



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DINAMICAS
DO ESPAÇO HABITADO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

SUSTENTABILIDADE E ARQUITETURA:
Uma reflexão sobre o uso do bambu na construção civil

THAISA FRANCIS CÉSAR SAMPAIO DE OLIVEIRA

Maceió
Janeiro de 2006

AGRADECIMENTOS

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização e divulgação deste trabalho.

Meu especial agradecimento a todas as pessoas que colaboraram como sujeitos desta pesquisa.

A
Amair, Maria Élia, Júnior, Thiago e Suzanne,
pelo apoio incondicional.

Léo
pela contínua orientação em minha formação

Gianna, Verônica, Emília e Regina Dulce
pelo incentivo, apoio e amizade dentro do curso

Agradeço aos professores Flávio Miranda de Souza, Ricardo Cabús e Maísa Veloso, examinadores desta banca, pelas contribuições e críticas no exame de qualificação que propiciaram um maior aprofundamento nas questões suscitadas pelo tema desta pesquisa.

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária: Helena Cristina Pimentel do Vale

- O48s Oliveira, Thaisa Francis César Sampaio de.
Sustentabilidade e arquitetura: uma reflexão sobre o uso do bambu na
Construção civil / Thaisa Francis César Sampaio de Oliveira. Maceió –
2006.
136 f. : il.
- Orientador: Leonardo Salazar Bittencourt.
Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo: Dinâmica do
Espaço Habitado) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de
Tecnologia. Maceió, 2006.
- Bibliografia: f. 131-136.
1. Materiais de construção. 2. Bambu. 3. Arquitetura.
4. Desenvolvimento sustentável. I. Título.

CDU: 691.1

RESUMO

A busca por um Desenvolvimento Sustentável tem permitido discutir todo o sistema produtivo mundial decorrente da industrialização acelerada, uma das maiores responsáveis pelos danos causados ao meio ambiente e à população global. Este novo paradigma de desenvolvimento prega um modo de vida e de produção de riquezas mais engajado com as questões de preservação de recursos naturais para as gerações futuras.

No âmbito das construções, esse novo paradigma se dispõe a transformar o espaço urbano atualmente degradado através do incentivo para reduzir a poluição e o desperdício de recursos naturais e energéticos. Mais ainda, estimular o uso de tecnologias construtivas limpas e materiais energeticamente mais eficientes.

Este trabalho discute as características do bambu, uma vez que, este material apresenta indícios de um potencial construtivo ecologicamente menos agressivo ao meio ambiente do que materiais construtivos convencionais. O objetivo deste trabalho é de examinar o potencial de uso deste material quanto a aspectos práticos e funcionais, para fazer parte do contexto de uma arquitetura dita sustentável.

A metodologia adotada contou com um levantamento bibliográfico para a construção do referencial teórico baseado na sustentabilidade ambiental do espaço construído, além de dados específicos sobre o bambu. Os dados teóricos sobre sustentabilidade ambiental, social, econômica e cultural foram utilizados como critérios de avaliação para se construir um quadro analítico do uso do bambu para construção civil.

Os resultados alcançados demonstraram que o bambu apresenta um potencial construtivo bastante rico, a contar com as possibilidades construtivas derivadas das inúmeras formas de encaixe e junções, além de uma boa adequação a arquitetura brasileira.

As perspectivas futuras são de um maior aprofundamento nas características do bambu, a fim de se obter maior segurança para a sua utilização em construções, em todo o país.

Palavras-chave: Sustentabilidade, Materiais construtivos, Arquitetura, Bambu, Tecnologia.

ABSTRACT

The quest for a Sustainable Development has allowed for discussions regarding the world-wide productive system based on accelerated industrialization, one of the major causes of the actual damages to the global environment. This new development paradigm should be engaged with a way of life and wealth production involved with environmental preservation of natural resources for future generations.

In the construction field this new paradigm intends to improve the urban space, currently degraded, through measures to reduce pollution and waste of natural and energy resources. In addition, it should encourage the use of clean constructive technologies and energetically more efficient materials.

This work discusses bamboo characteristics, since they present a diversified productive potential, and indications that it is less aggressive to the environment than constructive conventional methods. The objective of this work is to examine the potential of this material, based on practical and functional aspects, regarding its applications in sustainable buildings.

The adopted methodology counted on a bibliographical survey for the formation of a theoretical base concerning sustainability of the built environment, in addition to specific bamboo information. The theoretical information on environmental, social, economic and cultural sustainability had been used as criteria of assessment to construct an analytical picture of the use of the bamboo for constructions in Maceió, the selected area for this study.

Results demonstrate that bamboo presents a sufficiently rich constructive potential, observed through the constructive possibilities as a result of different forms of rabbit and junctions, plus a proper adequacy to the warm humid climate of the studied region.

The future perspectives suggest the need for further researchs on bamboo, as a building material, in order to acquire better assurance for its use in constructions in warm humid regions.

Key words: Sustainable Development, Constructive materials, Architecture, Bamboo, Technology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Ilustração 1 – Esquema das três dimensões da sustentabilidade na construção | 33 |
| Ilustração 2 – Carta Psicrométrica, adotada para o Brasil, com base na carta de Givoni (1992) | 52 |
| Ilustração 3 – Pavilhão da Inglaterra na Expo 92, de Nicholas Grimshaw..... | 53 |
| Ilustração 4 – Shanghai Bank de Norman Foster..... | 53 |
| Ilustração 5 – Edifício Atílio Tinelli, em São Paulo, com fachada totalmente envidraçada | 54 |
| Ilustração 6 – Réplica do Demosielle, avião projetado e construído com varas de bambu por Santos Dumond | 58 |
| Ilustração 7 – Taj Mahal, Agra, Índia | 58 |
| Ilustração 8 – Estrutura interna (seca) do bambu destacando colmos, nós e rizoma | 59 |
| Ilustração 9 – Estrutura externa do bambu destacando o nó | 60 |
| Ilustração 10 – Brotos de bambu, na mata | 61 |
| Ilustração 11 – Flor do bambu | 62 |
| Ilustração 12 – Mata de bambus em terra fértil, a beira de um rio | 63 |
| Ilustração 13 – Colmo verde | 64 |
| Ilustração 14 – Colmo maduro, seco | 64 |
| Ilustração 15 – Esquema de cura do bambu na mata | 65 |
| Ilustração 16 – Esquema de cura do bambu na água corrente | 66 |
| Ilustração 17 – Esquema de cura do bambu por aquecimento | 66 |
| Ilustração 18 – Método do tambor – tratamento químico | 68 |
| Ilustração 19 – Método Boucherie – tratamento químico | 68 |
| Ilustração 20 – Diferenciação do aspecto, cor e forma entre espécies de bambu | 69 |
| Ilustração 21 – Cestarias produzidas com bambu | 70 |
| Ilustração 22 – Potes – utensílios domésticos produzidos com bambu | 71 |
| Ilustração 23 – Objetos industrializados confeccionados em bambu | 71 |
| Ilustração 24 – Forno para secagem de bambu na vertical | 72 |
| Ilustração 25 – Ponte vernacular em bambu | 75 |
| Ilustração 26 – Foto de casa em bambu na Colômbia | 76 |
| Ilustração 27 – Esquema de casa em bambu na Colômbia, planta baixa e elevação frontal | 76 |
| Ilustração 28 – Ensaio de compressão realizado por Rubens Cardoso | 77 |
| Ilustração 29 – Ensaio de tração realizado por Rubens Cardoso | 78 |
| Ilustração 30 – Ensaio de flexão realizado por Rubens Cardoso | 78 |
| Ilustração 31 – Tipos de entalhes mais utilizados..... | 82 |
| Ilustração 32 – Método do corte do bambu em canas, mais finas..... | 82 |
| Ilustração 33 – Emprego de fixadores e cravos na união de peças horizontais e verticais | 83 |
| Ilustração 34 – Amarrações entre caibros e ripas do telhado | 84 |
| Ilustração 35 – Formas de evitar o esmagamento das extremidades das varas | 85 |
| Ilustração 36 – Laje de piso em concreto e bambu | 86 |
| Ilustração 37 – Amarrações entre vigas e colunas de bambu | 86 |
| Ilustração 38 – Amarração entre vigas e colunas de bambu – estrutura de coberta | 87 |
| Ilustração 39 – Fixação de coluna ao solo por base de concreto | 87 |
| Ilustração 40 – Fixação entre varas de bambu | 88 |
| Ilustração 41 – Fixação entre varas de bambu concretada | 88 |
| Ilustração 42 - Exemplo de casa construída parcialmente em bambu no Equador – paredes e tesoura do telhado em bambu | 89 |

| | |
|---|-----|
| Ilustração 43 - Exemplo de casa construída parcialmente em bambu no Equador - sistema construtivo de bambu e concreto | 89 |
| Ilustração 44 – Modelo de casa popular do Hogar de Cristo, Equador (em esterilha) .. | 90 |
| Ilustração 45 – Modelo de casa popular do Hogar de Cristo, Equador (rebocada) | 90 |
| Ilustração 46 – Expressões da arquitetura contemporânea em bambu no mundo | 92 |
| Ilustração 47 – Projeto para a construção de uma torre em bambu no parque Guadua Von Pereira, Risalda, Colômbia, por Simon Vélez, 2000..... | 93 |
| Ilustração 48 - Fachada de um edifício na Colômbia, obra de Simon Vélez..... | 93 |
| Ilustração 49 - Ponte construída na Colômbia, por Marcelo Villegas | 94 |
| Ilustração 50 - Estufa construída com estrutura de bambu | 94 |
| Ilustração 51 - Uchino Residential Center em Chikuho, Fukuoka, obra do arquiteto japonês Shoei Yoh, em 1995 | 95 |
| Ilustração 52 - Foto do Pavilhão Cultural da Colômbia, construído por Marcelo Villegas e Simon Vélez | 95 |
| Ilustração 53 - Imagem de aldeia Xavante..... | 98 |
| Ilustração 54 - Tipologia de oca indígena | 98 |
| Ilustração 55 - Tipologia de oca indígena | 98 |
| Ilustração 56 – Tipologia de casa grande, herança da arquitetura do Brasil Colônia | 99 |
| Ilustração 57 - Tipologia de casa do tipo mocambo, casas de taipa com cobertura de palha | 99 |
| Ilustração 58 – Mapa do Estado de Alagoas, Divisão Ambiental, áreas de interesse ecológico e bacias hidrográficas, destacando a Zona da Mata | 100 |
| Ilustração 59 - Povoado de Massagueira – áreas de convívio ao ar livre, debaixo das árvores e coqueiros..... | 101 |
| Ilustração 60 – As características climáticas da região de Massagueira favorecem o desenvolvimento das atividades no exterior das edificações | 101 |
| Ilustração 61 - Fachada de residência em Barra de São Miguel – observam-se elementos de proteção solar: grandes beirais, varandas e elementos vazados | 102 |
| Ilustração 62 - Fachada de residência em Barra de São Miguel – observam-se elementos de proteção solar: grandes beirais e varandas..... | 102 |
| Ilustração 63 – Objetos artesanais e móveis fabricados pelo InBambu em Maceió | 104 |
| Ilustração 64 – Aula sobre a tecnologia do bambu com os pesquisadores Rubens Cardoso, Edson Sartori e Hidalgo Lopez, no Inbambu – UFAL, em 2004 | 104 |
| Ilustração 65 – Oficina do InBambu, no campus da Universidade Federal de Alagoas, durante curso em 2004 | 105 |
| Ilustração 66 – Mulher da comunidade trabalhando na construção do protótipo de Padre Pinho em Maceió | 105 |
| Ilustração 67 – Homem da comunidade trabalhando na construção do protótipo de Padre Pinho em Maceió | 106 |
| Ilustração 68 – O protótipo de Padre Pinho, recém construído em julho de 2004..... | 106 |
| Ilustração 69 – bambu usado na estrutura de uma varanda – vigas, colunas, guarda-corpo e telhado | 107 |
| Ilustração 70 – Bambu usado na construção de uma cerca | 108 |
| Ilustração 71 – Bambu usado na estrutura de uma escada numa residência em Campo Grande, Mato Grosso | 108 |
| Ilustração 72 – Bambu usado na estrutura de um telhado | 109 |
| Ilustração 73 – Bambu usado na estrutura de telhado – casa ecológica construída no Rio de Janeiro | 109 |
| Ilustração 74 – Hotel em Angra dos Reis, Rio de Janeiro, projeto e construção de Simon Vélez..... | 110 |

| | |
|--|-----|
| Ilustração 75 – Bambu usado na estrutura de um abrigo | 110 |
| Ilustração 76 – Memorial do índio em Campo Grande, Mato Grosso..... | 111 |
| Ilustração 77 – Construção rural no Equador | 111 |
| Ilustração 78 – Bambu usado em forro de telhado numa residência..... | 112 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Características físicas e mecânicas de espécies de bambu | 79 |
| Tabela 2 – Resistência mecânica de algumas espécies de bambu | 79 |
| Tabela 3 – Relação entre energia de produção por unidade de tensão | 80 |
| Tabela 4 – Relação entre a resistência à tração e o peso específico | 80 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|-----|
| Quadro 1 – Quadro analítico do uso do bambu para construções sustentáveis | 114 |
| Quadro 2 – Questionário utilizado para a enquete | 121 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----|
| Introdução | 10 |
| A. Problemática a ser estudada | 10 |
| B. Objetivos e metas do trabalho | 12 |
| C. Metodologia e estratégia de ação | 13 |
| D. Organização e estruturação das seções | 14 |
| 1 – Do Assistencialismo Explorador ao Desenvolvimento Sustentável | 16 |
| 1.1 Histórico sobre desenvolvimento | 16 |
| 1.2 Desenvolvimento Sustentável | 24 |
| 1.3 Dimensões da Sustentabilidade..... | 26 |
| 1.4 Novos paradigmas do desenvolvimento | 28 |
| 2 - Sustentabilidade do Espaço Construído | 31 |
| 2.1 Aspectos econômicos da sustentabilidade das edificações | 33 |
| 2.2 Energia e Sustentabilidade | 34 |
| 2.3 Impactos ambientais das edificações | 35 |
| 2.4 Materiais construtivos | 40 |
| 2.5 A Agenda 21 e a introdução dos princípios de sustentabilidade na construção civil brasileira | 45 |
| 2.6 Princípios de uma arquitetura sustentável | 48 |
| 2.7 Bambu como possibilidade tecnológica | 56 |
| 3 - O bambu | 57 |
| 3.1 Descrição e Taxonomia | 57 |
| 3.2 Cultivo e tratamentos | 60 |
| 3.3 Espécies de bambu no Brasil | 69 |
| 3.4 Usos e utilidades | 70 |
| 3.5 Limitações do material | 72 |
| 4 – Utilização do bambu na construção civil | 74 |
| 4.1 Referenciais históricos do uso do bambu na construção civil | 74 |
| 4.2 Caracterização físico-mecânica do material | 77 |
| 4.3 Condicionantes técnicos para construções em bambu | 81 |
| 4.4 O bambu na arquitetura contemporânea | 88 |
| 5 – A arquitetura como resposta cultural e climática | 97 |
| 5.1 Arquitetura Vernácula Brasileira | 97 |
| 5.2 Maceió, o ambiente de estudo | 100 |
| 5.3 O uso do bambu em construções | 103 |
| 6 – Avaliação do uso do bambu em construções | 113 |
| 6.1 Quadro analítico do uso do bambu para construções sustentáveis | 113 |
| 6.2 Análise das respostas obtidas | 115 |
| 6.3 Enquete (pesquisa de campo) sobre a aceitação popular do bambu | 120 |
| 6.4 Análise dos dados da enquete | 123 |
| Conclusão | 129 |
| Referências | 131 |

Introdução

A. Problemática a ser estudada

A necessidade atual de mudanças no modo de vida urbano é evidente. Nunca houve tanto (re)conhecimento sobre os impactos negativos que o crescimento econômico tenha aplicado à humanidade e ao meio ambiente natural, como nas últimas décadas.

Há mais de 20 anos, já se fala em melhorar as condições da produção mundial de bens e serviços, reduzir padrões de consumo excessivos e diminuir o desperdício de recursos naturais. A humanidade tem consciência de que necessita dos recursos naturais do planeta para garantir a sobrevivência na Terra, mas, contraditoriamente, ainda não se extinguiram os padrões de degradação ambiental nocivos, decorrentes da industrialização. Parece haver uma dependência fiel às benesses geradas pela industrialização e pela urbanização das grandes cidades. O fenômeno chamado de globalização se espalha aceleradamente em todas as direções, modificando tradições culturais e sociais em todas as escalas.

Em praticamente todas as cidades dos países em desenvolvimento, o asfalto, o automóvel, o vidro, o semáforo, o trem, o avião, o telefone celular e a internet, são benefícios urbanos desejados por todos, mas somente acessados por alguns indivíduos, participantes de uma minoria que detém riquezas e poder. Num mundo de desigualdades, nem o direito ao meio ambiente saudável é assegurado, de forma efetiva, a todos os cidadãos. Mais uma vez, aqueles que usufruem de melhor situação econômica, dispõem de saneamento básico, abastecimento de água potável, de energia elétrica e de acesso à saúde, educação e condições de moradia adequados.

No campo da arquitetura e dos assentamentos humanos, a intenção das pesquisas é de, principalmente, transformar o espaço urbano em degradação, em lugares mais saudáveis, reduzindo a poluição e o desperdício de recursos naturais e energéticos, principalmente no tocante à produção dos espaços e dos edifícios. Neste sentido, uma arquitetura híbrida, defendida por Steele (1997), já vem sendo estudada e desenvolvida mundialmente. Esta forma mais sustentável de construir prega a utilização de tecnologia associada a sistemas tradicionais de construção para atingir padrões construtivos mais compatíveis com as condições naturais do lugar, utilizando

conhecimentos pré-estabelecidos para buscar novas soluções para antigos problemas de condicionamento arquitetônico ao clima e ao local.

Para Motta (1997) produzir com menos risco ambiental é sinal de eficiência na medida em que poluição é matéria-prima desperdiçada, pois não está contida no produto final nem nos custos do produto, portanto não é contabilizada no processo, é perdida. Num futuro próximo, todos os países exercerão maior controle sobre a produção de seus produtos, em todos os campos, para assim garantir a durabilidade dos recursos naturais e energéticos.

A inovação tecnológica é indispensável na busca de horizontes de sustentabilidade para o meio urbano. Não se podem aceitar os prejuízos causados à cidade e à população, devido à falta de investimentos na manutenção e na utilização de recursos naturais e energéticos menos poluentes. É urgente estabelecer uma relação menos agressiva entre a produção do habitat humano e o meio ambiente natural. Em virtude disso, diversas pesquisas em tecnologia têm sido desenvolvidas, com o objetivo de amenizar os impactos negativos das construções sobre o meio ambiente, em especial, utilizando materiais alternativos de baixo custo, como por exemplo, o bambu.

O bambu é um material de uso milenar em algumas culturas,mas apenas recentemente difundido no Brasil, devido à variedade de espécies encontradas ao longo do território brasileiro. A crescente divulgação do potencial de uso do bambu em outros países da América Latina, com finalidade de proporcionar trabalho, renda e moradia para camadas sociais de baixa renda, tem demonstrado a facilidade de manejo, o baixo custo de produção e os poucos impactos causados pelo uso do bambu sobre o meio ambiente. Por conseguinte, têm-se estimulado o interesse por este material nas zonas de clima quente e úmido dos países circunvizinhos.

O crescente interesse sobre o uso das espécies de bambu com ocorrência no Estado de Alagoas propiciou a criação do Instituto do Bambu, principal agente de disseminação de conhecimento sobre este tema no Estado de Alagoas, através de uma parceria entre a Universidade Federal de Alagoas, o Serviço de Apoio a Micro e Pequena Empresa do Estado de Alagoas - o SEBRAE-AL, e alguns empresários da iniciativa privada, em meados do ano 2000.

O bambu parece ser vantajoso para ser utilizado no Brasil, pois é bem adaptado ao clima tropical úmido. O fácil manejo e cultivo deste material têm proporcionado a disseminação das técnicas e dos conhecimentos relativos a este material em diversas partes do mundo. Em contrapartida a todas as aparentes vantagens do uso deste material, existem também algumas desvantagens que se pretende avaliar neste trabalho, como por exemplo, os produtos e os processos de tratamento para conservação do material às intempéries e ao ataque de insetos.

B. Objetivos e metas do trabalho

O objetivo principal deste trabalho é de examinar o potencial de uso do bambu quanto a aspectos práticos e funcionais, baseando-se para isso, nos princípios da sustentabilidade do espaço habitado. Considerando ser este o embasamento teórico que será primeiramente construído para fundamentar as discussões que se colocarão no desenrolar deste trabalho.

De maneira mais específica, este trabalho pretende:

- Estudar o potencial e as limitações do uso do bambu em construções;
- Avaliar as vantagens, dificuldades e desvantagens de implantação deste sistema construtivo;
- Analisar a aceitação/ rejeição do uso do bambu no Estado de Alagoas por parte da população, através de pesquisa de opinião;
- Construir um quadro analítico entre características, vantagens e desvantagens do uso do bambu na construção civil, sob a ótica da produção arquitetônica sustentável.

C. Metodologia e estratégia de ação

A metodologia deste trabalho contou com um levantamento de dados primários e secundários, para construir um referencial teórico sobre o tema deste trabalho e uma posterior avaliação com base nos dados colhidos.

As etapas da pesquisa constituíram-se de três partes:

- Na parte I, procurou-se reunir dados bibliográficos sobre o bambu e também sobre sustentabilidade das edificações;

- Na parte II deu-se um aprofundamento no tema através de levantamento de dados primários e secundários locais. Por fim;
- Na parte III, foram analisados os dados colhidos ao longo de toda a pesquisa.

Logo abaixo segue uma descrição mais detalhada das partes deste trabalho:

Parte I – Construção do referencial teórico:

- Revisão da bibliografia sobre o tema da dissertação;
- Estudo das características do bambu, quanto a aspectos botânicos, formas de tratamento e de tecnologias de aplicação deste material na construção civil;
- Construção da base teórica do trabalho tomando como fundamental os conceitos relacionados com o Desenvolvimento Sustentável e a Sustentabilidade Ambiental das Edificações.

Parte II – Levantamento de dados primários e secundários:

- Estudo da forma de inserção da tecnologia de uso do bambu no Estado de Alagoas, descrevendo o papel dos agentes disseminadores deste conhecimento e os processos de acomodação cultural e econômica destes conhecimentos;
- Pesquisa de opinião constando de aplicação de questionários a 35 entrevistados, incluindo pessoas envolvidas nos processos de capacitação e trabalho, interessados em potencial sobre esta tecnologia e também com pessoas leigas sobre o tema, com o objetivo de colher informações sobre a aceitação/ rejeição provocada pelo bambu na construção de moradias;

Parte III – Análise dos dados:

- Análise dos dados colhidos através de questionários aplicados sobre o uso do bambu para a construção de moradias no Estado de Alagoas;
- Avaliação do potencial construtivo do bambu e dos diversos aspectos que o classificam enquanto material construtivo, elemento arquitetônico e material potencialmente sustentável, com base em fontes secundárias;

- Construção de um quadro analítico entre vantagens e desvantagens do uso do bambu na arquitetura da Zona da Mata Alagoana, levando em consideração todos os dados colhidos sobre este material, desde suas características físicas, adaptação cultural, adequação bioclimática e arquitetônica do bambu enquanto material construtivo.

Parte IV – Conclusão sobre análise dos dados.

D. Organização e estruturação das seções

A Seção Um é intitulada de: Do Assistencialismo Explorador ao Desenvolvimento Sustentável, e constitui-se da formação do referencial teórico. Nesta seção, discorre-se sobre os conceitos de desenvolvimento sustentável, sustentabilidade ambiental e sustentabilidade do espaço habitado, incluindo um breve histórico do desenvolvimento econômico, novos paradigmas para o desenvolvimento da humanidade baseados em princípios de conservação e manutenção de recursos naturais. Coloca-se a importância das tecnologias construtivas para a produção de um meio ambiente mais saudável, e a necessidade de implantação de tecnologias construtivas menos agressivas ao meio ambiente natural.

