de casas, abrigos provisórios e construções rurais.

## 1.4. Componentes para Construção de Bambu

Segundo Cardoso (2000), podem-se identificar alguns componentes produzidos utilizando-se o bambu como: elementos estruturais, painéis de fechamento, cobertura, portas e janelas. Serão apresentados abaixo dois componentes e, respectivas variações, de maior utilização nas habitações de interesse social de bambu. São eles: sistemas de cobertura e painéis de fechamento.

### 1.4.1. Cobertura

I. Cobertura com telhas do 1/2 bambu: Os bambus que são utilizados tem diâmetros superiores a sete centímetros e são divididos longitudinalmente ao meio, retirando-se os diafragmas. De maneira similar ao encaixe de telhas romanas, na primeira camada os bambus são fixados aos caibros lado a lado com a face côncava para cima e, na segunda camada sobreposta sobre a primeira, com o lado côncavo para baixo, fixados com auxílio de arame recozido. (Figura32) A declividade mínima da cobertura deve ser de 30°. Esta cobertura apesar de ser leve, pode ser completamente impermeável a água.

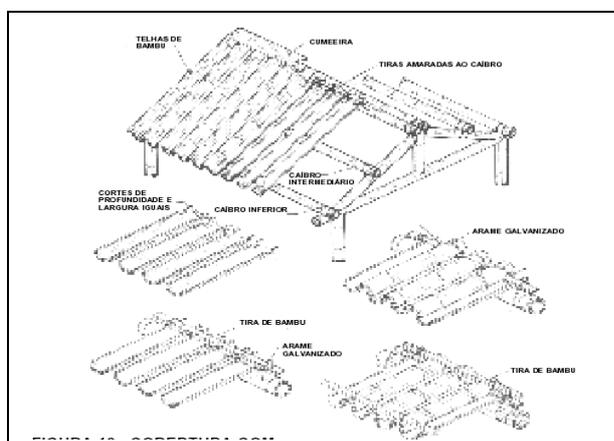


Figura 33: Esquema de cobertura com telhas do 1/2 bambu (Fonte: HIDALGO, 1981, apud CARDOSO, 2000)

II. Cobertura com ripas de bambu: as ripas deverão ter largura mínima de quatro centímetros e comprimento igual à distancia entre os nós. São feitas através de cortes em colmos maduros de diâmetro superior a sete centímetros. No extremo das pequenas peças forma-se uma lasca que se prende às ripas de bambu, já fixas na estrutura do telhado (Figura 33 e 34). A inclinação deverá ser maior do que 30°.

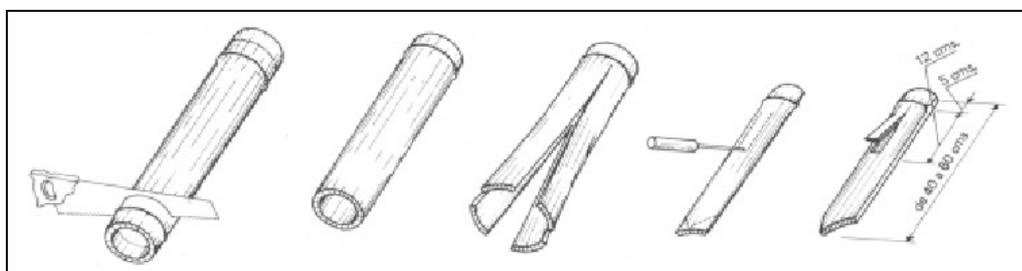


Figura 34: Corte do bambu para execução de telhas (Fonte: HIDALGO, 1981, apud CARDOSO 2000)

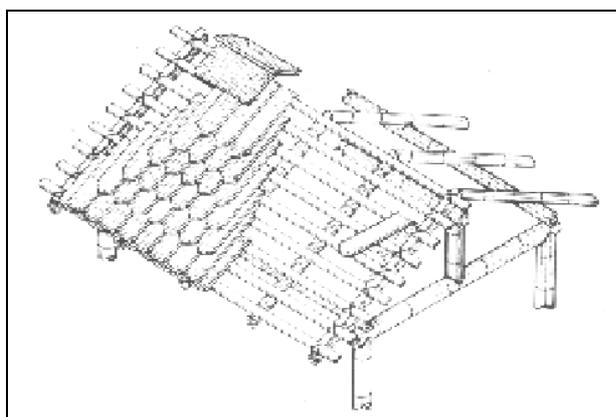


Figura 35: Cobertura com tiras de bambu (Fonte HIDALGO, 1981, apud CARDOSO, 2000)

III. Cobertura com esterilhas ou tiras de bambu: nesta cobertura, o bambu é utilizado como forro, em forma de tiras ou esterilha. Na camada de cobertura pode-se utilizar palha ou argamassa. 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.