A Seção Dois enfoca a sustentabilidade ambiental e dos assentamentos humanos especificamente brasileiros, incluindo as recomendações da Agenda 21 Brasileira para o caso do nosso país.

Na Seção Três, são dispostos os conhecimentos sobre o material construtivo escolhido para a execução desta pesquisa, o bambu. Este material apresenta características próprias de cultivo, tratamento e utilidades, sendo uma delas a utilização para construção de edifícios. Na Seção 4, são discutidos o comportamento e a adequação do bambu na construção civil, a partir de referências bibliográficas, exemplos e estudos de ensaios mecânicos.

A Quinta Seção procura demonstrar a arquitetura como resposta climática e cultural, procurando colocar o contexto da arquitetura brasileira, para a inserção do bambu como sistema construtivo. Na Seção Seis, será demonstrada uma avaliação do potencial construtivo do bambu, do ponto de vista sustentável, de acordo com princípios de adequação ambiental da arquitetura ao local, e de pesquisa de opinião sobre a aceitação do uso do bambu para a construção de casas na cidade de Maceió,

avaliando os diversos aspectos do material e os dados colhidos em questionários. Na conclusão discutem-se os resultados obtidos sobre os questionamentos suscitados na pesquisa.

1. Do Assistencialismo Explorador ao Desenvolvimento Sustentável

Longe de se aprofundar numa discussão sobre a história do desenvolvimento, esta seção pretende discorrer brevemente sobre a evolução do conceito de desenvolvimento até chegar à compreensão atual de desenvolvimento sustentável e à necessidade de mudanças dos padrões de exploração dos recursos naturais.

A explicação destes conceitos é imprescindível para a contextualização do estudo do bambu, do ponto de vista a ser abordado, enquanto uma tecnologia construtiva dita limpa e ecologicamente correta. A base teórica deste trabalho está assentada sobre os conceitos de sustentabilidade definidos nesta Seção, e também na Seção 2, que veremos em seguida.

1.1 Breve histórico sobre desenvolvimento

Depois da I Guerra Mundial, as grandes potências vencedoras (França, Inglaterra, Bélgica e Alemanha) construíram um ideal dominador de práticas e tratados que abririam o caminho para a formação de um senso comum sobre desenvolvimento (RIST, 1997). Para fundamentar tal conceito, acreditava-se que o desenvolvimento tinha raízes antigas, principalmente derivadas dos ideais colonialistas e desbravadores dos séculos XV e XVI, onde os europeus conquistaram as Índias, as Américas e a África, novos mundos necessitados de tudo que a Europa, “superiormente”, já dispunha: organizações econômica, cultural e científica. Esta prática de colonização perdurou por muitos anos, às custas de relações brutais, de um paternalismo explorador responsável por tomar os nativos e civilizá-los.

Muitas práticas desenvolvimentistas atuais, ditas como novas, são consideradas meras reproduções daquelas usadas no período colonizador. Não surpreende a forte dependência econômica entre os colonizados e os colonizadores que ainda perdura nos dias de hoje, principalmente quando se trata da relação entre países subdesenvolvidos e países desenvolvidos.

Com o fim da II Guerra Mundial o mundo conheceu um novo caos. Duas potências surgiram no cenário mundial, Estados Unidos da América e União Soviética, que por razões próprias não tinham interesse em proteger impérios colonizadores. As atrocidades cometidas pelos nazistas no intuito de que uma raça dominaria as outras, fez surgir a Declaração Universal dos Direitos Humanos afirmando a igualdade entre os povos e a emancipação dos que por muito tempo tinham sido tratados como inferiores (RIST, 1997). Muitos países tornaram-se independentes de suas colônias, como a Arábia Saudita e a Índia. Outros se tornaram repúblicas democráticas, como a Polônia, a Romênia, a Checoslováquia e a Hungria.

Em 1948, imbuídos de um discurso de reconstrução da Europa e de assistencialismo aos países mais pobres do planeta, os Estados Unidos inauguram a Era Desenvolvimentista, proclamada pelo então presidente Harry Truman, com o compromisso de um novo programa para levar benefícios científicos e progresso industrial disponível para viabilizar o crescimento de áreas não desenvolvidas.

Embutido no discurso assistencialista, os EUA tinham claro interesse em desmantelar os impérios colonialistas para acessar novos mercados para seus produtos.

A noção de subdesenvolvimento, enquanto carência econômica, surgiu a partir de então, quando os EUA começaram a assim denominar os países mais pobres, sem questionar as razões para suas faltas e carências, apenas proporcionando a eles crescimento e assistência ainda mais dependentes.

Em 1968 foi fundada uma organização informal, fruto da reunião entre profissionais, cientistas e empresários, chamada de Clube de Roma. As reuniões do Clube de Roma resultaram, nos anos seguintes, na Primeira Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente em Estocolmo no ano de 1972, tendo como secretário geral o Sr. Maurice Strong. Desta conferência foi elaborada a Tese dos Limites do Crescimento. Este documento tinha o objetivo de:

- 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 desenvolvimentistas do 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.

Segundo Sachs (In: VIEIRA, 1998), a partir da Conferência de Estocolmo, procurou-se um meio termo entre “*ecologismo absoluto*” e “*economicismo arrogante*”, na busca por um desenvolvimento orientado pela justiça social em harmonia com a natureza e não pela exploração e conquista.

Na década de 1970 marcada pela atmosfera revolucionária e pelos movimentos liberais, houve um crescimento da consciência política sobre a teoria da dependência econômica entre os países desenvolvidos e subdesenvolvidos, ficando claro a necessidade de conter o crescimento demográfico e econômico, ou ao menos, o consumo de bens materiais. Não se falava ainda da exploração social como contribuição para a catástrofe ecológica.

Caldas (2002) afirma que em 1973, Maurice Strong usou pela primeira vez o termo Ecodesenvolvimento. Este termo defendia uma nova visão sobre o desenvolvimento e a ampliação das discussões em escala mundial sobre os problemas de degradação ambiental.

Nas décadas seguintes houve muitas mudanças sobre a idéia do verdadeiro desenvolvimento. A ONU, Organização das Nações Unidas, tem desempenhado o papel fundamental de intermediador dos direitos coletivos dos povos, proporcionando desde então uma sucessão de assembléias, tratados, relatórios e acordos. Os documentos produzidos pelas Comissões das Nações Unidas constituem a principal base teórica sobre a evolução do conceito de desenvolvimento humano, em busca da igualdade entre todos, da preservação e manutenção dos recursos naturais do meio ambiente para assegurar a continuidade da vida na Terra.

Em 1974, foi elaborada a Declaração de Cocoyoc, através de um convênio entre a UNCTAD (United Nations Conference of Trading and Development – Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento) e a UNEP (United Nations Environmental Program – Programa das Nações Unidas sobre Meio Ambiente). Este documento colocava a hipótese de que a pressão sobre os recursos do meio ambiente eram produzidos pelo crescimento populacional e pela pobreza, principalmente nos países subdesenvolvidos, além dos padrões de consumo exagerados dos países desenvolvidos.

Em 1975, a Fundação Dag-Hammarkjöld elaborou o que se chama de Relatório Dag-Hammarkjöld, que aponta para a problemática do abuso do poder e a sua interligação com a degradação ecológica. Coloca também o papel da colonização européia no mundo e as formas de exploração e de degradação do patrimônio natural dos povos colonizados no correr dos cinco últimos séculos de exploração. Em 1976, ocorreu a Primeira Convenção sobre Assentamentos Humanos, o Habitat I, em Vancouver, Canadá.

Segundo Steele (1997), em 1977, formou-se em Boston, a Comissão de Desenvolvimento Internacional, também chamada de Comissão Brandt, pois foi presidida por Willy Brandt (na época presidente do Partido Social Democrata da Republica Federativa da Alemanha). Foram dez encontros de um grupo de 20 participantes, o que resultou num documento chamado de *North-South: A program for survival* (Relatório Norte-Sul: Um programa pela sobrevivência) publicado em 1980. Este relatório continha recomendações para mudanças nos procedimentos operacionais e políticos para o Fundo Monetário Internacional e para o Banco Mundial, a fim de negociar processos entre os países ricos e pobres, e solucionar a situação de trágica dependência pelo desenvolvimento entre esses dois grupos de países.

Steele (1997), também afirma que o primeiro uso da palavra sustentabilidade em conexão com meio ambiente foi em 1980, numa publicação produzida pela União Internacional pela Conservação da Natureza em Gland, na Suíça. Este documento intitulado de *World Conservation Strategies*, ou Estratégias Mundiais de Conservação, onde sustentabilidade aparecia intrinsecamente ligada a desenvolvimento. As discussões que se colocaram tinham a intenção de combater os

debates contra o crescimento que surgiu na década de 70. Existiam duas linhas concorrentes de discussão: aqueles que se questionavam se o progresso econômico era preciso para financiar a proteção ambiental e aqueles que eram contra o crescimento porque ele inevitavelmente resultava no reforço da degradação ambiental e da produção de resíduos e de lixo. Entretanto, este documento pouco apareceu no cenário político mundial.

Em 1983, ocorreu uma Assembléia Geral das Nações Unidas, tendo como secretário geral a Sra. Gro Harlem Brundtland (na época Primeira Ministra da Noruega). A Comissão Brundtland possuía ampla visão quanto aos problemas resultantes do desenvolvimento. Houve sessões públicas em várias partes do mundo, que reuniram militantes ecológicos, líderes políticos e a opinião pública em geral. Os trabalhos foram terminados em 1987, resultando num relatório final intitulado de *Nosso Futuro Comum* (RIST, 1997). Este documento era composto de tratados e acordos para proporcionar o equilíbrio ecológico do planeta. Os principais dados discutidos neste relatório tratavam sobre o desmatamento, erosão do solo, água potável, energia, urbanização, extinção de espécies animais, proteção dos mares e oceanos, e do ar atmosférico. A Comissão Brundtland considerou o meio ambiente e o desenvolvimento como temas compatíveis e complementares em seus objetivos. Um grande passo dado por esta comissão foi a centralização na definição de Sustentabilidade, como: *Um princípio de que o crescimento econômico pode e deve ser manejado de forma que recursos naturais possam ser usados num caminho de que a qualidade de vida das futuras gerações possa ser assegurada* (STEELE, 1997, p.5). Desde então, o conceito de sustentabilidade tem estado intrinsecamente ligada ao conceito de desenvolvimento.

Um dos mais importantes encontros pela sustentabilidade foi a chamada Cúpula da Terra, também conhecida como RIO-92, ou ECO-92. Mais uma vez Maurice Strong preside uma assembléia da ONU, e coloca no foco das discussões política e econômica as idéias de Desenvolvimento Sustentável. Esta reunião contou com a participação de 178 países e o fruto deste evento foi a publicação do documento intitulado Agenda 21, baseando-se na premissa fundamental de que o Primeiro Mundo deve subsidiar o desenvolvimento no Terceiro Mundo a fim de

restituir iniquidades do passado explorador e reverter o ciclo destrutivo de depredação de recursos.

A Agenda 21 foi um marco conceitual abrangente que visava estimular a imaginação social, uma espécie de Livro Verde para os Atores do Processo de Desenvolvimento, para auxiliá-los na elaboração de Agendas 21 em níveis local e nacional (...). É um convite a todos para tomarem iniciativas que conduzam a sua concretização (SACHS, 1993, p.64).

A Agenda 21 é o documento mais completo sobre propostas para atingir o desenvolvimento humano sustentável, englobando 40 seções de interesses distintos, 120 esboços de programas de ação e 1000 propostas, agrupadas sobre seguinte diretriz:

A humanidade encontra-se num momento de definição na história. Nós nos confrontamos com a perpetuação das disparidades entre nações e dentro delas próprias (...), a pobreza se agravando, fome, doenças, analfabetismo e a continuidade da deterioração dos ecossistemas dos quais nós dependemos para nossa sobrevivência' (Agenda 21, apud STEELE, 1997, p. 8)

Os textos produzidos para a Agenda 21 se dividem em seis áreas prioritárias:

1. Estratégias para aliviar a pobreza, mudar padrões de consumo, implementar o acesso de todos a serviços de saúde e redução do crescimento populacional;
2. 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;
3. A proteção dos nossos interesses comuns – atmosfera e oceanos, como bens naturais de patrimônio coletivo global e os impactos negativos sobre a água e o ar;

4. **A manutenção dos Assentamentos Humanos e a necessidade de adequar ambientalmente a infra-estrutura urbana e mudanças na indústria da construção civil;**¹
5. Manutenção de resíduos químicos; e
6. Crescimento econômico sustentável, ambos de discussão geral priorizando custos para corrigir problemas existentes e a implementação de novos programas.

Depois da Agenda 21 o termo Ecodesenvolvimento, primeiramente usado na Conferência de Estocolmo, em 1972, começou a ser usado no tocante a sustentabilidade com ênfase nos aspectos regionais, através do estímulo à utilização de recursos e práticas locais.

Além da Agenda 21, na Conferência RIO-92 foram elaborados outros documentos complementares:

- A Declaração do Rio de Janeiro;
- A Convenção sobre Mudanças Climáticas;
- A Declaração dos Princípios sobre as Florestas;
- A Convenção sobre a Biodiversidade.

Com o objetivo de complementar os resultados aprovados durante a ECO-92, com relação aos conceitos e modelos do desenvolvimento sustentável, realizaram-se posteriormente os seguintes eventos:

- Conferência Internacional sobre População e Desenvolvimento (ICPD), no Cairo, Egito, em 1994;
- Conferência das Nações Unidas sobre Assentamentos Humanos (HABITAT II), em Istambul, Turquia, em 1996;

¹ Partes em negrito são grifos da autora.

- A Conferência RIO+5 (para avaliar os resultados da ECO-92), no Rio de Janeiro, Brasil, 1997.

A conferência das Nações Unidas sobre Assentamentos Humanos – Habitat II em Istambul, em junho de 1996, foi de igual importância à ECO 92, uma vez que tratou-se neste evento de temas específicos sobre o desenvolvimento urbano atual e a necessidade de implantação de estratégias mais sustentáveis para as cidades de todo o mundo, discutiu-se inclusive a situação de desenvolvimento dos países em crescimento, como por exemplo o Brasil.

Os temas globais do Habitat II envolveram discussões sobre a adequada habitação para todos e o desenvolvimento de assentamentos humanos em um mundo em urbanização. Além disso, procurou-se defender a idéia de adotar uma agenda que estabelecesse um conjunto de princípios, metas, compromissos e um plano global de ação, visando orientar, nas duas primeiras décadas do séc. XXI, os esforços nacionais e internacionais no campo da melhoria dos assentamentos humanos.

Outras discussões também importantes tratadas na ocasião, mostraram a importância do poder local para a tomada de decisões para o desenvolvimento da região, através da descentralização da política urbana, incentivando a iniciativa de ações concretas para o âmbito da comunidade local e do setor público, e do setor privado e não-lucrativo também, como cooperativas e Organizações Não Governamentais (ONG's) e sociedade civil em geral.

Os países participantes acordaram o reconhecimento do direito à moradia como direito humano, e a obrigação do Estado de elaborar planos e programas habitacionais e programas de proteção ao direito à moradia como direito humano.

Reforçaram-se os pilares do Desenvolvimento Sustentável no âmbito dos assentamentos humanos através do reconhecimento das necessidades de afirmação clara da democracia entre os povos, do respeito aos direitos humanos, da transparência nos atos representativos da coletividade, da representatividade e responsabilidade do governo, da administração pública, da efetiva participação popular da sociedade civil nos processos para alcançar a meta de assegurar adequada habitação para todos e o desenvolvimento de assentamentos humanos sustentáveis.

1.2 Desenvolvimento Sustentável

Neste item tratam-se os conceitos de Desenvolvimento Sustentável que evoluíram ao longo do tempo (evolução abordada no item 1.1, p.15). Como serão abordados logo adiante, os autores estudados divergem sobre determinados aspectos da sustentabilidade em suas definições. Entretanto, essas diferentes abordagens se completam num entendimento geral sobre as noções mais recentes deste tema.

O termo Ecodesenvolvimento (entendido com sinônimo de Desenvolvimento Sustentável, ou até mesmo como muitos autores indicam - termo antecessor, ou que evoluiu para Desenvolvimento Sustentável) é dado ao conceito de planejamento originalmente defendido pela UNEP como *“desenvolvimento em nível regional e local (...) construído com as potencialidades da área envolvida, com atenção para uso racional e adequado dos recursos naturais e aplicação correta da tecnologia”* (UNEP, 1975, apud REDCLIFT, 1995, p. 214).

A evolução epistemológica incorporou na definição de Ecodesenvolvimento variáveis sociais. Dasmann, citado por Redclift (1995) coloca que o Ecodesenvolvimento deve incluir pessoas como prioridades e dentre elas, os pobres em primeiro lugar.

Em Chambers (1986) citado por Redclift (1995), os pobres são imediatamente ligados aos seus meios de subsistência. Os ricos se dão ao luxo de poder dar prioridade à sustentabilidade ambiental. Trata-se sobre a necessidade de evoluir para a prática de uma subsistência sustentável, que permita conexões entre o crescimento, a subsistência e o meio ambiente. O que os povos pobres almejam, com seus processos de desenvolvimento e uso do meio ambiente, é simplesmente uma melhor qualidade de vida.

Segundo Redclift (1995), o termo Desenvolvimento Sustentável foi usado na época da Declaração de Cocoyoc sobre desenvolvimento e meio ambiente no começo dos anos 70. Desde então, ele tem se tornado a marca registrada de organizações internacionais dedicadas em defender um desenvolvimento ambientalmente benéfico. O termo tem servido para catalisar o debate sobre a relação entre mudanças econômicas e recursos naturais. O Desenvolvimento Sustentável sugere que as lições

de ecologia podem ser aplicadas para processos econômicos. Ele se compatibiliza às idéias da Estratégia da Conservação Mundial, alimentando uma racionalização ambiental através do desenvolvimento com respeito à qualidade de vida.

Segundo Sachs (In: VIEIRA, 1998), algumas conseqüências positivas se afirmaram durante a evolução dos conceitos de desenvolvimento sustentável:

1. A afirmação consciente de que “Nem tudo está à venda” dita por Robert Kuttner, contra a adoção da racionalidade econômica mercantilista;
2. O avanço numa gestão democrática e transparente dos recursos, através de uma economia negociada e ajustada às necessidades dos cidadãos e às potencialidades do meio ambiente;
3. Uma melhor interação entre diversidade biológica e cultural, constituindo uma história ecológica da humanidade dos processos de co-evolução da nossa espécie e do planeta;
4. A necessidade de colocar em prática o ecodesenvolvimento;
5. A modulação dos estilos de consumo e de vida, de acordo com as condições do planeta em absorver impactos sobre o meio ambiente;
6. A adoção de um enfoque multidisciplinar entre os campos das ciências, principalmente entre as sociais e as exatas;
7. A gestão dos patrimônios comuns da humanidade – naturais e culturais.

No fim dos anos 90, com o fim dos governos militares, na maioria dos países de 3º. Mundo, as lideranças políticas decidiram transformar suas realidades por conta própria. Desta forma constituiu-se o Relatório da Comissão dos Países do Sul, presidido por Julius Nyerere (presidente da Tanzânia). Algumas colocações importantes para estes países em desvantagem mundial vieram à tona:

- O desenvolvimento dos países pobres implicaria em crescimento sob responsabilidade própria, não devendo ser importado dos ricos;

- Indivíduos e coletividade devem trabalhar para atingir a atenção popular na defesa de seus próprios interesses, como eles queiram, e tomar seus próprios caminhos para atingir o desenvolvimento;
- A modernização não pode resultar na antítese à cultura de um povo;
- As leis e o respeito às minorias devem ser preservados;
- O verdadeiro desenvolvimento deve ser centrado nos recursos humanos do povo.

1.3 Dimensões da Sustentabilidade

A partir dos impulsos tomados na Conferência de Estocolmo, em 1974, Ignacy Sachs organizou cinco princípios, denominados dimensões, às quais, mais tarde construiriam a base do desenvolvimento sustentável. O planejamento objetivando o ecodesenvolvimento possuía cinco dimensões, correspondentes aos níveis social (1), econômico (2), ecológico (3), espacial (4) e cultural (5), que envolviam diversos sistemas da produção humana (SACHS, 1993).

1. Sustentabilidade Social, com o objetivo de construir uma civilização do “ser”, com maior equidade na distribuição do “ter” e da renda, de modo a melhorar os direitos e as condições das massas de população e reduzir a distância entre pobres e ricos.

2. Sustentabilidade Econômica, com alocação e gestão mais eficiente dos recursos. Melhorar as condições da economia e mercados externos (dívida externa, fluxo de recursos financeiros do Sul para o Norte e barreiras protecionistas).

3. Sustentabilidade Ecológica, prevendo a necessidade de limitação do consumo de combustíveis fósseis e/ou de outros recursos facilmente esgotáveis ou ambientalmente prejudiciais substituindo-os por recursos renováveis ou abundantes e ambientalmente inofensivos. Estímulo à conservação e reciclagem de energia e recursos naturais. Intensificação em pesquisa de tecnologias limpas que utilizem de modos mais eficientes os recursos naturais para a promoção do desenvolvimento urbano, rural e industrial.

4. Sustentabilidade Espacial, propondo uma configuração rural e urbana mais equilibrada e melhor distribuição territorial de assentamentos humanos e atividades econômicas.

5. Sustentabilidade Cultural, privilegiando processos de mudanças no seio da continuidade cultural, respeitando as características de cada cultura e de cada local.

Diante do contínuo amadurecimento deste tema, e da crescente inclusão de cientistas e pesquisadores sobre a sustentabilidade mundial, outras definições são constantemente formadas para as dimensões da sustentabilidade, ou seja, estas definições não são inscritas em si próprias, mas como citado anteriormente, são meio e produto da evolução do desenvolvimento humano. Sandra Silva (2000) define as vertentes da sustentabilidade em função de três perspectivas científicas:

1. O método PICABUE, desenvolvido por Gordon Mitchell do Centro Ambiental da Universidade de Leeds, no Reino Unido. Este método é baseado em linhas orientadoras fundamentais – futuro, meio ambiente, equidade social e participação pública, tendo o homem como agente articulador de todas estas vertentes;
2. As conjecturas sobre o Ecodesenvolvimento, desenvolvidas por Ignacy Sachs onde se resgatam os conceitos de solidariedade sincrônica e diacrônica conjugadas com a equidade sustentada no tripé, definido por Eficiência econômica, justiça social e prudência ecológica.
3. Os princípios do projeto *Sustainable Seattle*, em que se procuram conciliar Proteção Ambiental, o atendimento das necessidades básicas de todos, a obtenção de uma economia dinâmica e a manutenção da justiça social.

A partir dessas perspectivas, a síntese de características básicas da sustentabilidade definidas por Sandra Silva (2000) apresenta-se em três vertentes:

1. Caráter progressivo – caracteriza-se pela sua aplicação dinâmica e contínua em que se devem definir metas e construir processos para as atingir em relação a condições específicas contextuais;

2. Caráter holístico – caracteriza-se pela visão interdisciplinar e transdisciplinar da sustentabilidade em que busca uma abordagem pluridimensional, aberta e indissociável por parte de todas as áreas do conhecimento;
3. Caráter histórico – caracteriza-se pela abordagem no que toca às especificidades espaciais e temporais equacionando ações do passado, presente e futuro das comunidades envolvidas com a importância especial para participação.