IV. Cobertura com estrutura de bambu roliço: neste caso o bambu é utilizado somente como estrutura do telhado. Na camada de cobertura pode-se usar telhas industrializadas, madeira e palhas. (Figura 35)



Figura 36: Telhado com bambu roliço e telha ecológica (Fonte: Nunes, 2005)

#### **1.4.2. Painéis de Fechamento**

- I. Barrareque ou painéis de esterilha (Figura 36 e 37): as paredes de barrareque 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, distanciados de 30 a 40cm um do outro, pregados à soleira de madeira e em alguns casos são utilizados bambus como elementos estruturais. A seguir, são pregadas esterilhas de bambu, na face externa e interna, onde os pregos se distanciam entre si em 8cm. O reboco utilizado é aplicado em duas camadas de argamassa de cimento e areia ou de cal e areia.

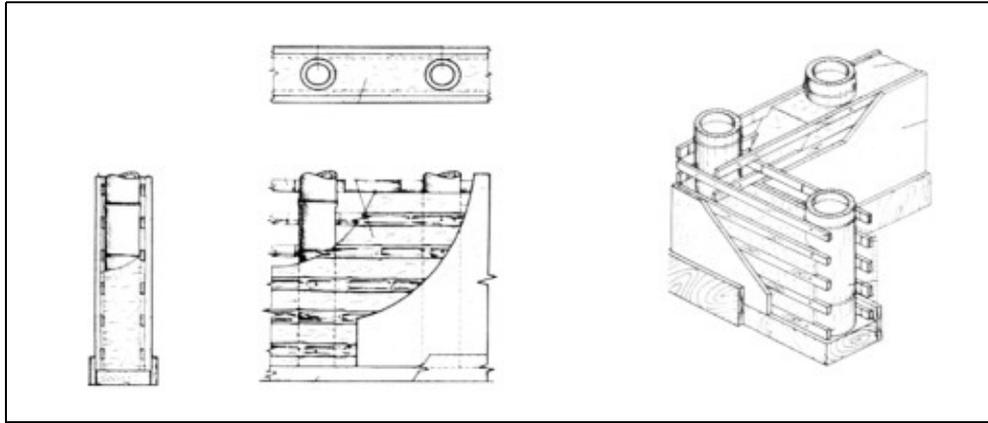


Figura 37: Parede de barrareque (Fonte: Hidalgo,1981, apud Cardoso, 2000)



Figura 38: Parede de esterilha (Fonte: Nunes 2005)

II. Painéis de bambu roliço: Cardoso (2000) comenta que 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 até mesmo em construções de alto padrão. A interface da taipa com estrutura de madeira é executada com o auxílio de um tecido de juta fixado através de um baguete de madeira para se evitar fissuras entre a madeira e o barro.

III. Painéis de tiras de bambu: De acordo com as publicações das Nações Unidas (1972) apud Cardoso (2000), o uso de tiras de bambu para a produção de painéis é uma das técnicas mais utilizadas nas habitações

populares. Podem-se utilizar de 3 tipos: um trançado fino de bambu pregado em ambos os lados nos montantes de madeira; um trançado grosso de bambu também fixos nos montantes de madeira ou um 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 reboco.

IV. Painéis de quincha: Segundo Dias (1993) apud Cardoso (2000), 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. Os rebocos podem ser de argila e fibras orgânicas, acrescentando-se ainda 16 litros por m<sup>3</sup> de uma emulsão a 5% de dieltrina, como proteção contra os insetos.

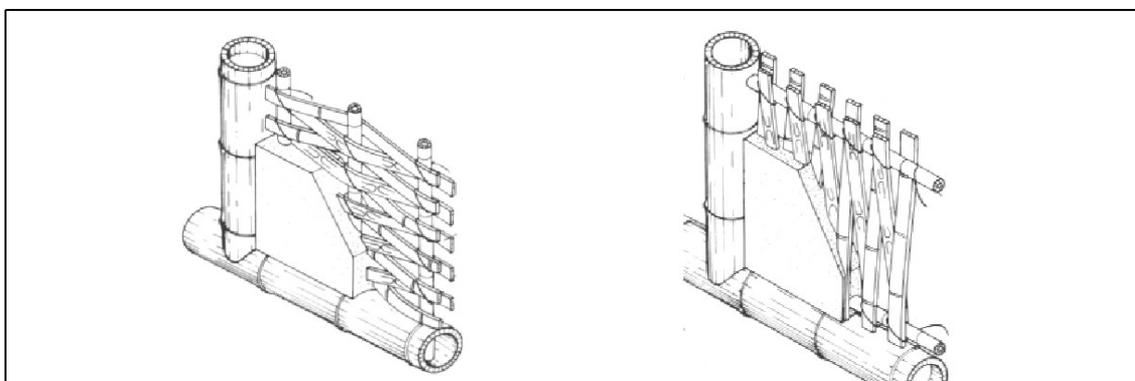


Figura 39: Painéis de quincha com tiras horizontais e verticais (Fonte: Hidalgo, 1981 apud Cardoso, 2000)

## 1.5. Associação do Bambu com Outros Materiais

### 1.5.1. Bambu - Concreto

A associação bambu-concreto é uma técnica já bastante testada e alguns tipos já foram inclusive comercializados pelo setor de materiais de construção.

Nesta combinação o bambu pode desempenhar o papel de elemento resistente aos esforços de tração e compressão, ou agir como fator importante na diminuição dos componentes construtivos, não esquecendo da redução do peso das peças. (Figura 39 e 40).

A história do concreto reforçado com bambu começou com os chineses que não foram os idealizadores, mas os primeiros a fazer uso da associação em edificações. Chou (1914), realizou as primeiras experiências que subsidiaram em 1918 a construção de estacas para pontes de estradas de ferro na China.

Através de ensaios realizados na Alemanha, Bauman (1936), examinou peças de concreto armado de bambu, com o fim de averiguar a aderência, a resistência, o comportamento da camada protetora de recobrimento, absorção de água pelo bambu, seu inchamento e contração e também as possibilidades de sua impermeabilização.

Segundo Chou (1914), “a aderência é fundamental na associação de corpos heterogêneos”. Foram utilizados diversos tipos de varas de bambu; com e sem nós, com ancoragem tipo pé de cabra, com ganchos dobrados a 180° e também com ganchos fechados até encontrar a vara principal. Antes da concretagem o bambu foi impermeabilizado com massa de calafetação, pois caso contrário absorveria a água do concreto e com o tempo perdê-la-ia, contraindo-se, ficando frouxo dentro do concreto curado. Durante a experiência, o autor notou que a aderência entre o bambu e o concreto é satisfatória, verificando-se que é da ordem de 3,5 Kg/cm<sup>2</sup> quando usadas tiras de bambu sem nós (com nós esta taxa se eleva).

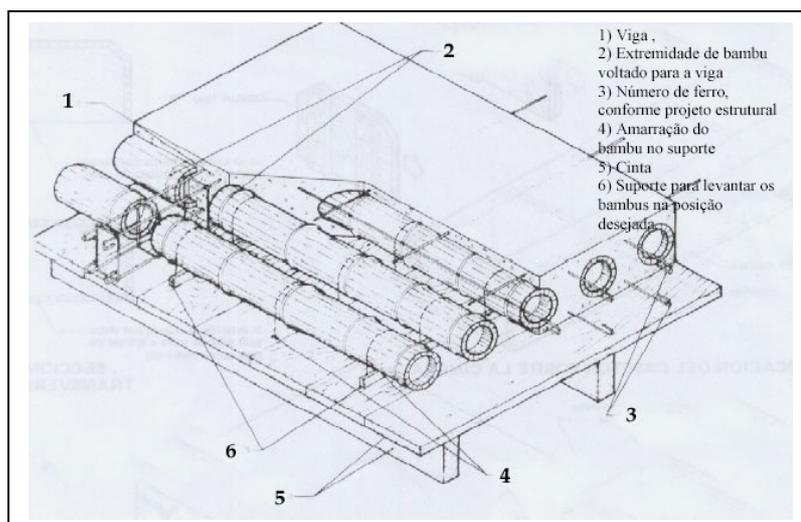


Figura 40: Laje de concreto com Bambu. (Fonte: Lopez, 1974 apud Oliveira, 1980).