Banerjee (2003) comenta que há muitas interpretações diferentes do Desenvolvimento Sustentável, mas seu objetivo principal é de descrever um processo de crescimento econômico que não cause destruição ambiental. Para muitos autores, o caráter utópico do desenvolvimento sustentável encontra-se no fato do desenvolvimento manifestar uma lógica econômica, onde o único objetivo é orientar-se para um crescimento econômico e o desenvolvimento sustentável pretender a preservação do meio ambiente, indo de certa forma contra a essência da lógica vigente mundial (SILVA, 2000).

A bibliografia consultada indica que apesar dos esforços desenvolvidos no meio acadêmico para se enquadrar a problemática do desenvolvimento dentro da lógica da prudência ecológica e da equidade social, levantam-se dúvidas acerca da produção científica elaborada em torno do tema da sustentabilidade, pois, essa, acompanharia a tendência política dominante, imbuídos de um discurso meramente ilusório e utópico.

Contudo, estes aspectos da sustentabilidade serão retomados na Seção 5, quando serão avaliados os parâmetros de sustentabilidade do bambu, enquanto material e sistema construtivo.

1.4 Novos paradigmas do desenvolvimento

Segundo Cavalcante (1998) foi Thomas Khum, em 1975 com seu livro *A Estrutura das Revoluções Científicas*, quem primeiro sistematizou a abordagem de mudança de paradigmas. Um paradigma exprime a opinião vigente, dominante e hegemônica sobre determinado campo científico. A mudança de paradigmas implica

em romper com o saber dominante do ramo da ciência em questão e ficar em situação de minoria durante determinado período de transição.

No ponto em que a humanidade se encontra, quase tudo é sabido sobre a necessidade de mudanças, e o que pode ser mantido no modo de vida atual. É chegada a hora de tomar decisões concretas e colocar em prática aquelas já acordadas em tratados internacionais. Sachs (1993) apresenta alguns paradigmas a serem quebrados, se a humanidade resolver tomar a decisão rumo à continuidade da vida na Terra.

Quatro premissas básicas servem de guia para as ações concretas de transição de um modo de produção depredador 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.

Os problemas globais mais urgentes a serem solucionados envolvem a resolução de conseqüências ambientais resultantes do sistema produtivo vigente. São eles: o controle da chuva ácida, como conseqüência da emissão de sulfatos

industriais e a emissão de gases tóxicos responsáveis pelo aquecimento global, CFC (Clorofluorcarbureto) – responsável pela redução da camada de ozônio, e CO₂ (Dióxido de Carbono) – responsável pelo aquecimento do planeta e pelo efeito estufa.

No âmbito da construção civil, as iniciativas prementes tangem o 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 cerca de 30% de resíduos durante o processo construtivo dos edifícios (ALVA, 1997).

O ambiente natural que vem sendo transformado em espaço construído e habitado, através da ação do homem com o estrato natural, por atitudes econômicas e culturais, lança bases para o surgimento de uma nova ecologia humana, fundamentada na história do desenvolvimento, que pretendeu ser explicitada nesta seção, como base de compreensão para as futuras abordagens deste trabalho. Todos esses processos e acontecimentos relatados, até o momento, levantam a necessidade de novas atitudes paradigmáticas com relação à produção do espaço em que vivemos, principalmente o espaço das cidades, frente aos atuais 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.

A Seção seguinte trata mais claramente sobre os problemas de insustentabilidade urbana, partindo de fatos globais, até atingir pontos de discussão específicos, por exemplo, os princípios da arquitetura bioclimática.

2. Sustentabilidade do Espaço Construído

Existe uma diferença essencial entre ambiente natural e ambiente construído. O primeiro é regido em tese por leis biológicas e o segundo é fruto das leis econômicas e sociais de diferentes culturas, agindo e interagindo com o meio ambiente natural. Ao estudo do ambiente natural e ambiente construído sob ação humana à luz das ciências sociais, Alva (in VIEIRA, 1998) define como uma instância transdisciplinar chamada de ecologia humana.

A transformação dos espaços naturais em ambientes construídos têm sido uma das principais marcas da vida humana sobre os elementos que compõem a Terra. O modelo de crescimento econômico, somado ao crescimento demográfico e os padrões de consumo adotados durante o último século, têm provocado danos irreversíveis ao meio ambiente.

O estilo de crescimento econômico dos países desenvolvidos tornou-se modelo para o desenvolvimento em crescimento dos países mais pobres, contribuindo para a degradação ambiental nestes locais.

No debate sobre sustentabilidade, discussões sobre o planejamento e a gestão urbana com propósitos sustentáveis devem reconhecer as cidades como consumidoras e degradadoras do meio ambiente natural, e dos recursos do ambiente construído.

A manutenção e conservação de áreas verdes, o uso de energia, os transportes, os serviços, a produção e o consumo, bem como a destinação de resíduos destes, pressupõe a adequação dos assentamentos e a participação dos cidadãos, em seus mais diversos setores, nos mecanismos de administração para a realização do desenvolvimento urbano sustentável.

No Brasil, há meio século, a maioria da população vivia no campo, as necessidades humanas restringiam-se às necessidades básicas de sobrevivência normalmente atendidas pelas disponibilidades ambientais do entorno. Hoje cerca de 80% da população brasileira reside em áreas urbanas. O processo de urbanização foi muito rápido. Em 50 anos um país rural foi transformado num país eminentemente urbano (VIEIRA, 1998).

Os dados científicos indicam que, embora desde os anos 80, há uma aparente melhoria nas condições habitacionais urbanas da população brasileira. O número absoluto de carência habitacional é de 10,17 milhões de domicílios urbanos que não estão abastecidos de água, 5,4 milhões não são atendidos por coleta de lixo e 16,5 milhões não dispõem de instalações sanitárias adequadas (CHAFFUN, In: BONDUKI, 1997).

O quadro de déficits habitacionais elevados, de ausência de alternativas de habitação adequadas para os pobres e moradores das periferias urbanas, somado à carência na cobertura e na qualidade dos serviços urbanos de infra-estrutura, saneamento, poluição hídrica, saúde configuram a forma de ocupação e urbanização do ambiente construído em quase todas as cidades do país. Em muitas cidades brasileiras é comum a ocupação para moradias de áreas inadequadas com risco de perdas humanas, patrimoniais e ambientais, ocasionado freqüentes conflitos sociais e fundiários, de difícil solução, e que geram ocupações ilegais de terras públicas e privadas.

É importante ressaltar que o esgoto doméstico é, atualmente, o maior poluidor dos recursos hídricos, e a ocupação ilegal é o fator mais freqüente de agressão às áreas de preservação, situadas próximas, ou no interior de centros urbanos. Por falta de alternativas e por irresponsabilidade dos Estados, a ausência do saneamento é, apesar da melhoria no indicador de mortalidade infantil, apontado no censo de IBGE de 1991, como a maior causa de doenças infantis. (CHAFFUN, In: BONDUKI, 1997).

A moradia social, relacionada com a sustentabilidade ambiental, está no centro de qualquer proposta que vise reverter essa situação de exclusão social e deterioração ambiental.

‘A arquitetura sustentável surge por três motivos – primeiro, para atingir o objetivo de sobreviver através da cooperação com a natureza; segundo, para construir abrigo de acordo com os princípios ecológicos; e terceiro, para resolver os profundos conflitos filosóficos em torno do real merecimento do luxo de nossa existência, dado o nosso longo histórico de violações ambientais’ (WINES, 2000, apud TEIXEIRA, 2005).

A sustentabilidade do espaço construído, assim como a sustentabilidade em geral, apresenta-se sob vários pontos de vista e interpretação. Kohler (apud

TEIXEIRA, 2005, p. 48) apresenta uma interpretação, demonstrada no quadro abaixo (ilustração 1) bastante sintético das vertentes básicas da sustentabilidade aplicada às edificações.

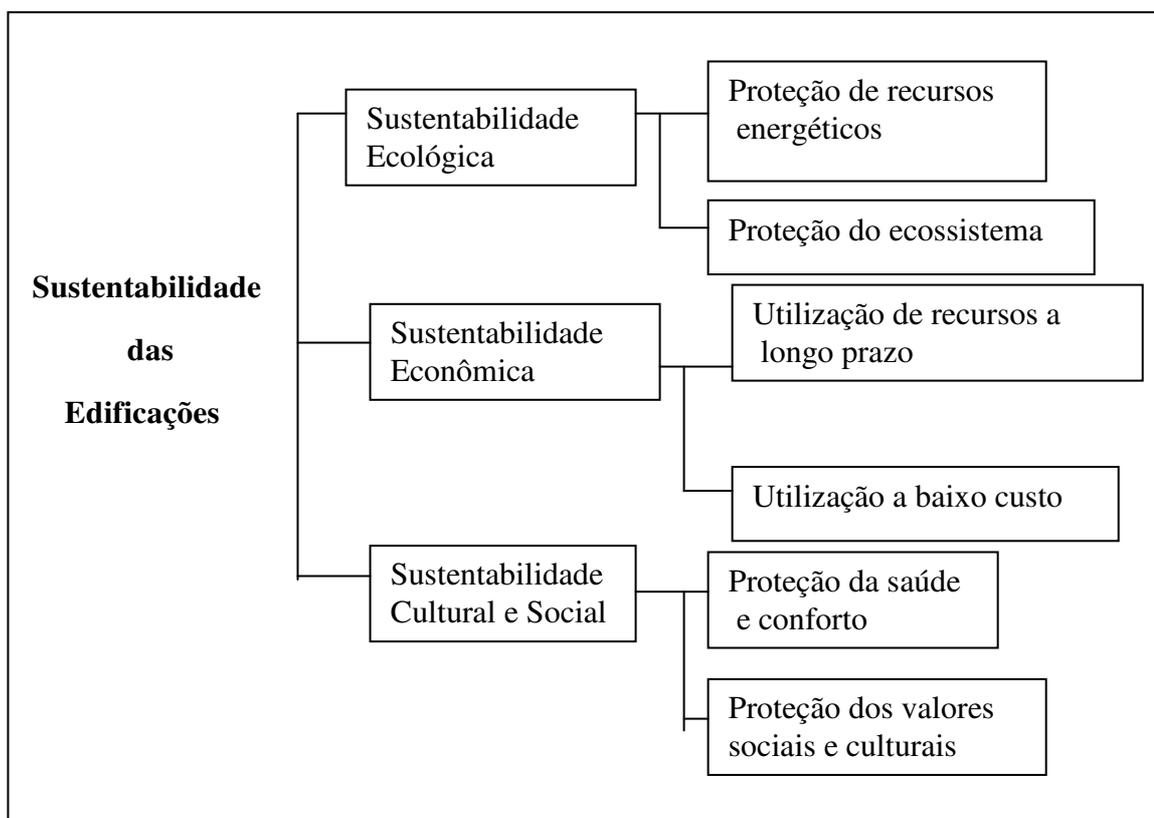


Ilustração 1: Esquema das três dimensões da sustentabilidade na construção.

Fonte: KUAA, apud TEIXEIRA, 2005, p.48.

Teixeira (2005) relata um trecho sobre avaliações de construções sustentáveis, tratando que devem ser feitas três perguntas acerca de projetos ditos sustentáveis:

- **Quais as oportunidades de trabalho que o empreendimento pode oferecer à comunidade durante e depois do processo de construção?**
- **Como tal empreendimento atua sobre a vida social e econômica do entorno imediato e também da cidade?**
- Qual o impacto sobre o sistema de transporte?

E por fim, as questões sobre outros recursos como água e alterações de microclima local. Não seria possível separar as questões de arquitetura e de sustentabilidade, nestes casos os fatores estão interligados e interdependentes, para

que o processo aconteça com sucesso. Para William MacDonough, trata-se de garantir a Eco-eficácia (Eco-effectiveness), descrita assim:

É uma forma de abordar a idéia de economia eficiente, garantindo lucros para empresas que se dedicam a obter lucros, enquanto se tratam as pessoas corretamente e de forma justa e se respeita, até mesmo se celebra, o mundo atual. Isto vai além da abordagem convencional do único-aspecto, que poderia tratar, por exemplo, de responsabilidade social ou eficiência energética (MACDONOUGH e BRAUNGART, 2000).

Este ideal de edifício em perfeita integração com a natureza é uma busca incessante, e aparentemente utópica diante de tantos aspectos e limitações a serem considerados. Jason McLennan (2000) descreve o ‘*seu*’ Edifício Vivo, com os seguintes princípios de funcionamento:

1. Obtém toda a água e energia necessárias no próprio local;
2. Está adaptado especificamente ao local e clima, evoluindo com as mudanças que se verifiquem nos mesmos;
3. Funciona sem poluição e não gera qualquer tipo de resíduo que não seja útil para outros processos do edifício ou do ambiente do entorno;
4. Promove a saúde e bem-estar de todos os usuários, assim como um ecossistema saudável;
5. Está comprometido com sistemas integrados de maximização de eficiência conforto;
6. Melhora a saúde e diversidade do ecossistema local mais em vez de degradá-lo.
7. É belo e inspira-nos a sonhar.

2.1 Aspectos econômicos da sustentabilidade das edificações

O aspecto econômico da sustentabilidade das edificações apresenta vantagens de redução de custos, de forma mais representativa, na fase de utilização. Estas se verificam dentro do ciclo de vida da edificação, considerando custo de energia, utilização de água, mão-de-obra para manutenção, troca dos componentes, equipamentos, etc. (LIPPIAT, 1997, apud TEIXEIRA, 2005).

Mülfarth (2002), também se refere a este tema quando 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, sempre se preocupando com a continuidade dos baixos custos de manutenção e de operação do edifício. Isto pode representar uma grande economia para os usuários, com relação aos custos de operação que podem apresentar uma redução da ordem de 35%, através da utilização de tecnologias ambientalmente corretas (NOOMAN e VOGEL, 2000). São essas as metas:

- 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.

2.2 Energia e Sustentabilidade

O sol é uma fonte não poluidora de energia renovável e é essencial na formação de vento, nuvens, relâmpagos, chuva e outras condições meteorológicas capazes de serem utilizadas para produzir energia. É a fonte primordial de energia do planeta, entra sob a forma de luz manifestando-se de maneiras variadas. “A quantidade de energia solar recebida pela Terra varia dependendo da latitude e das condições de nebulosidade do céu, mas a média anual é de $15,3 \times 10^8 \text{ cal/m}^2$, o equivalente a 40.000 kW de energia elétrica por cada ser humano” (BEHLING, 1996).

A utilização eficiente da energia e as suas fontes seguras, viáveis e menos poluentes são mundialmente reconhecidas como importantes, e mesmo indispensáveis, componentes do desenvolvimento sustentável (GOLDEMBERG e JOHANSSON, 1995; DINCER e ROSEN, 1999). No futuro, o desenvolvimento sustentável exige, em longo prazo, recursos energéticos que estejam prontamente e sustentavelmente disponíveis a custos razoáveis e que possam ser utilizados para as necessidades sem causar impactos sociais negativos (DINCER e ROSEN, 1998).

A energia é um dos pontos centrais na discussão do desenvolvimento sustentável, por estar diretamente ligada aos três tradicionais vetores da sustentabilidade (MUNASINGHE, 2002).

A demanda crescente por energia e os esforços para a suprir acarretam investimentos elevados de recursos públicos e impactos diversos do ponto de vista ambiental e social. Podem-se referir:

- Construção de usinas;
- Inundações;
- Deslocamento de populações – hidroelétricas;
- Perda de biodiversidade, ameaça dos ecossistemas, poluição;
- Riscos de segurança pública – termoelétricas e usinas nucleares (ADAM, 2001).

Ao longo da busca pelo desenvolvimento sustentável, as preocupações com a utilização eficiente dos recursos do planeta foram constantes. A energia, como motor do desenvolvimento econômico dos países, como fator fundamental para o desenvolvimento social e como principal causadora de problemas ambientais do planeta, apresenta-se, ao longo da história, como ponto fundamental na busca pela sustentabilidade, estando presente em várias iniciativas tomadas para consegui-la.

2.3 Impactos ambientais das edificações

O ambiente construído pode expressar uma realidade social, econômica, política e cultural. Existe um componente simbólico da forma que transmite informações, mensagens e idéias, provocando sensações e respostas nas pessoas. Sem uma significação social, esses símbolos perdem sentido e viram meros motivos decorativos (o que freqüentemente tem sido observado através da globalização da arquitetura e importação de estilos arquitetônicos padronizados, incompatíveis com as diferentes regiões climáticas do planeta).

As sucessivas revoluções tecnológicas dos últimos dois séculos proporcionaram um intenso processo de mutação nas relações entre sociedade e natureza, através da introdução de artefatos e bens manufaturados. Como conseqüência disso, surgiram duas transformações na conformação climática da Terra:

- Primeiramente, foram observadas diversas transformações no clima e do meio ambiente construído, como alterações de temperatura do ar urbano, incidência de chuvas, degradação de massas de água urbanas, formação de ilhas de calor, entre outros.
- Em segundo lugar, observou-se a degradação da qualidade de vida humana nas cidades, fruto das alterações climáticas advindas da urbanização intensiva.

É visível o esforço de modernização ecológica das cidades – processo no qual instituições políticas procuram conciliar o crescimento urbano com a resolução dos problemas ambientais, dando ênfase a adaptação tecnológica, à aceleração da economia de mercado, à crença na colaboração e no consenso entre urbano e natureza (ACSELRAD, 2001). Paradoxalmente, os avanços tecnológicos alcançados pelo homem, todas as iniciativas de desenvolvimento e urbanização têm-se refletido em degradação ambiental.

Os problemas ambientais relacionados com a geração e utilização de energia refletem-se, não apenas ao aquecimento global, mas também a aspectos como poluição do ar, chuvas ácidas, degradação da camada de ozônio, destruição de florestas, e emissão de substâncias radioativas (DINCER, 1999). Entre os problemas ambientais, os mais significativos são:

- Chuvas ácidas: atribuídas a ácidos produzidos pela queima de combustíveis fósseis – emissões de dióxido de enxofre (SO₂) e óxidos nítricos (NO_x) (em fundições de minérios, caldeiras industriais, e veículos de transporte), podem ser transportados ao longo de grandes distâncias pela atmosfera e depositados via precipitação. Outras substâncias, tais como, compostos orgânicos voláteis (COV), cloretos, ozônios e metais de traço, podem contribuir para o conjunto de transformações na atmosfera que resulta em chuvas ácidas e na formação de outros poluentes de ar. 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). Os países que mais contribuem para as chuvas ácidas são os Estados Unidos, países da ex-União Soviética e a China.

O problema, em relação às responsabilidades destes países, são que, na maior parte das vezes, os efeitos das chuvas ácidas refletem-se em outros países, que não os poluidores. Torna-se, portanto, difícil aplicar o princípio em que “o poluidor paga” (DINCER e ROSEN, 1998), afinal todos sofrem os prejuízos da poluição desmesurada.

- Destruição da camada de ozônio: a camada de ozônio, presente na atmosfera, mantém um papel fundamental para o equilíbrio do planeta. Pois, é através desta que 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. A contribuição, direta ou indireta, de atividades relacionadas com o consumo ou produção de energia, para a destruição da camada de ozônio, é parcial, mas importante. Através da queima de combustíveis fósseis e de biomassa, são emitidas, para a atmosfera quantidades substanciais de óxido nitroso (N₂O) e clorofluorcarbonos (CFCs – usados em condicionadores de ar e em equipamentos de refrigeração) que desempenham um papel importante na destruição da camada de ozônio (DINCER e ROSEN, 1998);
- Efeito estufa (alterações climáticas globais): deve-se ao aumento da concentração de gases causadores de efeito estufa (CO₂, CH₄, CFCs, N₂O, etc), na atmosfera. Esses gases bloqueiam a radiação refletida pela superfície terrestre, aumentando a temperatura na superfície do planeta. A temperatura aumentou cerca de 0.60 °C ao longo do século XX (AFGAN, et al, 1998). Os sistemas mundiais energéticos são responsáveis por mais da metade das emissões de gases causadores do efeito estufa por atividades humanas. A maioria dessas emissões é originária da queima dos combustíveis fósseis (ENERGIA, 2002, apud TEIXEIRA, 2005).

De todos os impactos relacionados a atividades ligadas ao consumo ou produção de energia, as alterações climáticas globais são o mais importante deles. Em estudos recentes realizados pelo Instituto de Pesquisa sobre Políticas Públicas de Londres, do Centro para o Progresso Norte Americano e do Instituto Austrália, foi

observado um aumento de cerca de 0,8°C acima da temperatura média do planeta, desde a revolução Industrial. Esta situação pode se agravar se os países mais ricos do mundo não conseguirem, durante os próximos dez anos, que um quarto da eletricidade seja produzida por fontes renováveis. Se nada for feito, a Rede de Ação Climática (federação de ambientalistas europeus) prevê que em 2100, a temperatura média do planeta esteja 5,8°C mais quente (PUBLICO, 2005, apud TEIXEIRA, 2005).

Os impactos ambientais ligados à energia são variados e de dimensões diversas em todo o planeta. Mesmo que o maior problema esteja relacionado com o impacto das alterações climáticas globais, resultantes do uso excessivo de combustíveis fósseis, os demais problemas expostos têm dimensões consideráveis e devem ser abordados corretamente para uma melhor abordagem do desenvolvimento sustentável. Fato que confere a eficiência energética uma importância fundamental.

Cerca de 50% da energia produzida no planeta é consumida nos edifícios, em processos de construção e de operação. O restante da energia é consumida por indústrias (25%) e pelo setor de transportes (25%) (BEHLING, 1996). As cidades contemporâneas são intensivas no uso de energia, principalmente nos países desenvolvidos, onde o consumo energético e de água é muito superior ao consumo dos países pobres. As atividades domésticas, energeticamente dependentes estão aumentando. Nos países desenvolvidos, entre 1971 e 1995, as emissões de CO₂ provenientes do setor industrial diminuíram em 9%, enquanto que as provenientes da utilização de edifícios aumentaram 22% (TEIXEIRA, 2005), comprometendo a eficácia das medidas tomadas para conseguir eficiência energética.

Na União Européia, o setor residencial é responsável pelo consumo de cerca de 57% do consumo de energia com sistema de aquecimento de edifícios, enquanto que 25% desta fatia é destinada ao aquecimento de água, deixando cerca de 11% para o consumo final de eletricidade (CHWIEDUK, 2003, apud TEIXEIRA, 2005).

No Brasil, as edificações dos setores comercial, público e residencial somadas, são responsáveis pelo consumo de 47,35% da energia elétrica (BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL DE . MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, 2001. In: MEIRIÑO, M. www.arcoweb.com.br/debate/debate66.asp). Em pesquisas de campo, conforme constatado por Juan e Lúcia Mascaró, evidenciou-se que 20% a 30% da energia consumida seriam suficientes para o funcionamento da edificação;

30% a 50% da energia consumida são desperdiçados por falta de controles adequados da instalação, por falta de manutenção e também por mau uso; 25% a 45% da energia são consumidos indevidamente por má orientação e por desenho inadequado de suas fachadas, principalmente (MASCARÓ, J. e MASCARÓ, L. 1992.)

Estima-se que, no Brasil, 20% da água coletada e tratada se perde por vazamentos ou roubo de água, dificultando ainda mais a oferta de água de qualidade à população urbana brasileira (MEIRIÑO, M. In: <http://www.arcoweb.com.br/debate/debate66.asp>, acessado em 15 de setembro de 2005).

Os valores citados acima evidenciam o papel preponderante dos arquitetos no processo de construir. É necessário um projeto de arquitetura que interaja com o meio em que se insere, fazendo uso de iluminação e ventilação naturais, com orientação e forma planejadas, proteções solares corretas e especificação criteriosa de materiais (especialmente na envoltória da edificação), entre outros aspectos. Tirando o máximo proveito das condições climáticas da região é que se obtêm as maiores contribuições no uso eficiente e na racionalização da energia, sem deixar de garantir o conforto dos usuários. Outro aspecto da construção urbana que deve ser considerado é a produção e disposição dos resíduos sólidos resultantes do cotidiano humano nas cidades e das transformações produzidas pelo homem no ambiente natural e construído.