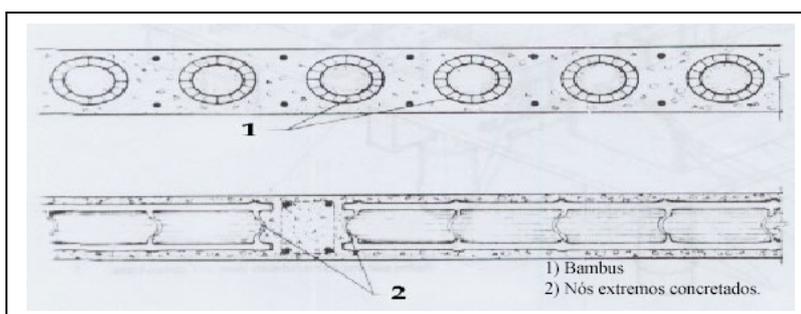


Figura 41: Corte esquemático da laje. (Fonte: Lopez, 1974 apud Oliveira, 1980).

Com relação à resistência, os ensaios foram executados com peças de dimensões 0,10m x 0,10m x 0,56m e também 0,20m x 0,20m x 1,10m, submetidas à ação de duas cargas igualmente distintas das extremidades das peças. Com este esquema estrutural foram verificadas as cargas de ruptura das peças e de fendilhamento<sup>1</sup> e notou-se que algumas romperam-se nas extremidades em virtude das tensões de cisalhamento. Foram, então, empregados estribos abertos envolvendo o bambu com o fim de combater aquelas tensões de cisalhamento e minorar o fendilhamento.

“Os resultados confirmaram que a resistência do concreto-bambu é superior à do concreto simples e que a armadura mista bambu-estribo de ferro é muito adequada para vigas”, comenta o autor. Quanto aos ensaios de compressão,

<sup>1</sup> Fendilhamento: fendas nas estruturas, ocasionadas por tensões de tração e flexão.

foram usados corpos de prova de dimensões 0,10m x 0,10m x 0,56m de concreto de resistências diferentes e armaduras de bambu previamente secos e impermeabilizados com Mayorits<sup>2</sup> e 10% de verniz, para que o bambu não absorva a água da mistura e ocasione fissuras na peça. Os resultados evidenciaram que a resistência da secção composta concreto-bambu é da ordem de 20% a 25% superior à secção de concreto simples.

De acordo com Bauman (1936) apud Oliveira (1980), pôde-se verificar que o bambu é mais resistente aos esforços de compressão e tração que o concreto simples, concluindo-se, portanto, que os elementos estruturais de concreto-bambu são mais resistentes e mais leves que os de concretos simples. Nas áreas de peças estruturais que funcionam à tração, o desempenho do bambu, na associação bambu-concreto, é semelhante ao do ferro quando associado ao concreto, se utilizado com secção 12 vezes a do ferro; porém a peça ficará com uma secção transversal bastante vantajada.

### **1.5.2. Concreto - Fibras de bambu**

Pakotiprapha *et al* (1978), apud Oliveira (1980), apresentaram no Simpósio sobre barateamento da construção habitacional realizado na cidade de Salvador – Brasil, um estudo relatando a aplicação de fibras de bambu como reforço do concreto. O experimento demonstrou que as fibras melhoram sensivelmente a resistência do concreto, evitando o aparecimento de fissuras. Foram feitas pesquisas em busca da melhor proporção das fibras para alcançar as propriedades mecânicas desejáveis. As fibras devem ser curadas, secadas e moídas, para alcançar resistência considerável às tensões, flexibilidade, flutuação no concreto e capacidade de dispersão na mistura. Os autores informaram que os russos e japoneses já empregaram as fibras de bambu como reforço do concreto para execução de painéis leves para vedação. Na Índia foram executadas construções utilizando peças de cimento armado com fibras de bambu.