Grande parte da responsabilidade pela ineficiência do consumo energético dos edifícios deve-se à padronização de tipologias, técnicas e materiais de construção. Questões que deveriam influenciar a concepção dos edifícios foram esquecidas em nome da rentabilidade econômica. MASCARÓ (1992) afirma que há um generalizado desconhecimento das condições climáticas por parte dos projetistas e o baixo prestígio das soluções de condicionamento natural, evidenciados pelos grandes e freqüentes erros de projeto encontrados. Ignora-se, por exemplo, que, se há preocupação dos usuários, um edifício térmico e luminosamente bem projetado poderá, mesmo climatizado artificialmente, consumir muito menos energia que outro mal resolvido tecnicamente.

Steele (1997) destaca que muito da arquitetura praticada hoje tem utilizado um mesmo setor da indústria de materiais de construção, o do aço, o do vidro e o do

concreto, como resultado de políticas expansionistas e do desejo de modernização a qualquer preço. Recomenda-se uma avaliação das práticas tecnológicas atuais baseando-se num confronto de características com tecnologias mais sustentáveis, usando materiais naturais e métodos tradicionais vernaculares, reutilização e reciclagem de materiais, técnicas que podem reduzir os níveis de poluição ao ambiente natural e paisagístico.

2.4 Materiais construtivos

Segundo Mülfarth (2002), de forma simplificada, os materiais de construção podem ser divididos em:

- Materiais orgânicos – madeiras (tanto serradas como obtidas através de processamento industrial, aglomerados, compensados, laminados, etc.) e plásticos (poliestileno expandido, poliuretano, polivinil, nylon, acrílico e formaldeídos) – materiais construtivos com base em carbono;
- Materiais cerâmicos – inorgânicos e não metálicos. Têm como composição primária o concreto e produtos para alvenaria e o vidro (tijolo de barro, pedras, revestimento cerâmico, cimento e o vidro), e;
- Materiais metálicos – aço, alumínio, cobre, zinco, chumbo, etc.

A definição destes componentes, que materializam o ambiente construído, deve ser cuidada e efetuada criteriosamente. Para Anink (1996) devem ser utilizados os seguintes princípios:

- Prevenção do uso desnecessário de materiais, através da correta quantificação ainda em fase de definição de projeto;
- Utilização de materiais procedentes de fontes renováveis ou reciclados;
- Seleção de materiais que tenham o menor impacto possível sobre o meio ambiente.

Para que sejam conhecidos os impactos provocados pela utilização de um material no meio ambiente, o seu ciclo de vida deve ser conhecido em todas as fases. Desde os impactos provocados pela extração da matéria-prima, passando pelo transporte, transformação, aplicação final, desempenho, até as fases finais como a longevidade do material, a capacidade de reutilização, reciclagem e decomposição (MULFARTH, 2002).

Roberta Mülfarth (2002) define os seguintes critérios ambientais a ser avaliados e utilizados no processo de escolha dos materiais:

- O potencial de reciclagem ou reuso do material construtivo;
- O impacto ambiental embutido, nos processos de extração, transporte, utilização, e demolição;
- A energia embutida² no processamento da matéria-prima, e;
- A toxicidade do material para o homem e para o meio ambiente.

A industrialização e o transporte representam os processos mais prejudiciais ao meio ambiente, por consumirem demasiada energia e por serem, por si só, fontes de poluição ambiental, sonora e atmosférica (ADAM, 2001). Idealmente, recomenda-se a utilização de materiais naturais, não-processados e/ou provenientes de locais próximos da construção. Quanto maior a possibilidade de reutilização do material, menor é o componente proporcional de energia embutida (ADAM, 2001).

A reutilização de materiais de construção pode trazer uma economia de mais de 50% da energia embutida em uma construção. Neste contexto, recomendam-se alguns procedimentos para um melhor aproveitamento dos materiais:

- Uso preferencial de materiais recicláveis, ou com etapa de reciclagem garantida, para maximizar a reutilização ecológica;
- Identificação dos materiais recicláveis com códigos, selos e recomendações de uso, facilitando o procedimento de reciclagem;
- Uso de materiais em estruturas e envoltórias com durabilidade assegurada por um uso eficiente, visando a minimizar os custos com trabalho e energia, para obter o equilíbrio ecológico ideal na relação entre produção ou energia incorporada à longevidade;
- Eliminação de materiais tóxicos e contaminantes;
- Eliminação de procedimentos poluentes e degradadores de energia, aplicável a todas as fases acima citadas (TEIXEIRA, 2005).

Especialmente nos países em desenvolvimento, é quase certa uma postura geral negativa e crítica sobre esta reformulação tecnológica. Isto pareceria romântico,

² Energia embutida – Quantidade de energia dispendida para que um material de construção alcance a sua aplicação final no edifício. São considerados todos os processos do ciclo de vida do material – extração, transporte, transformação, comercialização, armazenamento e construção.

irreal e contrário ao progresso tecnológico nacional, nos moldes dos países desenvolvidos. Neste sentido, faz-se necessário conhecer os dados dos recursos degradados, assim como as conseqüências de tal degradação para as futuras gerações a fim de enfrentar os muitos argumentos contrários com segurança.

Segue, portanto, uma breve descrição dos produtos e dos processos produtivos dos materiais de construção industrializados, que mais geram impactos negativos sobre o meio ambiente.

- **Alumínio**

Símbolo da idéia do progresso na arquitetura, desde seu surgimento durante o período modernista, no início do século XX. A produção de alumínio pode ser vista como uma das mais extremas formas de abuso dos recursos ambientais. O minério de bauxita (matéria-prima para o alumínio) é recurso natural finito, calculado em menos de 24 bilhões de toneladas no mundo. Dentre outros produtores, o Brasil possui uma reserva de 2,8 bilhões de toneladas (STEELE, 1997).

A bauxita é um recurso mineral extraído por mineração do subsolo. Depois de extraído, o minério é triturado e misturado à soda cáustica. É aquecido à temperatura de 1090° C, observando-se um elevado consumo de energia para este processo. São necessários 6 kg de bauxita para produzir 1 kg de alumínio, consumindo aproximadamente de 24.900 a 303.255 Watts por kg.

Caso haja investimentos em reciclagem, pode haver uma economia de 80% no consumo de energia para a produção de alumínio. Embora necessária, a reciclagem de alumínio não é um processo limpo. Ele também gera resíduos, produção de gases tóxicos e poluição de água corrente.

- **Concreto**

A poluição derivada por concreto, pedras e tijolo cerâmico é geralmente pequena em relação a outros produtos de industrialização mais complexa, como o aço e o alumínio. O maior dano observado é a extração dos recursos naturais que altera a paisagem. O ecossistema geológico é incapaz de recuperar o volume de material extraído, em tempo de evitar o fim destes recursos (ANINK, et all., 1996).

O concreto é constituído de cimento Portland hidratado, adicionado à água, areia e agregado (brita) e algumas vezes contém aditivos químicos para aumentar a eficiência deste produto. O cimento perfaz um valor de 10 a 20% desta mistura, e

dentre estes materiais, é o que mais consome energia para sua produção. O cimento é feito de pedra calcária e argila, em processo de aquecimento. Steele (1997) afirma que as matérias-primas são colocadas dentro de um forno alongado, em rotação, que possui zonas progressivas de aquecimento, quase alcançando 1480° C. Enquanto gira, o forno vagarosamente mistura o conteúdo, que se move dentro dele, e pela adição de água, origina deste processo, a reação química necessária.

Um dos resultados esperados é a calcinação do carbonato de cálcio (pedra calcária) em óxido de cálcio. Isto ocorre na porção resfriada do forno, onde a média de temperatura é de 900° C, emitindo dióxido de carbono (CO₂) para a atmosfera. A segunda reação é a união de óxido de cálcio e de sílica para formar silicato dicálcico e silicato tricálcico. Também são produzidas pequenas quantias de aluminato tricálcico e de aluminato tetracálcico ferroso. As altas temperaturas dentro do forno convertem todos estes elementos em grânulos chamados “*clinkers*”. Para a finalização do produto deve ser acrescentada uma determinada quantidade de gipsita. Então, o produto é ensacado e vendido. São necessárias cerca de 1305,50 kg de pedra calcária e argila para produzir uma tonelada de cimento pronto. Cerca de 1,76 milhões de Watts são consumidos na queima de aproximadamente 250 kg de carvão ou 173 m³ de gás natural para cada tonelada de cimento produzido (STEELE, 1997).

Em contrapartida a esses dados alarmantes, o uso do concreto encontra defesa na sua maleabilidade e adaptação à enorme variedade de resultados plásticos, símbolo do progresso ocidental, sendo praticamente usado em construções em todo o mundo.

- **Aço**

A indústria da construção civil é a maior consumidora de produtos derivados de óxido de ferro, mineral que é a matéria-prima do aço. As reservas de óxido de ferro são aproximadamente calculadas em 65 bilhões de toneladas, sendo 4.6 bilhões no Canadá, 3,8 bilhões nos EUA, 2,5 bilhões da África do Sul, 1,6 bilhões na Suécia, 10,2 bilhões na Austrália, 6,5 bilhões no Brasil, 1,2 bilhões na Venezuela, 3,3 na Índia e 3.5 na China (STEELE, 1997).

A fabricação do aço tem sido o maior indicador de desenvolvimento econômico de uma nação industrializada. Os elementos utilizados na fabricação do aço são: óxido de ferro, pedra calcária e carvão mineral. Cada um necessitando de processos complicados de produção, fazendo uso intensivo de energia. O minério de

ferro é extraído por mineração, gerando muitos resíduos neste processo. A quantidade de material extraída é cinco vezes mais do que este minério pode se recompor na natureza. O carvão é uma variedade betuminosa, que depois de extraído, é triturado, peneirado e pré-aquecido. Depois destes processos, a coque (derivado do carvão) aquecida é levada a diversos fornos para desoxigenação, onde diversos gases são liberados para a atmosfera. Após este longo processo, a coque é lavada com água e conduzida a caldeira.

Na caldeira, são colocados a coque (carvão), o óxido de ferro, extraído por mineração e pedra calcária, extraída por explosão de rocha calcária. Na caldeira estes três materiais se agregam, passando por diversos processos de redução, até o produto final, uma liga de aço quente. Outros processos ainda podem ocorrer para o término da fabricação, dependendo do produto final que se queira fabricar, o aço pode ser moldado, cortado em chapas, placas e outros produtos.

A extração do carvão, do óxido de ferro para a produção do aço gera uma enorme poluição ao meio ambiente, além de um grande consumo de energia para as diferentes queimas, transporte e explosões que ocorrem durante a extração das matérias-primas (ANINK, et al. 1996).

- **Vidro**

O vidro comum é fabricado pela junção das seguintes matérias-primas: 60% de areia, 20% de carbonato de sódio e 20% de sulfatos. Este processo necessita de grande quantidade de energia para sua produção, a fim de atingir as altas temperaturas que o processo de queima exige. A maior quantidade de energia requerida está na liberação do CO₂ e dos fluoretos, derivados das reações químicas que ocorrem devido ao carbonato de sódio (ANINK, et al., 1996).

O uso frequente de grandes fachadas de vidro nas edificações dos países tropicais resulta na captação e retenção do calor solar nos ambientes internos, através do vidro, normalmente indesejado e desconfortável para a permanência humana.

Em climas quentes, o calor retido pelo vidro, propicia desconforto térmico nos usuários. Este desconforto tem sido paliativamente eliminado com a instalação de aparelhos de ar condicionado, ao invés de adotarem-se estratégias de condicionamento térmico, através do aproveitamento da ventilação natural e da proteção solar.

Vale lembrar que o vidro pode ser melhor utilizado nos países de clima temperado, onde a luz e o calor devem ser aproveitados ao máximo, principalmente no inverno, quando a luz e energia solar são bastante benéficas na obtenção de melhores condições de conforto térmico no interior dos edifícios

2.5 A Agenda 21 e a introdução dos princípios de sustentabilidade na construção civil brasileira

Tem sido discutida a dificuldade do acesso à moradia de amplos setores populacionais como a principal ameaça à sustentabilidade das cidades brasileiras, já que, em razão da exclusão de grande parte da população do mercado imobiliário formal, cresce o déficit habitacional e as formas de ocupação em áreas de risco, de proteção ambiental e de mananciais (FÉLIX, In: ANAIS 61ª. SOEAA, 2004).

Conforme dados expostos no item 1.1, pág.15, a quarta área de interesse da Agenda 21 trata dos Assentamentos Humanos, se refere à necessidade de adequação ambiental da infra-estrutura e mudanças na indústria da construção civil. A Agenda 21 recomenda as seguintes correções:

- **O uso de materiais locais e de formas construtivas vernáculas;**
- Incentivos para promover a continuidade de técnicas tradicionais com recursos locais e estratégias de autoconstrução;
- Reconhecer os danos dos desastres naturais ocorridos na Terra, adicionado à construções irregulares e uso de materiais inadequados e a necessidade de melhorias no uso e na fabricação de materiais e nas técnicas construtivas, assim como em treinamento de mão-de-obra;
- Normatização de princípios de design com eficiência energética;
- Padrões que desencorajariam construções em áreas ecologicamente inapropriadas;
- O uso de ‘trabalho intensivo’ em substituição a técnicas construtivas de ‘energia intensiva’;
- A estruturação de instituições de crédito que permitam aos pobres a compra de materiais e de serviços de construção;
- Troca internacional de informações sobre todos os aspectos de construção relacionados com o meio ambiente, entre arquitetos e contratantes, particularmente sobre recursos não-renováveis;

- **Exploração de métodos para encorajar e facilitar a reciclagem e reuso de materiais de construção, especialmente aqueles que necessitam de consumo intenso de energia para sua fabricação;**
- Penalidades financeiras para desencorajar o uso de materiais que causem prejuízo ao meio ambiente;
- **Descentralização da indústria da construção, através de estímulo à criação de pequenas empresas;**
- **Uso de tecnologias limpas.**

A União Internacional dos Arquitetos, UIA, publicou um adendo a esta seção da Agenda 21, como parte do *AIA Environmental Resource Guide* (Guia de Recursos Ambientais da Associação Internacional dos Arquitetos), estimando uma média de que 50% do consumo da energia global seria advinda da construção civil. A idéia de centro urbano necessita avançar do conceito atual de degradador do meio ambiente, para uma nova idéia de cidade como vantagem ambiental para a manutenção da vida humana.

Neste sentido, a UIA decidiu publicar medidas mais firmes com relação à atividade dos arquitetos em nível mundial, com o objetivo de humanizar o processo de planejamento, propondo ir além das iniciativas construtivas:

- É necessária uma extensão do entendimento de ambiente construído para além do conceito de abrigo, incluindo neste novo entendimento, problemas relacionados com o consumo de energia, a manutenção e o reuso de resíduos, a distribuição de alimentos, o consumo e o tratamento de água, assim como o acesso a equipamentos de recreação, saúde, educação e comércio;
- **Redução de processos construtivos que causam impactos negativos sobre o meio ambiente em favor daqueles que produzem menos impactos;**
- **A severa implementação de reuso e reciclagem de materiais construtivos;**
- Estimular a criação de comunidades auto-suficientes para reduzir os custos com transportes, energia e uso de materiais;
- O retorno para métodos tradicionais de design que minimizem o consumo de energia e de recursos materiais;
- O encorajamento da participação comunitária nos processos de projeto e construção de moradias e de equipamentos públicos comunitários;

- Envolvimento das Agências das Nações Unidas para dar suporte ao acesso a de energia urbana, alimentação, produção de comida e de água potável, manutenção de florestas e da vida selvagem.

Alva (1997) afirma que a educação ambiental pode ser um caminho para aperfeiçoar o relacionamento entre homem e meio ambiente, seja natural ou construído. Falta clareza nos propósitos da educação ambiental que vem sendo discutida, se confundido com propaganda a favor do meio ambiente. O que deve ser realmente absorvido é a lógica da natureza e as estruturas culturais de exploração, e não simplesmente a divulgação de normas de comportamento individual e coletivo. As atitudes de mudança de paradigmas urbanos devem:

- Reduzir o abismo entre cidade real e cidade legal, entre pobres e ricos;
- Fomentar uma mudança cultural em favor de estilos de vida menos artificiais;
- Civilizar o automóvel como veículo de transporte urbano;
- Combater as diversas formas de contaminação ambiental;
- **Pesquisar e desenvolver tecnologias construtivas social e ambientalmente adequadas;**

Durante o Habitat II, conforme citado na Seção 1, foram debatidos temas relativos ao direito à cidade e à moradia como focos do evento. Segundo Maricatto (In: BONDUKI, 1997), para um mundo em busca da sustentabilidade do ambiente urbano, do direito à moradia e à cidade exige a superação de duas heranças do Brasil arcaico, que estão sedimentadas nos processos estatais. A concentração de investimentos públicos segundo a lógica de valorização imobiliária e a legislação urbanística (propriedade fundiária e imobiliária, parcelamento do solo, zoneamento, código de obras, etc) que se pretende moderna, mas que tem efeito de contribuir com a escassez de moradias e o atraso tecnológico na construção civil.

Em 2000, incentivado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), o Ministério do Meio Ambiente elaborou o documento *Cidades Sustentáveis*, onde são apresentadas quatro estratégias prioritárias para avançar na direção da sustentabilidade das cidades brasileiras, em um horizonte de 10 anos:

1. Uso e ocupação do solo: aperfeiçoar a regulamentação do uso e da ocupação do solo urbano e promover o ordenamento do território, contribuindo para a

melhoria das condições de vida da população, considerando a promoção da equidade, a eficiência e a qualidade ambiental;

2. Promover o desenvolvimento institucional, e, o fortalecimento da capacidade de planejamento e da gestão democrática da cidade, incorporando ao processo a dimensão ambiental e assegurando a efetiva participação da sociedade;
3. **Produção e consumo: promover mudanças nos padrões de produção e de consumo da cidade, reduzindo custos e desperdícios e fomentando o desenvolvimento de tecnologias urbanas sustentáveis.** Afinal, a conservação de uma cidade eco-eficiente justifica o recurso a uma série de instrumentos de ordem cultural (comunicação, capacitação, educação ambiental) política (fórum de desenvolvimento, conselhos nacionais e locais, congresso nacional, câmaras estaduais e locais) legal, econômicas (incentivos e créditos com o Protocolo Verde) tecnológicas (promovendo e difundindo tecnologias eficientes) institucional (fortalecendo órgãos de gestão ambiental e de defesa do consumidor);
4. Instrumentos econômicos: desenvolver e estimular a aplicação de instrumentos econômicos no gerenciamento dos recursos naturais visando a sustentabilidade urbana. Prever a cobrança pelo uso dos recursos naturais, a criação de incentivos econômicos – tributários, como o ICMS ecológico.

2.6 Princípios de uma arquitetura sustentável

Em itens anteriores, verificou-se que o conforto das edificações influencia no consumo energético dos edifícios, estando intimamente ligado à eficiência energética dos mesmos, sendo isso, de fundamental importância para a obtenção do conforto das edificações por meios que não consumam energia na sua operação, sendo imprescindível a adequação do edifício, ao seu entorno.

O homem, no processo de adaptação ao habitat, necessita de um mínimo de condições de sobrevivência. Sendo elas:

- Alimentação;
- Adaptação físico-química ao meio;
- Segurança contra agressões do Meio Ambiente – clima e outros animais.

O ambiente natural oferece um variado conjunto de desafios e o clima pode ser extremamente hostil, variando as suas características, como umidade e

temperatura, de forma muito ampla. Para conseguir manter a estabilidade diante das intempéries da natureza, principalmente com relação à sua temperatura corpórea, o homem tem que recorrer a vestimentas e à arquitetura, pois sua pele tem um desempenho muito limitado no cumprimento do papel de adaptação à temperatura do ar. Desta forma, a envoltória arquitetônica tem evoluído consideravelmente, na busca por maior conforto e proteção em relação às agressões do meio.

Os fatores dinâmicos mais influentes para a obtenção do conforto térmico das edificações são: temperatura, a umidade, a radiação solar e a ação do vento (LAMBERTS, 1997). A superfície terrestre contém combinações diferentes dessas variáveis ambientais, distribuindo-se segundo contextos geográficos como latitude, a distribuição dos rios oceanos, o relevo ou latitude, etc. Estas regiões climáticas formadas pelo agrupamento de diferentes aspectos climáticos de um lugar oferecem ao homem, condições ambientais diversas que determinam a forma como a vida humana se processa. Esta adaptação humana ao clima está intimamente ligada a maneira como a arquitetura necessita compensar as adversidades geradas pelo clima (BEHLING, 1996).

Diante das exigências da racionalização de energia e de recursos dos últimos tempos, tem sido cada vez mais importante definir-se a integração dos recursos naturais às atividades humanas. Em Caldas (2002, p. 18) encontrou-se a definição de arquitetura bioclimática como uma adaptação da produção arquitetônica às condições climáticas locais. Esta arquitetura seria baseada no bioclimatismo: um conjunto de recursos teóricos que buscam subsídios para o planejamento da edificação, incorporando-lhes aspectos de desenho de sistemas passivos e tirando partido dos elementos do clima para satisfazer as exigências de conforto térmico. Vale frisar que a bioclimatologia é uma ciência antiga, e está fundamentada em estratégias de projeto para vencer as adversidades climáticas.

O bioclimatismo como tendência tecnológica tem raízes na arquitetura vernacular do passado, que se baseava no conhecimento intuitivo do meio ambiente e do clima para proporcionar resultados de conforto térmico e luminoso adequados às necessidades do homem daquela determinada época e região.

Em consequência da disseminação dos conceitos relativos ao ecodesenvolvimento, surgiram diversas intenções de integração entre as idéias de desenvolvimento sustentável e iniciativas projetuais na arquitetura. Evolutivamente,

os conceitos de arquitetura bioclimática incorporaram novas estratégias de projeto, definidas como estratégias de ecodesenho.

Segundo SACHS (BACZKO et alli, 1977, apud ALVA, s.d., in: VIEIRA, 1997, p.205), ecodesenho significa uma harmonização da forma arquitetônica ao meio natural, e mais particularmente, a adaptação ao clima, ao meio ambiente e a certas tradições culturais. Alva (in VIEIRA, 1997) afirma ainda, que mais adiante, SACHS completaria sua definição de ecodesenho como sendo aquela que produziria menos impactos sobre o meio ambiente.

O ecodesenho predispõe-se a harmonizar um entorno humano, proporcionando qualidade ambiental superior às condições naturais oferecidas pelo lugar, pois a evolução da espécie humana requer que seu habitat seja não só ecologicamente eficiente, mas também culturalmente expressivo em termos simbólicos, culturais e estéticos (ALVA, in: VIEIRA, 1997).

Estes conceitos projetuais vêm a complementar as recomendações da área de Assentamentos Humanos da Agenda 21, da publicação da UIA, AIA Environmental Resource Guide, e de outros autores já mencionados nos itens 2.2. (principalmente as recomendações em negrito).

Hoje, a ciência se preocupa principalmente em desenvolver estratégias para reduzir o desconforto ambiental no interior dos edifícios e a qualidade do desenho de dispositivos arquitetônicos e especificação de materiais construtivos, mesmo frente à tendência mundial errônea de escolha de iniciativas construtivas padronizadas, desprezando diferenças climáticas e culturais.

Uma arquitetura sustentável teria como objetivo propor soluções arquitetônicas que garantam o bem-estar e a coexistência de 3 grupos que constituem o ecossistema global: elementos inorgânicos, organismos vivos e seres humanos (KIM & RIGDOM, 1998).

As estratégias de projeto tentam aproveitar da melhor forma, as condições ambientais do entorno – energia solar disponível, temperatura exterior, direção dos ventos, etc. , de forma que as condições ambientais do edifício sejam mantidas num nível confortável, ao longo de todo o ano.

Nos países frios, a condição de conforto térmico necessário ao bem estar humano é atingida elevando-se a temperatura interna do edifício, em relação à temperatura externa. Nos trópicos, onde se situa o Brasil, pode-se tirar partido da

temperatura e umidade relativa do ar para favorecer a dispersão do calor excessivo (nos trópicos úmidos), ou quando necessário proteger o corpo do ar quente e seco (nos trópicos secos).