---

<sup>2</sup> *Mayorits*: impermeabilizante industrial líquido de cor transparente, absorvido pelas madeiras, com a função de não permitir que água e ou umidade penetre internamente na madeira.

### **1.5.3. Bambu - Argila**

A parede de argila reforçada com bambu é uma técnica construtiva bastante antiga. Nas regiões rurais brasileiras a famosa “casa de pau-a-pique” foi inúmeras vezes construídas com bambu e barro. Os japoneses ainda hoje fazem uso desta tecnologia que vem de tempos imemoriais. O tradicional emprego se justifica pela eficiência do material como isolante térmico, pelo baixo custo e pelos aspectos plásticos conferidos pelo colorido e textura da argila. Santos (1975), comenta que os sistemas construtivos das paredes de argila consistem de uma estrutura de bambu formando pilares e vigas nos quais se apóiam malhas feitas de réguas de 0,008m a 0,013m de largura, ou ainda caules de tamanho e diâmetro pequenos. Sobre esta esteira assim constituída vai-se projetando camadas de argila, à mão.

No Brasil, no período colonial, costumava-se acrescentar à argila palha e estrume de vaca para evitar as fissuras e fendas que se apresentam no barro pelo efeito da retração que surge ao secar-se.

No Japão, além do emprego das casas de paredes de argila armada de bambu, também são fabricados tijolos de barro com bambu que traduzem as mesmas vantagens do tijolo perfurado: maior densidade e maior isolamento acústico, comenta Magalhães (1980).

### **1.5.4. Bambu - Poliuretano**

Partindo dos princípios de que as edificações poderiam ser executadas pelos próprios moradores e de que a construção teria que ser de baixo custo, Alexander (1969), desenvolveu uma solução construtiva para habitação, onde algumas peças seriam prensadas em bambu associado ao poliuretano.

A estrutura foi idealizada com vãos pequenos e cargas leves, a ser resolvida em parte com bambu, por ser abundante e de baixo custo. Foram propostas vigas e lajes de bambu e espuma plástica. As vigas, de secção retangular, foram compostas de canas de 0,06m de diâmetro dispostas lado a

lado em toda periferia, formando uma caixa cujo interior foi preenchido com espuma de poliuretano. As lajes foram constituídas de 2 esteiras de canas, unidas pela referida espuma. As vigas de 0,20m x 0,40m e vão de 3,50m foram sujeitas a uma carga de 1.300Kg, uniformemente distribuída; constataram flechas de 0,008m e o desempenho foi considerado bom, conclui Alexander (1969). (figura 41)

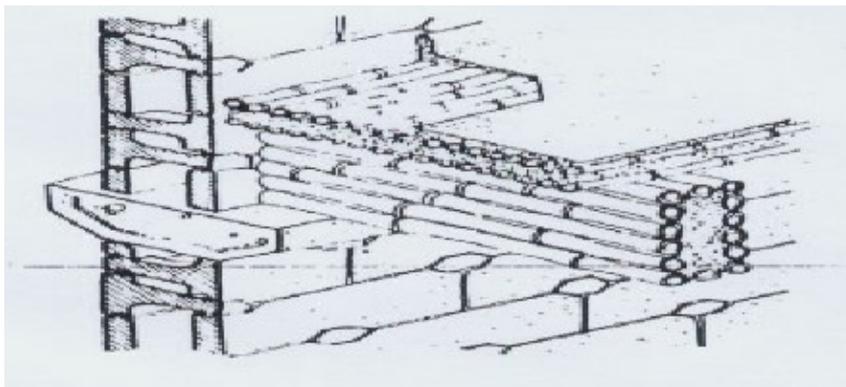


Figura 42: Vigas e laje de bambu recheadas com espuma de poliuretano.  
(Fonte : Alexander, 1969.)