A Agenda 21 defende a idéia de que a inovação tecnológica é indispensável na busca de horizontes mais sustentáveis para a manutenção da população urbana. Em oposição ao determinismo tecnológico que é sinônimo de dominação econômica e política, diz-se que o uso da tecnologia é apropriado quando satisfaz os requerimentos sociais e econômicos do setor ao qual se destina, e considera a tecnologia como uma variável, adaptando-a harmonicamente ao ambiente social, econômico, cultural e natural da região na qual será praticado.

A arquitetura sustentável procura se basear na confluência das forças sociais, ecológicas e econômicas para tirar partido de tecnologias construtivas limpas e de técnicas de projeto que se caracterizam por aproveitar as condições climáticas do local em favor do edifício. Em virtude disso surgiram no Brasil e em outros países, iniciativas de pesquisa e aplicação de estratégias locais para melhor aproveitamento energético, na produção de espaços construídos, tentando com isso, minimizar custos, evitar desperdícios.

Victor Olgyay (2002) formula um método de quatro passos integrados, para a construção de um edifício climaticamente equilibrado, que são:

Clima – análise dos elementos climáticos (e microclimáticos) do lugar, em que cada elemento produz um impacto diferente e exige soluções específicas. Devem-se conhecer as características anuais dos elementos do clima regional: temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar e efeitos do vento.

Biologia – o homem constitui a medida de referência fundamental da arquitetura, em que o seu objetivo é o projeto de um refúgio que atenda às suas necessidades biológicas. A avaliação biológica baseia-se na compreensão do conforto humano. Assim, pela combinação com as condições ambientais de uma região, permite-nos a criação de um calendário gráfico, segundo o qual, podem tabelar-se informações, com alguma precisão, das medidas a aplicar em cada época do ano para recuperar os níveis adequados de conforto, trata-se das cartas bioclimáticas (ilustração 2). Estas cartas associam informações sobre a zona de conforto térmico, o comportamento climático do local e as estratégias de projeto

indicadas para cada período do ano. As estratégias indicadas pela carta podem ser naturais (sistemas passivos) ou artificiais (sistemas ativos).

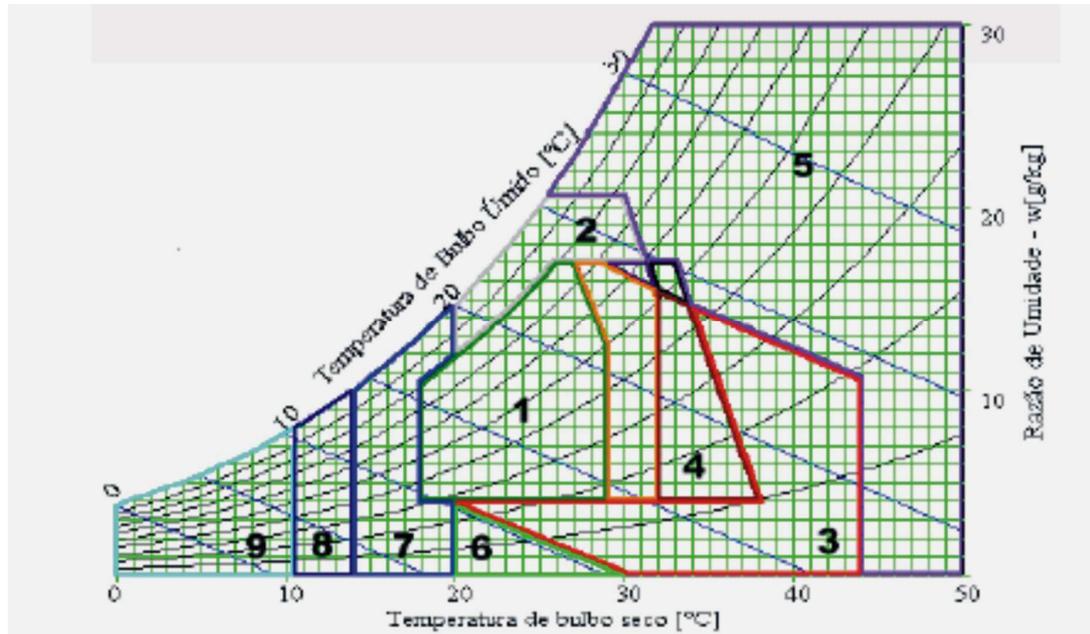


Ilustração 2: Carta Psicrométrica, adotada para o Brasil, com base na carta de Givoni (1992).

Fonte: GOULART, S. V. G.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. 1997.

Legenda:

- 1 – Zona de Conforto
- 2 – Zona de Ventilação
- 3 – Zona de Resfriamento Evaporativo
- 4 – Zona de Massa Térmica para Resfriamento
- 5 – Zona de Ar Condicionado
- 6 – Zona de Umidificação
- 7 – Zona de Massa Térmica e Aquecimento Solar Passivo
- 8 – Zona de Aquecimento Solar Passivo
- 9 – Zona de Aquecimento artificial

Tecnologia – a combinação de soluções tecnológicas que solucionam de forma adequada cada um dos problemas de conforto ambiental. As soluções a utilizar devem utilizar as vantagens e evitar as adversidades oferecidas pelo ambiente onde se insere o edifício.

Arquitetura – o edifício representa a combinação de todas as soluções formuladas, conforme a sua importância funcional, formalizado na expressão arquitetônica.

O interesse pela arquitetura bioclimática intensificou-se, na Europa e nos EUA, com a crise energética dos anos 70 e até hoje foram obtidos muitos avanços nesse campo. A produção de edifícios ambientalmente adequados e energeticamente eficientes tem aumentado com a consciência da importância do consumo energético para a sustentabilidade. A única relação entre forma e linguagem arquitetônica de tais edifícios é a sua adequação às necessidades funcionais. Em todo o mundo surgem propostas arquitetônicas formais diversas e com desempenhos ambientais adequados (ilustração 3 e 4).



Ilustração 3: Pavilhão da Inglaterra na Expo 92, de Nicholas Grimshaw.

Fonte: MEIRIÑO, M. In: <http://www.arcoweb.com.br/debate/debate66.asp>, acessado em 15 de setembro de 2005).

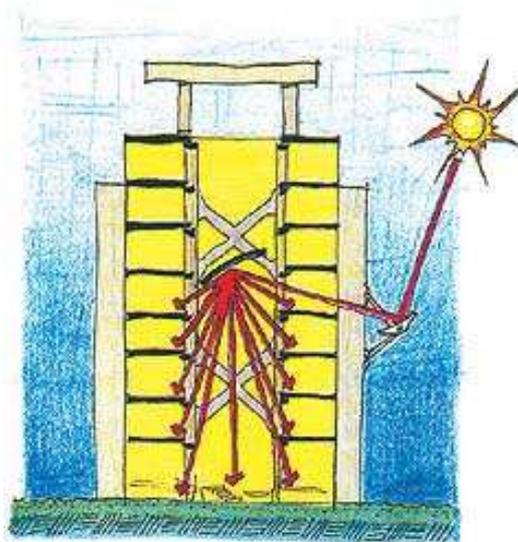


Ilustração 4: Shangai Bank de Norman Foster.

Fonte: MEIRIÑO, M. In: <http://www.arcoweb.com.br/debate/debate66.asp>, acessado em 15 de setembro de 2005).

No entanto, ainda se continuam a utilizar, em todo o mundo, tipologias arquitetônicas inadequadas ao clima, fazendo com que seja necessário recorrer a técnicas energeticamente dispendiosas para a climatização dos seus espaços (ilustração 5).



Ilustração 5: Edifício Atílio Tinelli, em São Paulo, com fachada totalmente envidraçada.

Fonte: <http://www.arcoweb.com.br/debate/debate66.asp>. (acessado em 19 de setembro de 2005).

- **Processos de avaliação do grau de sustentabilidade de uma edificação**

Há muitos modelos de avaliação do potencial de sustentabilidade das soluções arquitetônicas atuais, tomando como base os impactos ambientais causados pela construção de uma edificação, melhor aplicado na fase de pós-ocupação. O método HQE – Haute Qualité Environnementale (Alta Qualidade Ambiental), desenvolvido na França, é referência nas pesquisas relacionadas com a redução de impactos ambientais das edificações sustentáveis. O seu método consiste em escolhas, em cada fase de implementação de um projeto, que podem influir na sustentabilidade do edifício e do seu entorno. Essas escolhas obrigam clientes e gestores de projeto a levar em conta não somente a integração harmoniosa do projeto no seu entorno, mas também a economia energética na construção e utilização, o conforto ambiental, relacionado com o bem-estar de seus ocupantes, tudo isso, mantendo os custos baixos de manutenção, (BOUCHEZ, 2002, apud TEIXEIRA, 2005).

O processo baseia-se em escolhas introduzidas em cada fase de definição do projeto, opções arquitetônicas, as suas qualidades ambientais e os custos envolvidos. As escolhas estão ligadas à harmonia em relação ao ambiente imediato, escolha de materiais e processos construtivos, gestão de água e energia, conforto térmico acústico e luminoso, qualidade do ar e custos de implementação (BOUCHEZ, 2002, apud TEIXEIRA, 2005).

De modo geral, o processo de decisão, na definição e construção de um edifício, não só quanto ao sistema construtivo, mas também aos materiais utilizados, considerando variados fatores, pode definir a amplitude do impacto ambiental. Sistemas de avaliação de processos e materiais construtivos ditos sustentáveis devem levar em conta os seguintes fatores de análise abaixo (que também serão abordados na Seção 6):

- **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 (ANINK, 1996).**

O grau de sustentabilidade ecológica dos edifícios está relacionado com a sua integração com o meio ambiente. Esta depende de dois aspectos, o seu desempenho durante a vida útil e o impacto de sua presença física. Podem ser garantidos níveis mais elevados de sustentabilidade através de uma utilização mais prolongada dos edifícios ou de suas partes, através de adaptações, remodelações ou reutilização de materiais que os compõem. Ao invés de se demolirem edifícios podem-se adaptar para novos usos (GORDON, 2000).

2.7 Bambu como possibilidade tecnológica

Diante do quadro anteriormente citado, observa-se a 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. Neste sentido, o bambu parece ser uma possibilidade viável de construção menos agressiva ao ambiente natural.

Nas Seções 3 e 4 serão abordados os dados científicos já pesquisados que servirão de maior aprofundamento teórico sobre o potencial de uso do bambu, principalmente na construção civil de cunho sustentável.

A crescente necessidade de utilização de recursos naturais renováveis como matéria-prima fornece indícios de que o bambu é um material ecologicamente correto para a fabricação de diferentes produtos.

A variedade de uso do bambu vai desde fins alimentares, confecção de utensílios domésticos, e até mesmo, construção de moradias. Mais recentemente, diversas iniciativas têm demonstrado grande sucesso na utilização do bambu para fins industriais, como a produção de pisos e revestimentos laminados, móveis e papel.

Na Colômbia, Equador e Bolívia, a utilização do bambu na construção civil é barata e fruto do conhecimento popular. É uma prática já consolidada, apresenta considerável diversidade de técnicas, grande resistência das construções às intempéries e boa adequação a diversos tipos de terrenos, inclusive encostas de vales.

No Brasil o interesse da comunidade acadêmica é crescente. O país possui uma variedade de espécies que pode proporcionar a população o surgimento de uma nova fonte de trabalho, renda e moradia. Além disso, o bambu também pode ajudar na recuperação do meio ambiente através de programas de reflorestamento e composição de barreiras naturais contra erosão, deslizamento e como barreira para ruídos indesejáveis em meios urbanos.

3. O bambu

O bambu é um material que apresenta bastante versatilidade. Seu uso vai desde a produção de alimento e de artesanato, até a sua aplicação na construção civil. Ghavami (1992) afirma que o bambu é um material vantajoso para ser usado no Brasil, pois é bem adaptado ao clima tropical úmido, podendo ser encontrado em abundância na natureza. Se cultivado em grande escala, apresenta fácil manejo e baixo custo de produção. Exige menos consumo de energia para a sua adequação a construção civil, do que os materiais industrializados convencionais. Portanto, o uso do bambu pode se caracterizar como uma prática construtiva capaz de gerar menos impactos sobre o meio ambiente, e assim, menos poluição.

A tradição de uso do bambu é fundamentada nas culturas asiáticas da China, Indonésia e Japão. Na América Central e do Sul, principalmente nos países como Colômbia, Equador e Venezuela, o uso do bambu também já se encontra consolidado, em virtude da sua abundância nas matas locais.

Esta seção aborda as diversas características do bambu, as espécies nativas e adaptadas no Brasil e o potencial produtivo deste material como matéria-prima de processos produtivos e construtivos no sentido de um ambiente construído mais sustentável.

3.1 Descrição e Taxonomia

Segundo Pereira (s.d) a utilização do bambu é historicamente conhecida desde os anos 1600 a 1100 a.C., na China. Desde então, seu uso tem sido de grande importância, principalmente nos países da Ásia. Existe nestes países uma variada gama de usos e aplicações do bambu, desde a culinária, artesanato às industriais químicas farmacêuticas e de construção civil. Cabe citar alguns fatos na história da evolução científica mundial, onde o bambu desempenhou papel importante:

- O primeiro filamento utilizado em uma lâmpada por Thomas Edson foi de bambu;
- Na construção de aviões por Santos Dumond foram utilizados colmos de bambu (ilustração 6):



Ilustração 6: Réplica do *Demosielle*, Avião projetado e construído com varas de bambu, por Santos Dumond.

Fonte: Arquivo pessoal de Rubens Cardoso.

- Também podemos citar a construção da cúpula do Taj Mahal, que foi confeccionada com colmos de bambu (ilustração 7):



Ilustração 7: Taj Mahal, Agra, Índia.

Fonte: www.library.thinkquest.org

O bambu possui cerca de 50 gêneros e 1250 espécies que se distribuem naturalmente dos trópicos às regiões temperadas, tendo maior ocorrência nas zonas quentes e com chuvas abundantes das regiões tropicais e sub-tropicais da Ásia, África e América do Sul. Considera-se que cerca de 75% das espécies de bambu tenham algum uso local nos vários países em que existem, e que cerca de 50% delas sejam efetivamente utilizadas e exploradas.

Botanicamente o bambu está classificado como *Bambusae*, uma ramificação da família *Graminae*, ou seja, o bambu é um gramíneo gigante. Mas, assim como as

árvores, o bambu é constituído por duas partes, uma aérea e outra subterrânea. A parte aérea é chamada de colmo, sendo normalmente oca. A parte subterrânea é formada por rizomas e raízes (ilustração 8).



Ilustração 8: Estrutura interna (seca) do bambu destacando colmos, nós e rizoma.

Fonte: VÉLEZ, Simon (2002, p.204)

Os colmos de bambu apresentam uma forma cilíndrica. São divididos internamente por nós transversais, que correspondem a nós externos, de onde brotam ramos, folhas e em algumas espécies, espinhos. Estes diafragmas internos conferem ao colmo maior rigidez, flexibilidade e resistência (ilustração 9).



Ilustração 9: Estrutura externa do bambu destacando o nó.

Fonte: arquivo pessoal de Marcelo Villegas³

O bambu é um material ortotrópico, pois apresenta alta resistência ao longo do colmo e baixa resistência no sentido transversal das fibras. De acordo com a espécie, os colmos diferem em altura, diâmetro, espessura da parede e forma de crescimento. O colmo geralmente emerge do solo com o máximo diâmetro que vai obter por toda a vida. Este diâmetro é maior perto da base e vai diminuindo com a altura em direção a ponta, mas nunca aumenta com o passar dos anos, já que o bambu não apresenta crescimento radial como as madeiras.

3.2 Cultivo e tratamentos

O colmo do bambu em qualquer espécie completa seu crescimento poucos meses após o surgimento do broto, alcançando sua altura máxima em torno de 30 dias para as espécies pequenas e no máximo de 180 dias para as espécies gigantes. Eles brotam anualmente na estação chuvosa. A partir de então, crescem cerca de 20 centímetros a 1 metro por dia (GHAVAMI, 1990), dependendo da espécie. Os colmos das espécies alastrantes crescem mais rapidamente que os colmos das espécies entouceirantes.

³ Marcelo Villegas é construtor na Colômbia, trabalha em parceria com o arquiteto Simon Vélez na construção de edifícios em bambu.



Ilustração 10: Brotos de bambu na mata.

Fonte: VÉLEZ, Simon (2002, p.206)

O nascimento de novos colmos se efetua assexuadamente por ramificação dos rizomas (ilustração 10). Esta ramificação pode ocorrer de duas maneiras, dando origem aos dois grupos principais de bambu: o grupo entouceirante – os colmos nascem e se desenvolvem agrupados uns aos outros, em touceiras, e o grupo alastrante – os colmos nascem e se desenvolvem separados uns dos outros. O tipo alastrante é mais encontrado nas zonas temperadas e pertencem principalmente aos gêneros *Arundinaria* e *Plyllostachys*. O tipo entouceirante está amplamente distribuído nas regiões quentes e tropicais. As espécies de bambu que representam este grupo são: *Bambusa*, *Guadua*, *Dendrocalamus* e *Gigantochoa* (PEREIRA, sd, p.11).

A floração do bambu é cíclica e bastante espaçada, podendo ocorrer um ciclo a cada cem anos (ilustração 11). A floração ocorre na mesma espécie, em todas as varas existentes no mundo, ao mesmo tempo. Os bambus tornam-se bastante frágeis neste período e depois que a floração termina, todas as varas existentes daquela espécie morrem. A única forma de garantir a manutenção da espécie é o plantio das sementes que sobram deste processo.



Ilustração 11: Flor de bambu.

Fonte: Arquivo pessoal de Rubens Cardoso.⁴

O bambu se desenvolve bem na maioria dos solos, porém, os solos férteis, soltos e bem drenados, com pH entre 5,0 e 6,5 são mais adequados para o seu desenvolvimento. Solos muito úmidos ou com lençol freático alto podem inibir seu desenvolvimento, enquanto que solos salinos são contra-indicados para o seu cultivo. Quanto a pluviosidade, os bambus se desenvolvem bem com precipitações da ordem de 1000 ou mais milímetros anuais. Esta é uma cultura que se desenvolve facilmente quando as condições lhe são favoráveis, desse modo, práticas como calagem, adubação, tratamentos culturais e irrigação devem ser utilizados sempre que necessário, para garantir o seu melhor desenvolvimento.

Normalmente uma plantação de bambu começa a ser explorada economicamente a partir do sexto ano após o plantio, quando os colmos devem ter atingido as dimensões características de sua espécie (ilustração 12). Os métodos de manejo são os mesmos tanto para os bambus alastrantes quanto para os entouceirantes. O ciclo de corte pode ser de 3 a 4 anos, quando 70% das varas da plantação, devem ser colhidas (principalmente as maduras). Deve-se deixar os 30% restantes para garantir a sustentabilidade da produção.

⁴ Rubens Cardoso é arquiteto, Msc, professor da Universidade Estadual de Mato Grosso. Desenvolve pesquisas sobre bambu em parceria com o engenheiro civil professor Edson Sartori.



Ilustração 12: Mata de bambus em terra fértil, a beira de um rio.

Fonte: Arquivo pessoal de Rubens Cardoso.

A secagem e armazenamento dos colmos do bambu devem ser efetuados de acordo com a utilização final que venham a ter. De modo geral, a secagem dos colmos conduz a uma melhora em todas as suas propriedades de resistência mecânica. Verificou-se que o bambu recém cortado, quando colocado verticalmente em local coberto, limpo e de boa ventilação secará mais rápido do que se colocado na posição horizontal.

Durante a secagem podem aparecer pequenas fissuras nos colmos, caso estes sejam extraídos ainda verdes. Para que não ocorram tais problemas, recomenda-se que a secagem seja feita com o colmo inteiro e de maneira bem lenta, evitando a saída de água pelas extremidades do colmo, diminuindo assim o risco de aparecerem rachaduras. Há uma mudança de coloração que ocorre durante a secagem, passando de um tom verde para um tom amarelo palha (ilustrações 13 e 14).



Ilustração 13: Colmo verde.

Fonte: Arquivo pessoal de Jorge Morán⁵



Ilustração 14: Colmo maduro, seco.

Fonte: Arquivo pessoal de Jorge Moran

O bambu por ser um material biológico, é susceptível à deterioração causada pelo ataque de fungos e insetos. Segundo Pereira (sd) tem uma vida útil de 1 a 3 anos quando não tratado e de 10 a 15 anos quando convenientemente tratado e utilizado.

O tratamento preservativo do bambu consiste na aplicação de diversas substâncias químicas. Este tratamento tem como objetivo proteger as varas contra

⁵ Jorge Morán é arquiteto e professor no Equador. Constrói edifícios em bambu e estuda a tecnologia construtiva do bambu para casas populares.

ataques de fungos, insetos, assim como da putrefação (quando em contato com água ou umidade).

Os métodos mais comuns de cura são:

- **Cura na mata:** Depois de cortado, o bambu é deixado na moita na posição vertical por 30 dias, longe do solo para diminuir a quantidade de seiva. Este método aumenta a resistência dos colmos a brocas, mas não contra fungos e cupins (ilustração 15);

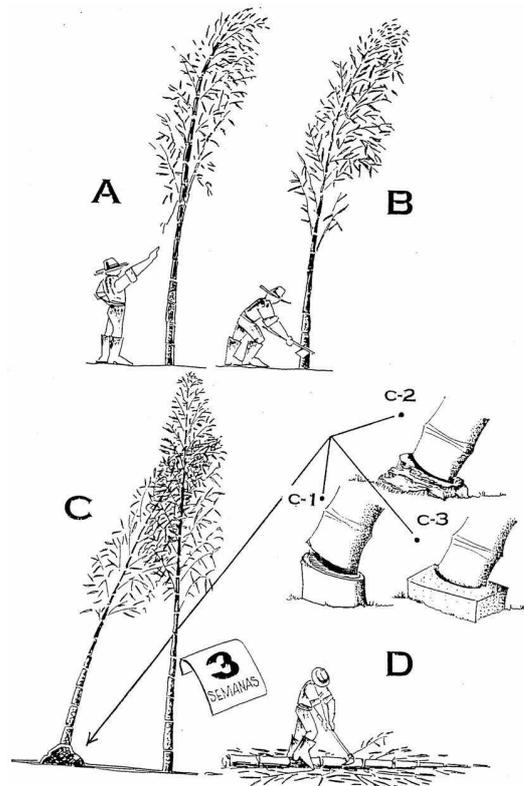


Ilustração 15: Esquema de cura do bambu na mata

Fonte: Arquivo pessoal de Jorge Moran.

- **Cura pela água:** este tratamento consiste em deixar os colmos armazenados por vários meses em um tanque com água (ilustração 16). Isto diminui a quantidade de seiva e melhora sua resistência contra fungos e insetos. Depois disto, as varas precisam ser colocadas para secar.



Ilustração 16: Esquema de cura do bambu na água corrente.

Fonte: Arquivo pessoal de Jorge Moran.

- **Cura pelo fogo:** pode ser feita uma escavação de 30 a 40 centímetros no solo, colocando-se brasas no interior da vala. Depois, deita-se as varas sobre a cavidade, apoiando-se as extremidades das varas para que elas fiquem na horizontal e não sejam atingidas pelas chamas (ilustração 17). Da mesma forma também pode-se usar um maçarico a gás, para aquecer as varas manualmente, retirando-se assim a seiva.