### **1.6. Desvantagens do Uso do Bambu**

Por ser um material vegetal, com grande quantidade de amido em seu interior, as varas de bambu comumente são atacadas por insetos. Depois de uma certa idade, externamente são também atacadas por fungos que produzem manchas esbranquiçadas em sua superfície. Portanto, recomenda-se que haja um tratamento cuidadoso das varas antes de sua utilização, a fim de garantir a durabilidade das peças. Diversos tratamentos podem ser aplicados, desde processos mais naturais, como curas na mata, até a aplicação de produtos químicos mais fortes.

Os cuidados durante o corte e manejo das varas são bastante específicos, não se equiparando ao tratamento de madeira de lei comum. Deve-se dispor de tempo para esperar pela secagem completa das varas, até que não haja mais seiva no interior delas, o que melhora as propriedades de resistência mecânica.

Os métodos de tratamento contra insetos fazem parte deste conjunto de cuidados com o manejo das varas de bambu. A idade das varas é importante para a definição do uso ao qual a vara será destinada. Além disso, a fixação das varas respeita métodos de furação, cortes e encaixes específicos. O bambu não aceita fixação por meio de pregos, pois as fibras que constituem as varas racham, perdendo resistência. Existem muitos modelos de encaixe entre varas, que devem ser estudados antes de começar a trabalhar com o material.

Uma outra desvantagem, é que o bambu não suporta esforço de flexão, podendo ser facilmente esmagado. Para amenizar esta limitação procura-se preencher os vazios internos com concreto, em pontos estratégicos, principalmente os de amarração. Também recomenda-se fazer o pré-dimensionamento das cargas a serem suportadas pela estrutura de bambu, para definir a quantidade de varas que se deve empregar para suportá-la.

O bambu deve receber, como acabamento, aplicação de vernizes apropriados, pois possui um filme impermeável que reveste externamente as varas, não aceitando aplicação de tintas.

## **2. Considerações Finais**

A versatilidade do bambu tem criado em todo mundo, possibilidades, estratégias e soluções convencionais em diversos segmentos, tornando-se um fator de integração social que não agride o meio ambiente, consolidando cada vez mais a sua capacidade de reduzir as desigualdades sociais. As características do bambu enquanto planta, suas notáveis propriedades como material e suas atuais aplicações no mundo indicam uma gama de utilização com potencial para atender a um desenvolvimento que proporcione maior equidade social, melhoria ao meio ambiente, aumento da qualidade de vida e geração de renda, sendo assim o uso do bambu pode ser bastante eficaz no desenvolvimento sustentável.

### **3. Conclusão**

O uso do bambu na construção civil é uma realidade, porém não podemos generalizar esta afirmação e pensar que a solução para todos os problemas é a troca de todos os materiais usados atualmente pelo bambu. Os elementos construtivos devem se completar, cada qual sendo usado da melhor forma possível potencializando suas qualidades e características positivas. O bambu ainda precisa de muito incentivo e pesquisas para se tornar um material de qualidade e ser normatizado na construção civil brasileira. O incentivo a pesquisas em diversas instituições pelo mundo tem aumentado nos últimos tempos os conhecimentos acerca desta incrível gramínea. Conhecimentos tecnológicos são essenciais para a difusão do bambu como elemento marcante em obras que tenham um pensamento sustentável, mas que não querem perder a qualidade estrutural para tal denotação. O uso correto do bambu em obras de grande porte possui características positivas quanto ao peso próprio da estrutura e quanto às resistências do material. Só essas características já são suficientes para voltar os olhos para esse sistema construtivo. Contudo, existem outras qualidades como facilidade de transporte, fácil trabalhabilidade do material, além de uma incomparável beleza estética.

Estas características fazem do bambu um material que tende a entrar no mercado da construção civil de forma significativa. As pessoas que não possuem o conhecimento e técnicas adequadas acabam fazendo obras que não condizem com a realidade estrutural do bambu. O que diminui a credibilidade do mesmo e acaba dificultando a disseminação do uso do bambu na construção civil. Não há muitas dificuldades técnicas em estruturas de bambu. Porém, vale salientar que somente pessoas qualificadas devem projetar e construir com qualquer que sejam os elementos utilizados.

#### 4. Referências Bibliográficas

ALEXANDER, C.O projeto experimental em Peru. São Paulo, USP, 1970.

BAMBU, NOVAS TECNOLOGIAS.  
Disponível em <http://www.bambubrasileiro.br/>

BAMBUZERIA Cruzeiro do Sul. Disponível em <http://www.bamcrus.com.br>.

BARBOSA, N. P. Considerações sobre Materiais de Construção Convencionais e Não Convencionais. Programa de Pós Graduação de Engenharia Urbana da Universidade Federal da Paraíba, 2000, 21 p.

BARBOSA, J. C., Utilização do bambu na produção de habitações, interesse social. São Paulo,1997. Tese (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos.

CARDOSO, M. L.Recomendções para Projeto de Piso de Bambu Laminado Colado. Dissertação de Mestrado, Salvador, 2008, 163 p.

CASAGRANDE, E .F.; UMEZAWA, H. A.; TAKEDA, J. Arranjo Produtivo Local Sustentável: Estudo de caso para o uso do potencial do bambu na geração de emprego e renda no Paraná. In: Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Brasil/ ENEGEP 2003. Minas Gerais, 2003

ESCOLA DE BIO ARQUITETURA E CENTRO DE PESQUISA E TECNOLOGIA EXPERIMENTAL EM BAMBU - EBIOBAMBU. Disponível em <http://www.ebiobambu.com.br>.

GHAVAMI, K., Utilização do bambu como material em habitação de baixo custo. SãoPaulo 1998. 45p.

GHAVAMI, K. Bambu: Um material alternativo na Engenharia. In: Revista do Instituto de Engenharia. São Paulo: Engenho Editora Técnica, 1992, n.192, 13-27 pp.

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.

LÓPEZ, O. H. Bambu, su cultivo y aplicaciones em: fabricacion de papel, construccion, arquitetura, ingieria e artesanía. Cali, Colômbia: Estúdios Técnicos Colombianos Ltda. 1974.

MEIRIÑO, M. Projeto arquitetônico deve incorporar elementos de eficiência energética. Disponível em:<<http://www.arcoweb.com.br/debate/debate66.asp>>.

NOVAES, W. (COORD.). Agenda 21 Brasileira - Bases para discussão. Brasília:MMA/ PNUD, 2000. 196p.

NUNES, A. R. S. CONSTRUINDO COM A NATUREZA BAMBU: UMA ALTERNATIVA DE ECODESENVOLVIMENTO. Dissertação de Mestrado, Sergipe, 2005, 142p.

OLIVEIRA, E. G. de, Bambu: investigação de novos empregos na construção civil. Dissertação de mestrado, São Paulo, 1980. 154p.

OLIVEIRA, T. F. C. S, Sustentabilidade e Arquitetura: Uma Reflexão do Uso do Bambu na Construção Civil. Dissertação de Mestrado, Maceió, 2006, 136 p.

SANT`ANNA, E. T. Construção de um Centro de Visitantes na EMBRAPA Fazendinha-Aroecológica Usando Materiais Alternativos. Dissertação de Mestrado, Rio de Janeiro, 2008, 61 p.

PEREIRA, M. A. R. Bambu, espécies, características e aplicações. São Paulo: UNESP - Campus Bauru, sd.

PEREIRA, M.F.,Construções rurais - 2 ed. São Paulo. Nobel, 1990.

PUBLICO. Relatório do WWF: População mundial consome mais do que o planeta pode oferecer. Disponível em: <http://www.publico.pt>.

SILVA, S. R. M. Proposição de princípios básicos para a sustentabilidade. Disponível em: <http://www.ufscar.br/~ursus/projetos/sustentabilidade.htm>.

SOUZA, A. P. C. C. Bambu na Habitação de Interesse Social no Brasil. Trabalho Final de Graduação Arquitetura PUC, 2002, Belo Horizonte, 29 p.

TEIXEIRA, A. A. Painéis de Bambu para Habitações Econômicas: Avaliação do Desempenho de Painéis Revestidos com Argamassa. Dissertação de mestrado, Brasília, 2006, 204 p.

TEIXEIRA, A. J. de L. Arquitetura e sustentabilidade: tipologias arquitetônicas e eficiência energética em diferentes regiões climáticas. Dissertação de mestrado apresentada ao PRODEMA Programa Regional de Pós - Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Sub - Programa UFAL, Maceió, maio de 2005.