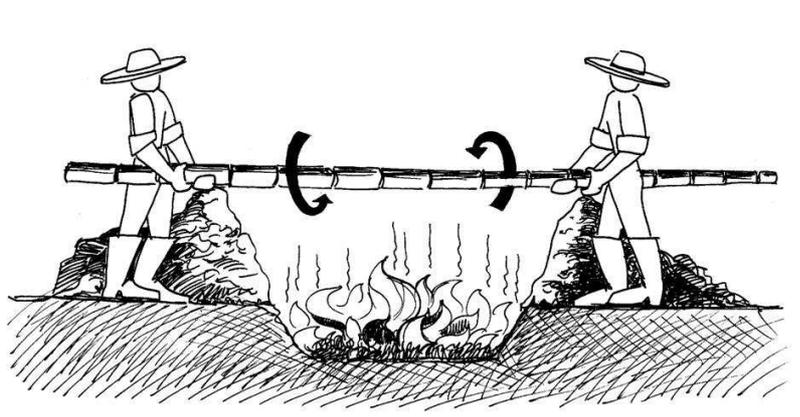


Ilustração 17: Esquema de cura do bambu por aquecimento.

Fonte: Arquivo pessoal de Jorge Moran.

Geralmente estes três métodos mais naturais, nesta ordem de aplicação, compõem o procedimento básico de tratamento do bambu, sendo recomendado

sempre e em qualquer procedimento de fabricação de utensílios e objetos deste material. A seiva, que compõe a vara, tem que ser totalmente retirada, a fim de garantir maior resistência e durabilidade do objeto que se queira produzir.

Os métodos que utilizam preservativos químicos são mais eficientes que os tratamentos tradicionais, porém necessitam de maior cuidado no manuseio e aplicação das soluções. Eles também são mais caros, e podem-se utilizar equipamentos para aplicar soluções que podem causar danos ao meio ambiente, necessitando de acompanhamento técnico especializado.

As soluções podem ser, segundo Ghavami (1992, p.27):

- **Solução de cobre – cromo – arsênico:**
- **Solução de ácido acético – cromo – cobre;**
- **Solução oleosolúvel** (a base de combustível fóssil, recomendada para caso de enterrar colmos no solo);
- **Resinas sintéticas** (recomendadas como impermeabilizantes contra fungos).

Para estes produtos, os tratamentos podem ser:

- **Por imersão:** consiste em mergulhar as varas secas desprovidas de galhos e folhas em solução oleosa e hidrossolúvel, quentes ou frias, por período de 12 horas;
- **Por aplicação externa:** consiste em aplicar a solução com pincel na superfície do bambu, em 2 ou 3 demãos;
- **Por capilaridade:** consiste em acondicionar as varas em tambor com o preservativo. O produto químico penetra na vara por capilaridade (ilustração 18);



Ilustração 18: Método do tambor – tratamento químico.

Fonte: Arquivo pessoal de Rubens Cardoso.

- **Método Boucherie:** atualmente considerado o método mais eficiente para tratamento de bambu. Consiste na penetração da substância química com auxílio de dispositivo pneumático. Assim a seiva é expulsa dos colmos por pressão e em seu lugar é inserido o produto preservativo (ilustração 19).



Ilustração 19: Método Boucherie – tratamento químico.

Fonte: Arquivo pessoal de Rubens Cardoso.

Após o tratamento químico, os colmos devem permanecer em repouso por cerca de 10 dias, em local coberto e fechado, para que haja distribuição do produto dentro dos colmos. Para estes processos, os bambus devem estar recém-cortados, caso contrário, a seiva endureceria dentro dos vasos, o que impediria o tratamento.

3.3 Espécies de bambu no Brasil

Organismos internacionais ligados à cultura do bambu recomendam a introdução e experimentação de 19 espécies consideradas como prioritárias, com base em critérios relativos a sua utilização, cultivo, processamento e produtos, recursos genéticos e agro-ecologia. Muitas dessas espécies prioritárias já foram introduzidas em nosso meio e encontram-se adaptadas às condições de clima e de solo brasileiros (ilustração 20).



Ilustração 20: Diferenciação de aspecto, cor e forma entre espécies de bambu.

Fonte: VÉLEZ, Simon (2002, p.158)

As espécies nativas de bambu no Brasil são geralmente ornamentais, são bambus finos, de pouca resistência física. Os da espécie *Guadua angustifolia* que é nativa da Colômbia apresentam características de maior robustez. Todas as espécies que foram trazidas para o Brasil têm boa adaptação e se comportam como se fossem nativas. Estas espécies são pertencentes ao gênero *Bambusa* (*B. vulgaris*, *B. tuldoides*, *B. tulda*, *B. nutans*, *B. multiplex*, *B. textilis*, *B. maknoi*), *Dendrocalamus* (*D. giganteus*, *D. latiflorus*, *D. asper* e *D. strictus*) e *Plylostachys* (*P. áurea* e *P. pubescens*). Existem também outras espécies menos comuns, como as pertencentes aos gêneros *Gigantochloa*, *Melocana* e *Guadua* (PEREIRA, s.d).

3.4 Usos e Utilidades

Dependendo da idade do colmo e da espécie, ele pode ter diferentes aproveitamentos, desde o uso como broto comestível, quando o colmo possui apenas algumas semanas de vida, até usos estruturais, quando o colmo possui três anos ou mais.



Ilustração 21: Cestarias produzidas com bambu.

Fonte: Arquivo pessoal de Jorge Moran.

Colmos com idade entre 1 e 2 anos, dependendo da espécie, geralmente são utilizados para confecção de produtos artesanais, especialmente os que necessitam que o bambu seja trançado, como balaios e cestarias (ilustração 21). Colmos com 3 anos ou mais são considerados maduros e devem ser utilizados para fins que exijam maior resistência dos colmos. De acordo com Salgado (1992), os bambus devem ser extraídos na estação seca, pois nesta época, os colmos possuem menor quantidade de umidade, o que os tornam mais leves, facilitando o transporte das varas. Além disso, a quantidade de seiva circulando é menor, tornando os colmos menos atrativos ao ataque de fungos e insetos.

A variedade de usos do bambu vai desde fins alimentares, confecção de utensílios domésticos (ilustração 22) e até mesmo construção de moradias. Mais

recentemente, diversas iniciativas têm demonstrado grande sucesso na utilização do bambu para fins industriais, como a produção de pisos e revestimentos laminados, móveis e papel (ilustração 23).



Ilustração 22: Potes - utensílios domésticos produzidos com bambu.

Fonte: Arquivo pessoal de Jorge Moran.



Ilustração 23: Objetos industrializados confeccionados em bambu.

Fonte: VÉLEZ, Simon (2002, p.176)

É importante ressaltar que, em virtude de suas características físico-botânicas, o bambu apresenta grande resistência a esforços de tração e compressão, o que permite a sua utilização em estruturas de habitações, pontes, escadas, móveis e objetos em geral. O bambu é bastante maleável, podendo ser moldado ainda na touceira, através de fôrmas para conduzir seu crescimento. Depois de cortadas,

submetendo-as ao calor e forçando a curvatura desejada em seguida, através de ferramentas.

3.5 Limitações do material

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. Como citado no item 3.2, p. 63, diversos tratamentos podem ser aplicados, desde processos mais naturais, como curas na mata, até a aplicação de produtos químicos mais fortes, como ácido bórico.

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 (ilustração 24).

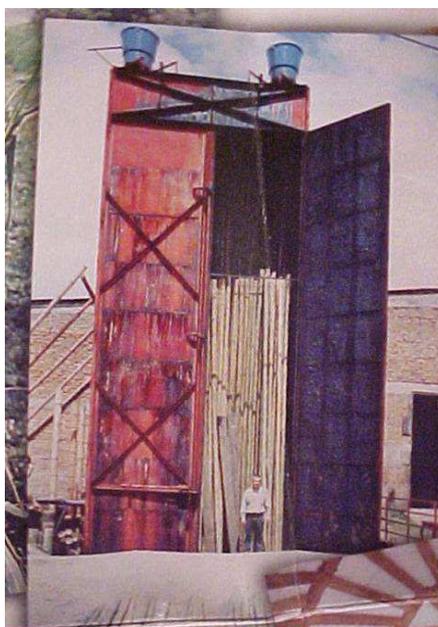


Ilustração 24: Forno para secagem de bambu na vertical.

Fonte: arquivo pessoal de Rubens Cardoso.

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. O método correto é fazer furos nas varas e fixá-las com cravos de bambu, ou parafusos galvanizados. Existem muitos modelos de encaixe entre varas, que devem ser estudados antes de começar a trabalhar com o material e que serão abordados na próxima seção.

Um outro problema, 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 se recomenda fazer o pré-dimensionamento das cargas e serem suportadas pela estrutura de bambu, para definir a quantidade de varas que se deve empregar para suportá-la.

Como mencionado anteriormente, o bambu possui um filme impermeável que reveste externamente as varas, por isso, as varas não devem receber a aplicação de tintas, apenas vernizes apropriados.

Na Seção seguinte serão abordados dados mais precisos sobre o uso do bambu para fins construtivos, assim como os conflitos de compatibilização cultural popular entre a introdução do uso do bambu em Alagoas e a tradição arquitetônica comum.

4. Utilização do bambu na construção civil

Por ser um material de uso milenarmente conhecido e de cunho popular, o bambu apresenta diversas manifestações de uso nas localidades que despertaram para o aproveitamento deste vegetal.

O aproveitamento do bambu, em várias partes do mundo, culturalmente diferentes, não parece ser simplesmente determinado pelas condições climáticas propícias para o surgimento da planta, mas também, e principalmente, pela necessidade do homem em dominar o espaço natural, superando as adversidades do lugar. Isto fez surgir as ferramentas, os utensílios; abrigos, cercas, armas, e principalmente as habitações.

Considerando a variedade de usos do bambu, a facilidade de integração entre plantio, corte, transporte, manuseio e resistência deste material tem levado diversos segmentos sociais e econômicos a considerá-lo como a madeira do século 21, podendo ser útil para a construção de moradias, principalmente para beneficiar camadas sociais mais carentes (ADAMS, 1997).

Conforme dito na Seção 3, é importante ressaltar que, em virtude de suas características físicas e botânicas, o bambu apresenta grande resistência a esforços de tração e compressão, o que permite a sua utilização em estruturas de habitações, pontes, escadas, móveis e objetos em geral. A variedade de espécies proporciona uma gama vasta de cores, espessuras, diâmetros e tamanhos. A criatividade do uso do bambu está em tirar partido das características naturais das espécies para utilizar o tipo adequado de vara ao objeto que se queira produzir.

Em contrapartida, tomam-se algumas precauções especiais para o uso do bambu na construção civil: além do tratamento com produtos químicos, quando usado como peça estrutural, os encaixes e amarrações devem ser bastante firmes. Existem diversos tipos de entalhes, encaixes e amarrações estudadas pela comunidade científica no mundo, serão demonstradas nos próximos itens.

4.1 Referenciais históricos do uso do bambu na construção civil

Vélez (2000) faz uma retrospectiva sobre o aparecimento do bambu na história. Segundo ele, o bambu já existia no Período Terciário, há 3 milhões de anos, na Europa, tendo sido extinto com o início da Era do Gelo. A próxima menção

histórica do bambu teria sido no período de 5550 a 3500 a.C., quando cientistas apontam para a existência de construções em bambu na civilização Valdívia, no Equador (ilustração 25). Na China, outras descobertas científicas apontam para o uso do bambu em cestarias, no período entre 3300 a 2800 a.C. No ocidente o bambu teria sido primeiramente mencionado por Alexandre, O Grande, numa carta a Aristóteles, no ano 100 a.C.



Ilustração 25: Ponte vernácula em bambu.

Fonte: Arquivo pessoal de Simon Vélez⁵.

No período da descoberta das Américas, conquistadores espanhóis teriam mencionado o uso do bambu pelos nativos em habitações e jangadas. Os índios cercavam suas aldeias com muralhas de bambu para proteger-se contra os conquistadores, e também usavam lanças de bambu como arma de combate e instrumentos musicais como flautas.

Nos séculos seguintes, novos usos surgiram e foram aprimorados os existentes. Para o ocidente, o bambu era um artigo exótico, vindo das colônias asiáticas, como presente para ser plantado nos jardins europeus, principalmente a partir do século XVI ao século XIX.

No século XX, com o Estilo Internacional na arquitetura mundial valorizando artigos com aço, ferro, vidro e concreto, o uso do bambu se limitou às culturas orientais mais tradicionais e na América do Sul, às comunidades mais carentes da Colômbia e Equador, que utilizavam o bambu para construções e utensílios domésticos (ilustração 26 e 27).

⁵ Cedido gentilmente por Simon Vélez.



Ilustração 26: Foto de casa em bambu na Colômbia.

Fonte: arquivo pessoal de Jorge Morán⁶

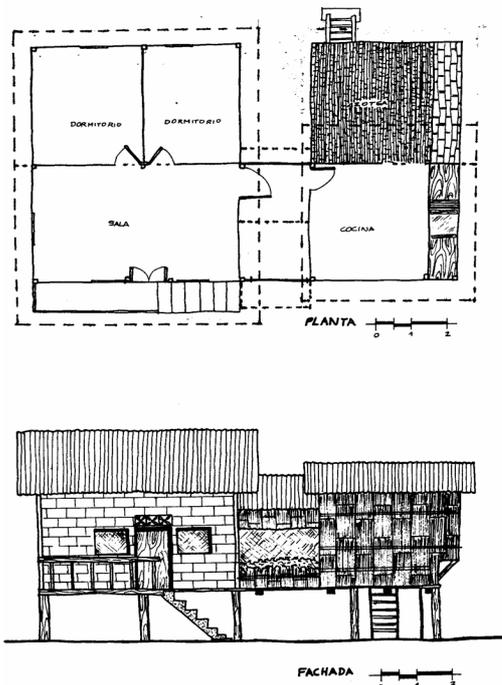


Ilustração 27: Esquema de casa em bambu na Colômbia, planta baixa e elevação frontal.

Fonte: arquivo pessoal de Jorge Morán

Nos anos de 1960, com a valorização de potencialidades locais e regionais, em diversas áreas, o bambu ressurgiu enquanto tecnologia construtiva, principalmente apontado por livros e autores de cunho mais naturalista, já apontando para uma futura preocupação com o meio ambiente, a poluição e o desperdício energético advindos da industrialização.

Publicações como *Arquitetura sem arquitetos*, de Bernard Rudofsky, e o trabalho de arquitetos como o egípcio Hassan Fathy, incorporaram ao mundo ocidental influências das culturas orientais (VELÉZ, 2002). Nesta época também

⁶ Cedido gentilmente por Jorge Morán.

surgiram ideais de sustentabilidade ambiental e econômica. Soluções regionais começaram a ser vistas como as melhores para solucionar problemas globais, deixando claro, a necessidade de respeitar as diferenças entre os povos e a criatividade de cada povo para descobrir soluções para seus problemas sociais, urbanos e ecológicos que se colocaram diante do processo de industrialização dos países da América Latina.

Simon Vélez (2002) arquiteto colombiano defende a idéia de que o uso do bambu para a construção de moradias, primeiro precisa ser reconhecida enquanto valorização estética e econômica, e depois, as pessoas precisam valorizar processos construtivos menos agressivos ao meio ambiente e em harmonia com o estilo arquitetônico local, em detrimento de modelos padronizados importados baseados na indústria exploradora de energia e de matérias-primas, além de grande produtora de resíduos não degradáveis.

4.2 Caracterização físico-mecânica do material

Vários autores, como Jassen, J; Liese, W; Ghavami, K; e Beraldo & Zoulalian comentam sobre ensaios realizados para testar as características mecânicas dos colmos de bambu. Entretanto, a variedade de espécies e a falta de padronização entre os diferentes ensaios têm levado à tendência de cada pesquisador adotar sua própria metodologia, o que torna esta comparação extremamente difícil. Por esta razão, este trabalho não pretende avaliar os dados científicos de resistência físico-mecânica. Aqui se adotaram dados obtidos pelos autores que trabalham no Brasil e no Equador, sempre colocando informações que apresentam similaridade entre si (ilustrações 28, 29 e 30).



Ilustração 28: Ensaio de compressão realizado por Rubens Cardoso.

Fonte: arquivo pessoal de Rubens Cardoso⁷.

⁷ Cedido gentilmente por Rubens Cardoso.

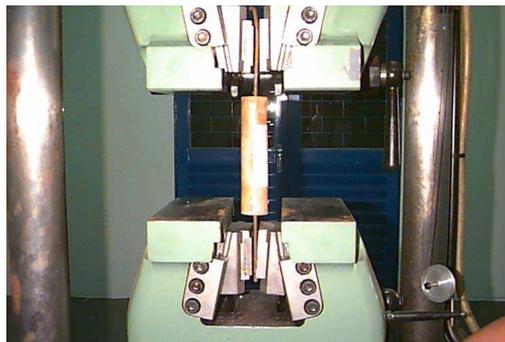


Ilustração 29: Ensaio de tração realizado por Rubens Cardoso.

Fonte: arquivo pessoal de Rubens Cardoso.



Ilustração 30: Ensaio de flexão realizado por Rubens Cardoso.

Fonte: arquivo pessoal de Rubens Cardoso.

As características mecânicas do bambu sofrem influência da umidade externa do ar e se correlacionam com a idade e a densidade da parede da vara. Sobretudo, a quantidade percentual de fibras é considerada o principal fator responsável pela sua resistência física. Quando seco o bambu é mais resistente do que quando ainda verde, sendo uma curiosidade que os bambus estão maduros com cerca de 3 anos de idade, quando podem alcançar sua máxima resistência. Depois desta idade e dependendo da espécie, o bambu vai perdendo sua resistência e começa a apodrecer.

Segundo Ghavami (1992), a densidade dos bambus pode variar entre 500 a 800 kg/m³, dependendo principalmente do tamanho, quantidade e distribuição dos aglomerados de fibras ao redor dos feixes vasculares. Na base do colmo, a resistência à flexão é duas a três vezes maior na parte externa do que na interna. Estas diferenças são menores mais perto do topo, devido ao aumento da densidade na parte interna e à redução na espessura da parede, que apresenta internamente menos parênquima (seiva) e mais fibra.

A tabela 1, a seguir, apresenta valores médios das características físicas e mecânicas de duas espécies de bambu, tomadas como referência.

Tabela 1: Características físicas e mecânicas de espécies de bambu.

| | Res. Compressão (MPa) | Res. Tração (MPa) | Res. Flexão (MPa) | Módulo Elasticidade à tração (MPa) | Internós (distância em <i>m</i>) | Diâmetro externo (<i>m</i>) | Espess. (parede em <i>m</i>) 10^{-2} |
|-------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|---|
| Dendrocalamus giganteus | 77 | 115 | 152 | 11 | 0,55 - 0,65 | 0,12 - 0,14 | 1,0 - 1,2 |
| Bambusa vulgaris | 65 | 115 | 131 | 9 | 0,35-0,45 | 0,07-0,08 | 0,6-0,8 |

Fonte: PEREIRA, p.16, s.d.

A tabela 2 abaixo, apresenta valores médios de resistência mecânica de algumas espécies mais comuns no Brasil.

Tabela 2: Resistência mecânica de algumas espécies de bambu

| Tração (MPa) | Compressão (MPa) | Flexão (MPa) | Cisalhamento (MPa) | Espécie |
|--------------|------------------|--------------|--------------------|----------------------------------|
| 135 | 40 | 108 | 46 | <i>Dendrocalamus giganteus</i> |
| 285 | 28 | 89 | 6,6 | <i>D. asper</i> |
| 103 | 27 | 75 | 56 | <i>Bambusa multiplex</i> |
| 111 | 34 | 93 | 54 | <i>B. tuldoides</i> |
| 82 | 27 | 78 | 41 | <i>B. vulgaris</i> |
| 149 | 46 | 124 | 41 | <i>B. vulgaris Schrad</i> |
| 297 | 34 | 76 | 9,5 | <i>B. arundinacea</i> |
| 130 | 42 | 102 | 48 | <i>Guadua superba</i> |
| 237 | 29 | 82 | 8,0 | <i>G. verticillata</i> |
| 120 | 42 | - | - | <i>Plyllostachys bambusoides</i> |
| 296 | 30 | 84 | 7,2 | <i>Gigantochoa apus</i> |
| 288 | 31 | 97 | 8,2 | <i>G. atter</i> |

Fonte: PEREIRA, p.19, s.d

Ghavami, pesquisador do bambu na construção civil há alguns anos trabalhando na PUC-Rio, realizou vários testes em laboratórios, a fim de comparar a resistência mecânica do bambu a outros materiais comumente usados na construção

civil, como aço, concreto ou madeira. Em seus testes, Ghavami (1992,p.11) encontrou índices de resistência tidos como referencia no país (tabelas 3 e 4).

Tabela 3: Relação entre a energia de produção por unidade de tensão

| MATERIAL | BAMBU | MADEIRA | CONCRETO | AÇO |
|------------------------|-------|---------|----------|------|
| MJ/m ³ /MPa | 30 | 80 | 240 | 1500 |

Fonte: GHAVAMI, 1992, p.11.

Segundo Ghavami (1992, p.11) as principais vantagens da utilização do bambu são:

- Apresenta uma baixa energia necessária para sua produção por unidade de tensão: 30MJ/m³ /MPa (50 vezes menor que o aço).
- Possui uma alta resistência à tração, chegando a atingir 200 N/mm², para um baixo peso específico: 0.80 N/mm³ x 10⁻³ (o bambu apresenta o maior valor para relação entre a resistência à tração e o peso específico, o que o torna vantajoso como material construtivo) (tabela 4).

Tabela 4: Relação entre a resistência à tração e o peso específico

| MATERIAL | RES. TRACÇÃO σ (N/mm ²) | PESO ESPECÍFICO θ (N/mm ³ x 10 ⁻²) | RESISTENCIA $R = \sigma \cdot 10^2 / \theta$ | R/R _{aço} |
|---------------------------|---|---|---|--------------------|
| AÇO (CA 50 ^A) | 500 | 7.83 | 0.63 | 1.00 (ref.) |
| BAMBU | 140 | 0.80 | 1.75 | 2.77 |
| ALUMÍNIO | 304 | 2.70 | 1.13 | 1.79 |
| FERRO FUND. | 281 | 7.20 | 0.39 | 0.62 |

Fonte: GHAVAMI,1992, p.17

Em suas respectivas publicações, Pereira (s.d, p.22), Beraldo & Zoulalian (1995) aconselham para fins de cálculo das propriedades mecânicas do bambu, adotar os valores médios citados a seguir:

- **Resistência à compressão:** 50 a 90 MPa;
- **Resistência à tração:** 2,5 a 3,5 vezes sua resistência à compressão;

- **Resistência à flexão:** 70 a 150 MPa.

Ghavami (1992, p.20) observou que uma grande deficiência do bambu, quando utilizado como reforço no concreto, é o seu efeito de absorção de água. Durante a cura do concreto, o bambu absorve água e expande, provocando fissuras no concreto. Após secagem, pela perda de água, ele se retrai trazendo como consequência a perda de aderência ao concreto. Existem alguns métodos de prevenção para este problema. Testes em laboratório demonstraram que o bambu tratado com a aplicação do impermeabilizante NEGROLIN, associado à areia e amarrado com fios de arame, aumentou sua aderência em até 90%.

Ghavami ainda afirma que a espécie *Dendrocalamus giganteus* (mais conhecido como bambu-balde ou bambu gigante) é a mais apropriada para o estudo de vigas de concreto reforçada com bambu.

4.3 Condicionantes técnicos para construções em bambu

Baseando-se nas técnicas aplicadas na Bolívia e no Equador, este item demonstra alguns detalhes de manuseio do bambu para execução de construções.

Conforme citado na seção anterior, o tratamento das varas de bambu, antes de sua utilização na construção civil, é imprescindível para garantir a durabilidade do material. Para habitações recomenda-se a utilização de métodos naturais, evitando-se impregnar as varas com substâncias químicas que possam provocar danos à saúde humana. Entretanto, de acordo com as condições de umidade do ar e de propagação de insetos do lugar, pode ser indispensável um tratamento mais agressivo para garantir uma maior durabilidade das peças.

Devido à sua forma cilíndrica e oca, não é possível empregar no bambu os mesmos sistemas de amarração que se utilizam para a madeira. A tendência que o bambu apresenta em rachar limita o uso de cravos ou pregos, nos encaixes. Por isso, as varas devem ser previamente perfuradas com uma broca de diâmetro ligeiramente menor que o parafuso a ser utilizado. O parafuso deve ser introduzido com leves golpes de martelo. Assim diminuem-se as chances de produzir rachaduras nas varas (LOPÈZ, 1981, p.22).

Para a junção das peças, podemos efetuar vários tipos de entalhes, escolhendo sempre aquela que se adequar melhor ao encaixe (ilustrações 31 e 32).

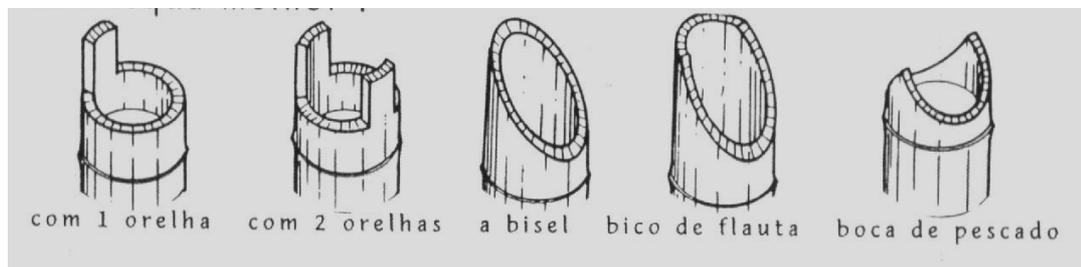


Ilustração 31: Tipos de entalhes mais utilizados.

Fonte: LOPEZ, 1981, p.13.

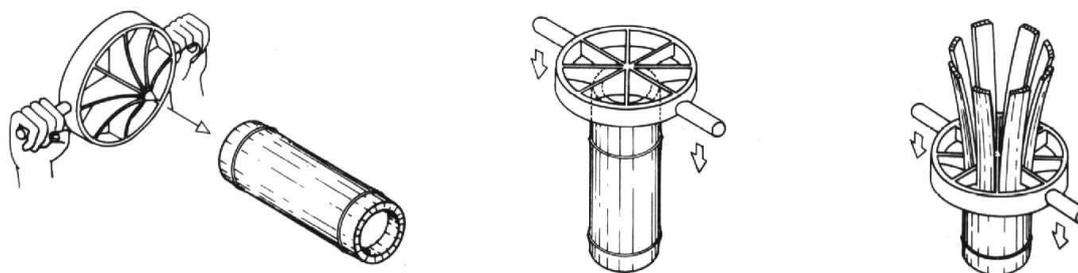


Ilustração 32: Método do corte do bambu em canas, mais finas.

Fonte: LOPEZ, 198, p. 19.

As formas mais usuais para fixar as uniões são por meio de arame galvanizado, cordões de náilon, ou qualquer outro tipo de fio durável e resistente (ilustrações 33 e 34).

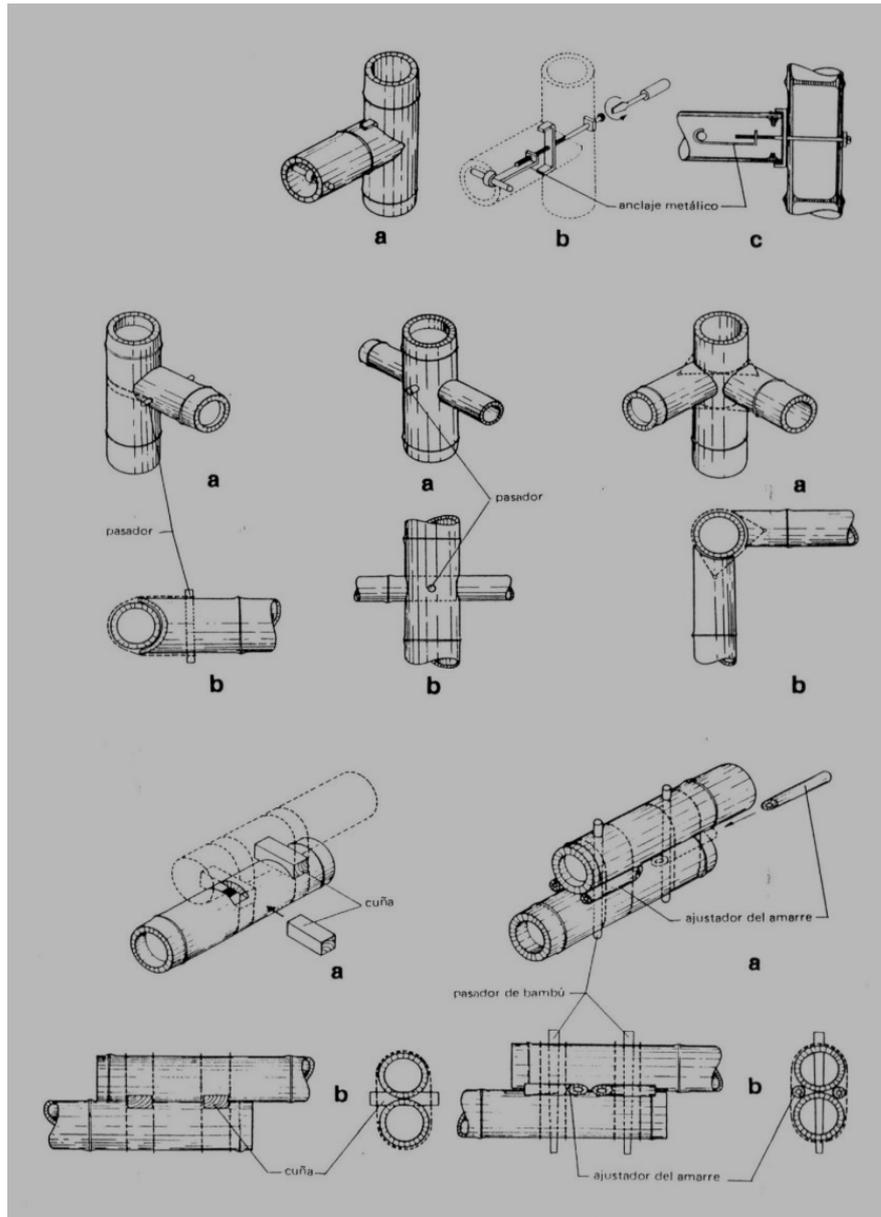


Ilustração 33: Emprego de fixadores e cravos na união de peças horizontais e verticais.

Fonte: LOPÉZ, 1981, p.15.

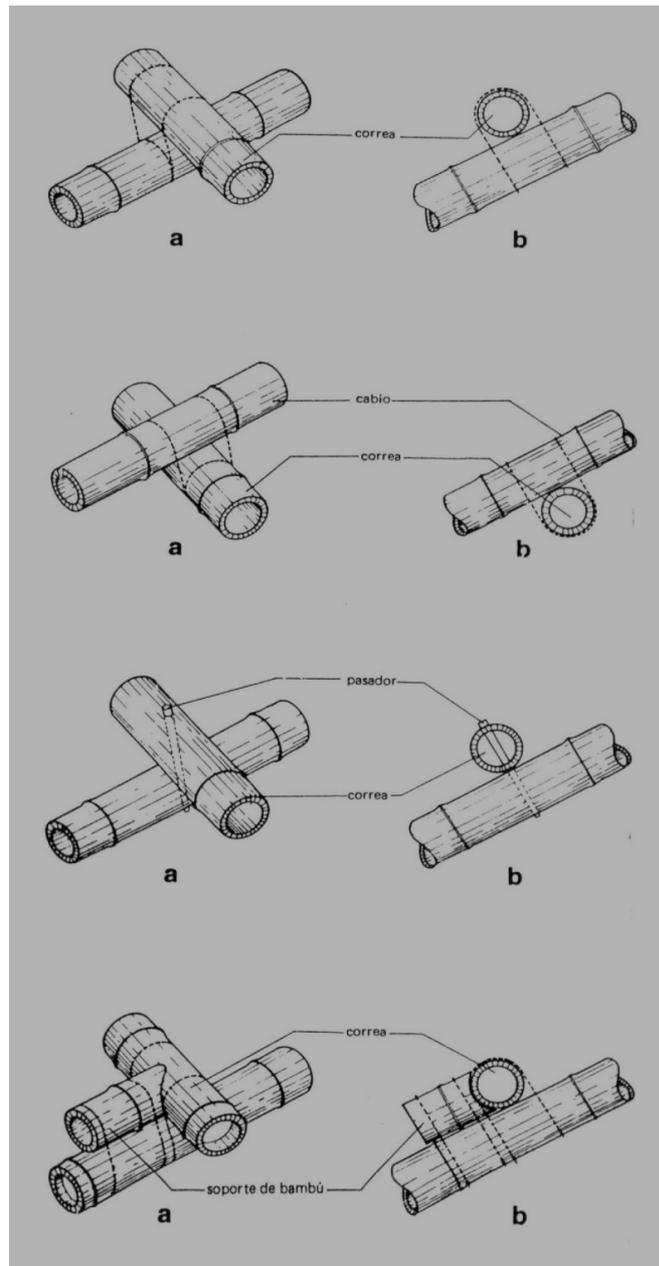


Ilustração 34: Amarrações entre caibros e ripas do telhado.

Fonte: LOPÉZ, 1981, p.16.

Os bambus devem ser cortados de tal forma que haja um nó em cada extremo ou bem próximo a este, para evitar que as cargas verticais transmitidas a estes pontos não provoquem seu esmagamento (ilustração 35).

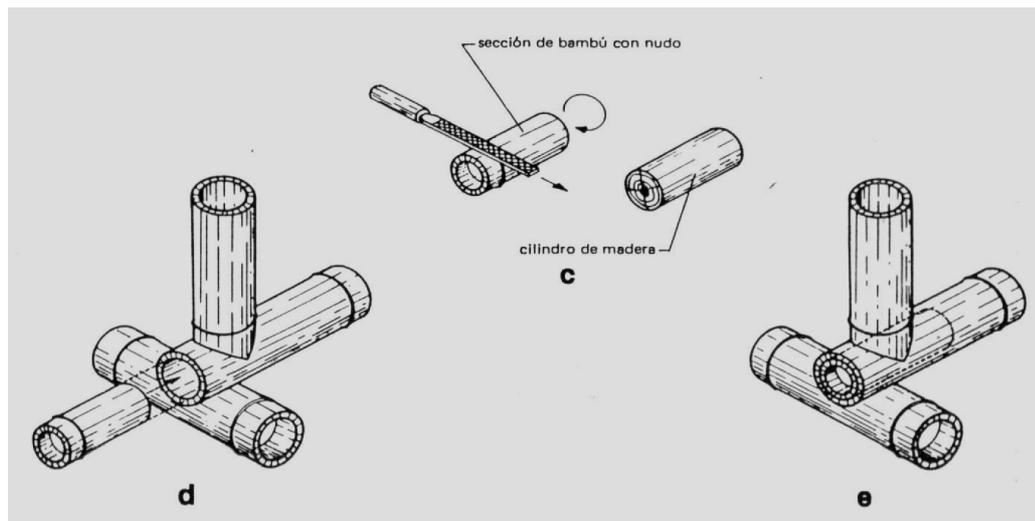


Ilustração 35: Formas de evitar o esmagamento das extremidades das varas.

Fonte: LOPEZ, 1981,p. 12.

Para a utilização do bambu no interior de lajes ou de painéis de fechamento, é recomendável que se utilize varas em meia-cana, para garantir melhor aderência entre o bambu e o material aglomerante, proporcionando uma leveza considerável para o transporte das peças e para que não torne a estrutura muito robusta (ilustração 36). Para a utilização das varas de bambu, especialmente em lajes de piso ou em vigas, recomenda-se utilizar o primeiro terço do bambu, porque além de possuir a parte fibrosa e mais densa em relação ao resto da planta, possui internós mais curtos, aumentando sua resistência. Para peças de grande solicitação, são recomendados reforçar as vigas com estribos de ferro.

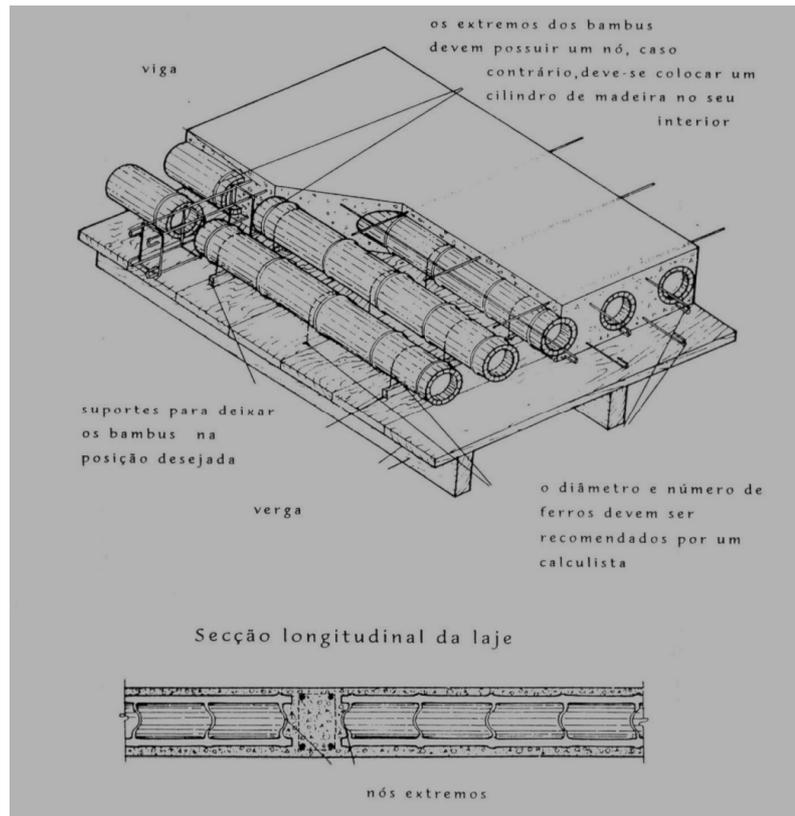


Ilustração 36: Laje de piso em concreto e bambu.

Fonte: LOPÉZ, 1981, p. 51.

Existem muitos outros exemplos de como fixar varas de bambu para construção de objetos e moradias (ver ilustrações 37 a 41).

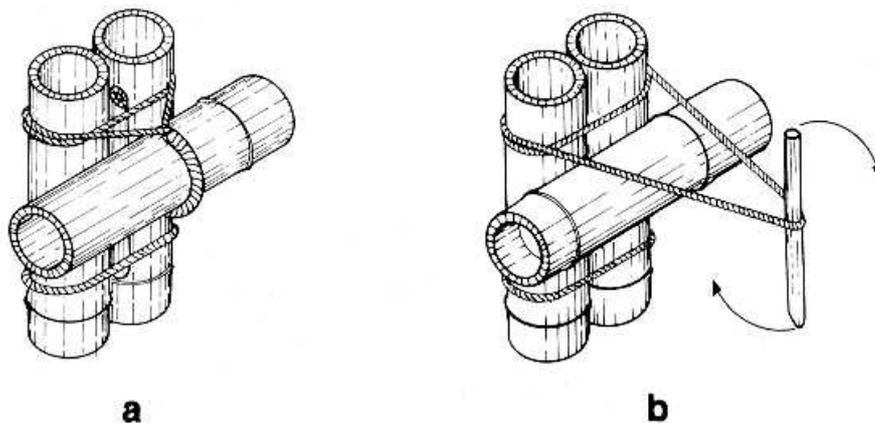


Ilustração 37: Amarrações entre vigas e colunas de bambu.

Fonte: LOPÉZ, 1981.



Ilustração 38: Amarração entre vigas e colunas de bambu – estrutura de coberta.

Fonte: arquivo pessoal de Rubens Cardoso.



Ilustração 39: Fixação de coluna ao solo por base de concreto.

Fonte: arquivo pessoal de Jorge Morán.



Ilustração 40: Fixação entre varas de bambu.

Fonte: a autora.



Ilustração 41: Fixação entre varas de bambu concretadas.

Fonte: arquivo pessoal de Jorge Morán.

4.4 O bambu na arquitetura contemporânea

Conforme já citado em itens anteriores, o uso do bambu para a produção de habitações é muito antigo e extremamente difundido nas culturas asiáticas. Na América Latina, as iniciativas mais recorrentes desta prática ocorrem no Equador e na Colômbia, pois estes países possuem uma ampla reserva natural de bambu da espécie *Guadua angustifolia* (ilustrações 42 e 43).



Ilustração 42: Exemplo de casa construída parcialmente em bambu no Equador - paredes e a tesoura do telhado em bambu.

Fonte: arquivo pessoal de Jorge Morán.



Ilustração 43: Exemplo de casa construída parcialmente em bambu no Equador - sistema construtivo de bambu e concreto.

Fonte: arquivo pessoal de Jorge Morán.

A espécie *Guadua* é reconhecida pelos estudiosos, como a melhor para uso na habitação, como colunas, vigas, painéis de vedação e outras aplicações. Diante da necessidade dos povos por abrigo, surgiu uma arquitetura vernacular típica do lugar, apresentando uma tipologia bastante repetitiva do partido arquitetônico adotado, principalmente nas habitações campestres.

Atualmente alguns arquitetos e construtores, bastante especializados no uso do bambu, têm demonstrado um sentido estético apurado em suas construções, explorando o limite da resistência físico-mecânica do material na busca de formas plásticas de resultado singular e unicamente obtido pelas características do bambu.

Esta tendência, de explorar ao máximo as características do bambu, tem estimulado a pesquisa e os ensaios laboratoriais sobre a resistência do material.

Pode-se observar que todas as obras arquitetônicas possuem uma definição de partido arquitetônico especialmente desenvolvida para a construção com o bambu. Diante disso, podemos observar os resultados plástico-espaciais das construções de uma ousadia singular, que possivelmente não seriam obtidos caso fossem usados outros materiais.

Em paralelo à ousadia das construções contemporâneas, existem trabalhos sociais importantes para a população carente de moradia em alguns países em desenvolvimento. No Equador, a Fundação Hogar de Cristo financia e constrói casas populares pré-fabricadas de bambu, com um custo de aproximadamente US\$ 385,00 por unidade habitacional. As casas são rapidamente pré-fabricadas e montadas. São construções leves, resistentes à inundação e a terremotos. Este projeto existe desde 1978 e já abrigou mais de 270.000 pessoas, chegando no ano 2000 a uma produção de 8782 casas. Para a doação de uma casa do Hogar de Cristo, priorizam-se as famílias carentes, principalmente onde a mulher é o chefe de família e possui filhos (ilustrações 44 e 45).

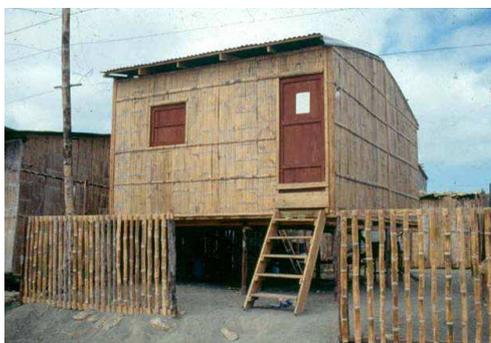


Ilustração 44: Modelo de casa popular do Hogar de Cristo, Equador (em esterilhas).

Fonte: www.bambubrasileiro.com.br

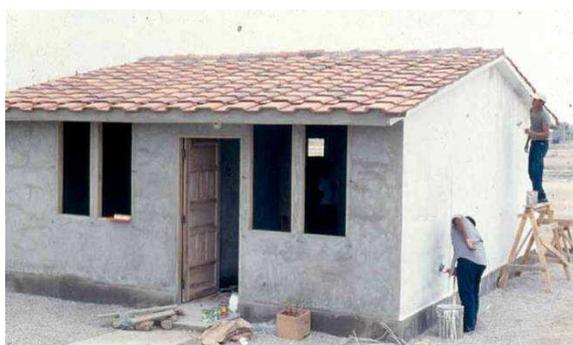


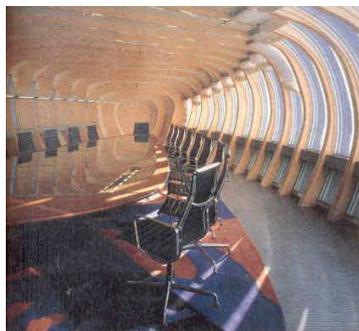
Ilustração 45: Modelo de casa popular do Hogar de Cristo, Equador (rebocada).

Fonte: www.bambubrasileiro.com.br

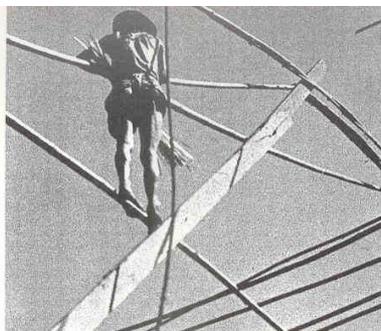
Mais recentemente, os conhecimentos sobre a técnica de utilização do bambu para bens industrializados vem ganhando espaço no mercado, principalmente internacional. Pegando o mote do ideário mundial sobre produtos de baixo impacto ambiental, ditos sustentáveis, o bambu tem sido apresentado como a madeira do século 21, devido às suas características de grande resistência mecânica, beleza e multiutilidades. A tendência do ramo da indústria de móveis, acessórios para decoração e artesanato, voltada para materiais rústicos e fibrosos, está empregando cada vez mais o bambu como matéria-prima para a produção destes produtos.

Outros produtos como revestimento laminado para móveis, piso em placas prensadas e coladas de bambu também têm sido uma novidade no mercado de revestimentos. Bens duráveis como maletas, bicicletas, utensílios domésticos, colheres, instrumentos musicais estão se destacando pela originalidade de design, de funcionalidade e de durabilidade.

Destaca-se a utilização do bambu em grandes obras arquitetônicas internacionais, onde o elemento natural, o bambu é extremamente valorizado dentro de um partido arquitetônico mais complexo (ilustração 46).



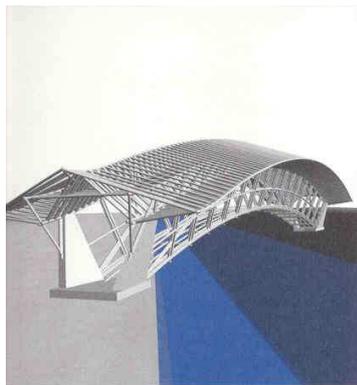
ING Bank – Budapeste
– colunas com curvas
de efeito garganta.



Teto provisório em bambu
– Burma – equilíbrio
necessário.



Jardim interno no Japão –
privacidade e integração.



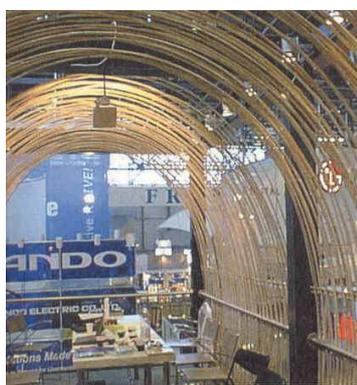
Projeto para ponte do Museu de Bob Marley, Jamaica, por Simon Vélez, 2000.



Treliça espacial para fábrica na Pensilvânia, Colômbia, por Simon Vélez, 1993 – grandiosidade.



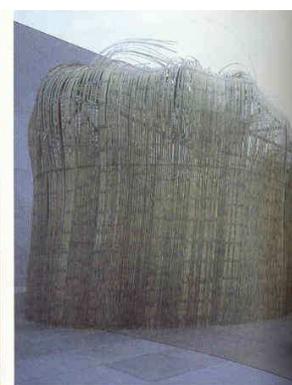
Instalação artística, por Hiroshi Teshigahara, Japão – caminho lúdico.



Forro de bambu em stand de feira de eletrônicos no Japão – convidativo.



Entrada do metrô de Bilbao, por Norman Foster – inspiração oriental.



Instalação artística no Museu de Arte Contemporânea Gen'ichiro Inokuma, Japão, por Hiroshi Teshigahara, 1994-1995 – flexibilidade.

Ilustração 46: Expressões da arquitetura contemporânea em bambu no mundo.

Fonte: VÉLEZ, Simon (2002, p.218)

O bambu pode ser usado de diversas formas na arquitetura, apresentado estilos e propósitos funcionais diferentes, por exemplo, em formas orgânicas, formando teias, até estruturas treliçadas de cobertas. Se compararmos os problemas ambientais do globo terrestre com a limitação de recursos ainda disponíveis, encontraremos razões para buscar na natureza alternativas para satisfazer as necessidades de abrigo, proteção e construção para nossas cidades e residências. A força e resistência deste material são facilmente identificadas diante das grandiosas construções encontradas em países como a Colômbia ou Equador. A beleza natural de suas varas, o crescimento e renovação de forma rápida contribuem para a notoriedade deste material (ilustrações 47,48,49 e 50).



Ilustração 47: Projeto para construção de uma torre em bambu no parque Guadua Von Pereira, Risalda Colombia, por Simon Vélez, 2000.

Fonte: VÉLEZ, Simon (2002, p.245).



Ilustração 48: Fachada de um edifício na Colômbia, obra de Simon Vélez.

Fonte: arquivo pessoal de Marcelo Villegas



Ilustração 49: Ponte construída na Colômbia, por Marcelo Villegas. Fonte: arquivo pessoal de Marcelo Villegas.



Ilustração 50: Estufa construída com estrutura em bambu. Fonte: VÉLEZ, 2002.

Apesar de tantas características positivas, o potencial arquitetônico e as possibilidades de industrialização do bambu enquanto material construtivo, ainda não se encontra devidamente analisadas. Os estudos sobre o bambu necessitam passar por uma normalização científica, fato que gerará maior credibilidade sobre o material. Para isso são necessárias mais pesquisas sobre seu desempenho mecânico, além das descobertas já feitas pelos construtores no dia-a-dia das obras, acerca da liberdade criativa de uso do material nas suas diversas formas.

Uma das mais recentes aplicações formais do bambu é a construção de formas orgânicas utilizando o bambu como matriz em grade, ou tela. Esta estrutura exposta a forças de tração, permite a distribuição das cargas de maneira uniforme, tornando o espaço interno mais flexível e livre de pilares (ilustrações 51 e 52).



Ilustração 51: Uchino Residential Center em Chikugo, Fukuoka, obra do arquiteto japonês Shoji Yoh, em 1995. Fonte: VÉLEZ, Simon (2002, p.224).



Ilustração 52: Pavilhão Cultural da Colômbia, construído por Marcelo Villegas e Simon Vélez. Fonte: arquivo pessoal de Marcelo Villegas.

A estabilidade de estruturas sinérgicas como estas, não dependem de partes individuais, como em construções tradicionais de vigas e pilares, mas, da distribuição das forças e da participação de todos os elementos do conjunto, fazendo-as estáveis

dentro de sua própria estrutura. Para isso são necessários elementos internos de alta-tensão, os quais, se adequam muito bem à natureza do bambu.

Buscando sempre novas descobertas sobre o bambu, arquitetos como Simon Vélez, Renzo Piano, Frei Otto, entre outros têm usado o bambu em combinação com outros materiais construtivos, principalmente com o concreto.

A riqueza estética do bambu está na combinação das varas formando jogos de encaixes, nesta possibilidade de se construir grandes estruturas a partir da combinação de peças leves e resistentes, formando um conjunto onde todas elas participam do desempenho estrutural do conjunto. Isto indica o bambu como um material de alta tecnologia. A combinação de soluções simples da natureza com alta tecnologia em busca de resultados plásticos diferenciados.

5. A arquitetura como resposta climática e cultural

Contrariando a tendência mundial pela globalização, pelo liberalismo econômico e também cultural, a Agenda 21 estimula a adoção de iniciativas tecnológicas mais compatíveis com as condições climáticas e culturais de cada região. Neste sentido, algumas iniciativas de tecnologias construtivas, ditas vernaculares podem resultar em propostas arquitetônicas bastante válidas, respeitando as necessidades climáticas de cada região.

Conforme discutida na Seção 2, uma arquitetura sustentável se dispõe a estudar os princípios construtivos de sistemas mais eficientes do ponto de vista ambiental, energético e econômico. Sistemas construtivos vernáculos que usam materiais como a taipa, a palha, o barro, a terra, o tijolo batido e a madeira, parecem ter um bom desempenho bioclimático, além de serem consideradas tecnologias construtivas limpas.

O povo de cada região, tradicionalmente, faz uso de materiais já disponíveis na natureza para a construção de suas habitações e edifícios, respeitando a cultura da nação ou da comunidade.

5.1 Arquitetura Vernácula Brasileira

As primeiras manifestações arquitetônicas, conhecidas no Brasil são as habitações indígenas encontradas na expedição de Pedro Álvares Cabral, quando chegou à costa do nordeste brasileiro, descritas em Montezuma (2002, p.29) como: *“... compridas construções de madeira e tábuas, (...) cobertas com folhas de palmeira, com tetos redondos como abóbadas, de altura razoável, mas sem nenhuma divisão interna. Internamente haviam apenas esteios, e entre os esteios redes, amarradas aos esteios, altas, onde os índios dormiam, e debaixo, para se esquentarem faziam seus fogos. Em cada casa, haviam de duas a três portas nas extremidades opostas. E em cada casa se abrigavam de trinta a quarenta pessoas”*.

Estes edifícios apresentam um bom desempenho ambiental, pois utilizam materiais construtivos, de matérias primas renováveis, presentes no seu entorno imediato e de enquadramento ajustado ao ambiente natural (ilustração 53 e 54).

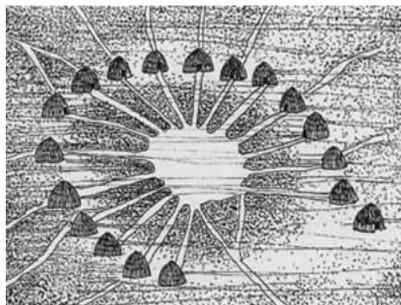


Ilustração 53: Imagem de Aldeia Xavante.

Fonte: In: <http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp226asp> (acessado em 05 de outubro de 2005).



Ilustração 54: Tipologia de oca indígena.

Fonte: http://www.natura.net/port/bemestarbem/bio_ciclo07_biodiversidade_xingu.asp (acessado em 05 de outubro de 2005).

Quanto ao desempenho bioclimático, resumem-se à proteção da intensa radiação solar e isolamento térmico. As grandes cobertas oferecem sombra abundante no exterior, e no interior oferecem uma preciosa proteção térmica, pela sua capacidade isolante. Atenuam o calor proveniente do sol, durante o dia, e conservando o calor produzido no seu interior, durante a noite. A ausência de estratégias de ventilação natural pode justificar-se pela forma dos indígenas viverem, durante o dia, ao ar livre ou sob cobertas abertas nas laterais (ilustração 55) localizadas no centro das aldeias, utilizando as moradias apenas durante a noite.

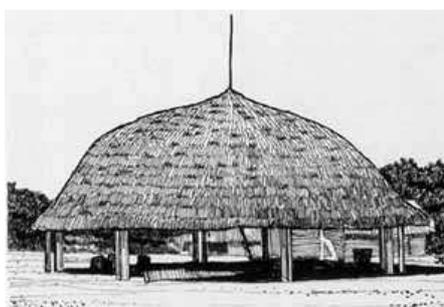


Ilustração 55: Tipologia de oca indígena.

Fonte: In: <http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp226asp> (acessado em 05 de outubro de 2005).

Apesar da configuração arquitetônica em adequada sintonia com as características climáticas do lugar, ao longo da colonização portuguesa, as práticas construtivas indígenas foram praticamente abolidas do território brasileiro. A cultura européia não se adequava cultural e socialmente ao estilo de viver dos nativos, assim, as imposições colonialistas trouxeram à cultura indígena, a arquitetura colonial tida como berço da arquitetura atual brasileira.

A arquitetura construída pelos portugueses era composta por casas-grandes e senzalas, nas fazendas, e sobrados, encontrados em muitos aglomerados urbanos do período colonial. Esta arquitetura já veio pronta (a portuguesa), mas como também ocorre com outros costumes, sofreu modificações progressivas para melhor adaptação às características climáticas do Brasil. As casas eram compactas, com dois pavimentos, ganharam alpendres nas fachadas, e as janelas foram adornadas com treliças de madeira, venezianas e outros mecanismos para se protegerem da incidência solar, e permitir a ventilação natural dos espaços internos (ilustrações 56 e 57) (BITTENCOURT, 1993).

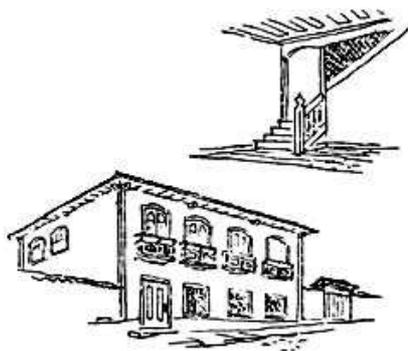


Ilustração 56: Tipologia de Casa Grande, herança da arquitetura do Brasil Colônia.

Fonte: <http://arcoweb.com.br/debate/debate82.asp>.

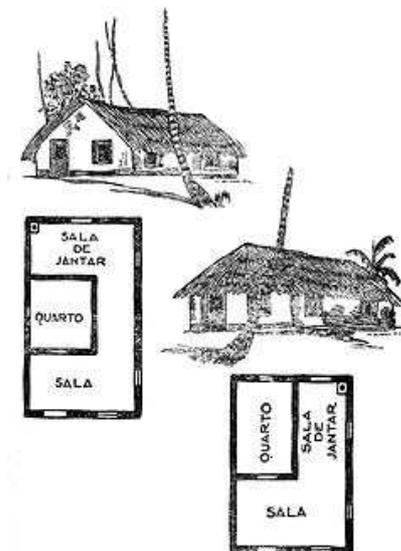


Ilustração 57: Tipologia de casa do tipo mocambo, casas de taipa com cobertura de palha.

Fonte: <http://www.arcoweb.com.br/debate/debate82.asp>.

5.2 Maceió, o ambiente de estudo

No Estado de Alagoas, de modo geral, existem as seguintes zonas ambientais: Zona da Mata, Agreste e Sertão (ilustração 58). Em sua maioria, o Estado de Alagoas está incluído na tipologia climática de Zona da Mata, onde o clima é tropical quente e úmido, caracterizado pela baixa oscilação térmica diária e sazonal, com precipitações e umidade razoáveis.



Ilustração 58: Mapa do Estado de Alagoas, Divisão Ambiental, Áreas de interesse ecológico e bacias hidrográficas, destacando a Zona da Mata.

Fonte: adaptado do Mapa do Estado de Alagoas, Divisão Ambiental, Áreas de interesse ecológico e bacias hidrográficas, por Ivan Fernandes Lima, 1988.

No litoral, onde está localizada a capital, Maceió, a presença do Oceano Atlântico influencia fortemente as características climáticas micro-regionais, resultando numa maior umidade relativa do ar, aumento do número de precipitações.

Segundo Goulart (et all, 1997) em Maceió, ao longo do dia mais quente do ano verificam-se temperaturas médias muito próximas de 30°C, com máximas de 33°C e mínimas próximas de 28°C, acompanhando os horários de maior intensidade de radiação solar. Observaram-se ventos com velocidades médias próximas de 15 km/h (3,9 m/s) com máximas de 22,3 km/h (6,2 m/s), verificadas durante horários de temperaturas mais elevadas. A umidade relativa pode variar entre 54% e 80%. Durante o dia mais frio, as temperaturas atingem de 22°C a 25°C.

Os dados principais que devem ser considerados para projeto de edificações devem considerar a temperatura, a umidade do ar, a radiação, e os efeitos dos ventos, uma vez que afetam diretamente a sensação de conforto dos usuários (GOULART et all, 1997).

- **Tipologias arquitetônicas encontradas na região de Maceió**

Nesta região, a arquitetura visa proteger as pessoas do calor do sol e das chuvas constantes, quase que ao mesmo tempo, permitindo e potencializando a ventilação cruzada para arrefecimento de seus espaços internos.

As construções devem evitar ganhos de calor por radiação solar enquanto dissipam o calor produzido internamente aos edifícios. Em muitos povoados da Zona da Mata Alagoana, as atividades cotidianas ocorrem em espaços semi-abertos, como varandas, ou simplesmente, debaixo de árvores (ilustração 59 e 60). Além do amplo sombreamento, estruturas leves têm sido usadas para prevenir o armazenamento de calor, já que o conforto no período noturno deve ser privilegiado, em construções residenciais. A refrigeração é a principal meta do projeto arquitetônico, e a necessidade de aquecimento é muito rara. O conforto térmico nas construções depende em alto grau do movimento de ar e da prevenção de ganhos de calor (BITTENCOURT, 2005, p.5).



Ilustração 59: Povoados de Massagüeira – áreas de convívio ao ar livre, debaixo das árvores e coqueiros.

Fonte: a autora.



Ilustração 60: As características climáticas da região de Massagüeira favorecem o desenvolvimento das atividades no exterior das edificações.

Fonte: a autora.

A orientação e a implantação do edifício são feitas favorecendo as áreas de maior permanência e convívio, orientadas para o nascente (leste) e a sul, favorecendo a ventilação natural deste quadrante. As áreas de serviços e sanitárias, situadas para o poente (oeste) e a norte, funcionam como barreira de proteção à forte insolação do período do verão e das horas de maior incidência solar.

São fundamentais os elementos de sombreamento e de proteção solar, podendo se configurar em varandas, terraços, brises, elementos vazados, e protetores para as aberturas. As paredes devem ser bastante permeáveis ao vento e com o mínimo de insolação possível, para favorecer a circulação natural do ar e não permitir ganhos diretos de calor devido à radiação solar direta (ilustrações 61 e 62).



Ilustração 61: Fachada de residência em Barra de São Miguel – observa-se os elementos de proteção solar: grandes beirais, varandas e elementos vazados.

Fonte: A autora.



Ilustração 62: Fachada de residência em Barra de São Miguel – observa-se os elementos de proteção solar: grandes beirais e varandas.

Fonte: A autora.

5.3 O uso do bambu em construções

O bambu apresenta características técnicas adequadas para seu uso na construção civil em Alagoas, considerando as necessidades de adaptação ao clima, expostas no item 5.2.

Conforme exemplos de habitações colocadas na Seção 4, a similaridade do clima tropical úmido dos países como Colômbia e Equador, nos fazem crer que a arquitetura com bambu encontrada lá, poderiam apresentar desempenho térmico bastante satisfatório, caso houvessem sido construídas nesta região do Estado.

Entretanto, um grande obstáculo que se coloca diante do processo de implantação desta tecnologia, parece ser a aceitação dele pela maioria da população local. A população do Estado, especialmente a de Maceió, onde os trabalhos atuais têm sido desenvolvidos, demonstra desconhecimento e dúvida quanto à aceitação do uso desta tecnologia para a construção de moradias, devido a falta de tradição do uso do bambu para construções no Brasil.

Em 2002, a partir do conhecimento disseminado por representantes da Bambuzeria Cruzeiro do Sul, de Minas Gerais, trazidos pelo SEBRAE para Alagoas, surgiram as bambuzerias no interior do estado. Este grupo é formado pela Bambuzeria Capricho em Cajueiro, pela a Bambuzeria René Bertholet em Coruripe e pela Bambuzeria Zumbi dos Palmares em União dos Palmares. O objetivo destes núcleos era de capacitar pessoas carentes ou ociosas para o trabalho utilizando o bambu como matéria-prima. Alguns produtos foram desenvolvidos, como cabides, bolsas e móveis. Tais produtos têm sido bastante apreciados nos mercados de artesanato locais e também nos mercados internacionais dos EUA e Europa (ilustração 63).



Ilustração 63: Objetos artesanais e móveis fabricados pelo Inbambu em Maceió.

Fonte: <https://www.bambubrasileiro.com.br> (acessado em 10 de março de 2005).

Entretanto a disseminação do conhecimento desta tecnologia não acarretou em grandes incentivos por parte dos órgãos do governo do Estado. O que se observa são poucos grupos de artesãos, e de pesquisadores, trabalhando neste tema de forma discreta, apesar da implantação do Instituto do Bambu - InBambu, com o apoio do SEBRAE Alagoas. A situação atual levar a crer que devido à falta de interesses políticos, o trabalho com as bambuzerias nas comunidades carentes do interior não progrediu na medida do esperado, muito embora, a matéria-prima, o bambu apresente potencial produtivo amplamente comprovado em outras comunidades do Brasil. Contudo, os poucos grupos que trabalham em Alagoas têm construído protótipos de casas, e realizando testes com sistemas construtivos baseados na tecnologia do bambu (ilustrações 64 e 65).



Ilustração 64: Aula sobre a tecnologia do bambu com os pesquisadores Rubens Cardoso, Edson Sartori e Hidalgo Lopéz, no InBambu – UFAL, em 2004.

Fonte: a autora.



Ilustração 65: Oficina do InBambu, no campus da Universidade Federal de Alagoas, durante curso em 2004.

Fonte: a autora.

No ano de 2004, foi construído um protótipo de habitação popular na localidade conhecida como Padre Pinho, em Bebedouro, Maceió – AL, e vem sendo desenvolvidos, na UFAL, outras pesquisas, ensaios de comportamento estrutural e a construção de mais protótipos com a espécie de bambu *Bambusa vulgaris*, nativa da região (ilustrações 66, 67 e 68) .



Ilustração 66: Mulher da comunidade trabalhando na construção do protótipo de Padre Pinho em Maceió.

Fonte: a autora.



Ilustração 67: Homem da comunidade trabalhando na construção do protótipo de Padre Pinho em Maceió.

Fonte: a autora.



Ilustração 68: O protótipo de Padre Pinho, recém construído em julho de 2004.

Fonte: <http://www.bambubrasileiro.com.br> (acessado em 18 de julho de 2004)

A construção deste protótipo levantou maior interesse da comunidade acadêmica e estudantil sobre as possibilidades de utilização deste material em diversas áreas produtivas. Desde então, alguns grupos têm desenvolvido trabalhos científicos tomando este tema como foco de estudo.

Do ponto de vista da arquitetura, pode-se observar que as necessidades sugeridas pela caracterização climática de Maceió, permitem construções compatíveis com as soluções que este material pode oferecer.

Pode-se usar o bambu em como elemento de limitação de espaços, permitindo a circulação do ar para arejamento de seu interior; como elemento de proteção de fachadas e aberturas, podendo amenizam a incidência direta do sol (ilustração 69); em cercas (ilustração 70); colunas e escadas (ilustração 71); em estruturas de telhado e treliças (ilustrações 72, 73 e 74); em abrigos públicos, construções para eventos, festas e feiras (ilustrações 75 e 76); em habitações, construções temporárias e rurais (ilustração 77 e 78).



Ilustração 69: Bambu usado na estrutura de uma varanda – vigas, colunas, guarda-corpo e telhado.

Fonte: Vélez (2002).



Ilustração 70: Bambu usado na construção de uma cerca.

Fonte: Arquivo pessoal de Jorge Morán.



Ilustração 71: Bambu usado na estrutura de uma escada numa residência em Campo Grande, Mato Grosso.

Fonte: Arquivo pessoal de Rubens Cardoso.



Ilustração 72: Bambu usado na estrutura de um telhado.

Fonte: Arquivo pessoal de Jorge Morán.



Ilustração 73: Bambu usado na estrutura de telhado – casa ecológica construída no Rio de Janeiro

Fonte: www.bambubrasileiro.com.br (acessado em: 06 de fevereiro de 2005)

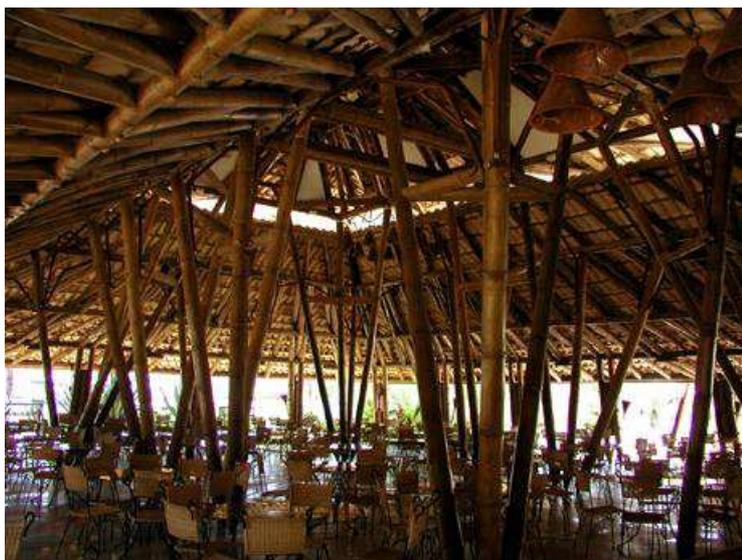


Ilustração 74: Hotel em Angra dos Reis, Rio de Janeiro, projeto e construção de Simon Veléz.

Fonte: Arquivo pessoal de Marcelo Villegas.

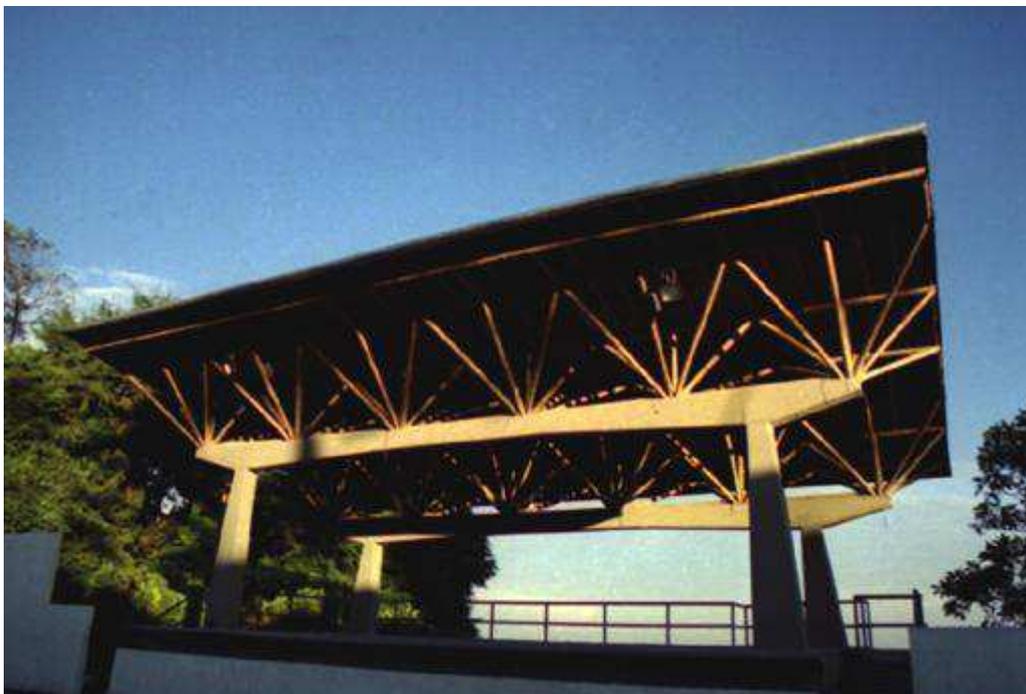


Ilustração 75: Bambu usado na estrutura de um abrigo.

Fonte: Arquivo pessoal de Marcelo Villegas.



Ilustração 76: Memorial do Índio em Campo Grande, Mato Grosso.

Fonte: Arquivo pessoal de Rubens Cardoso.

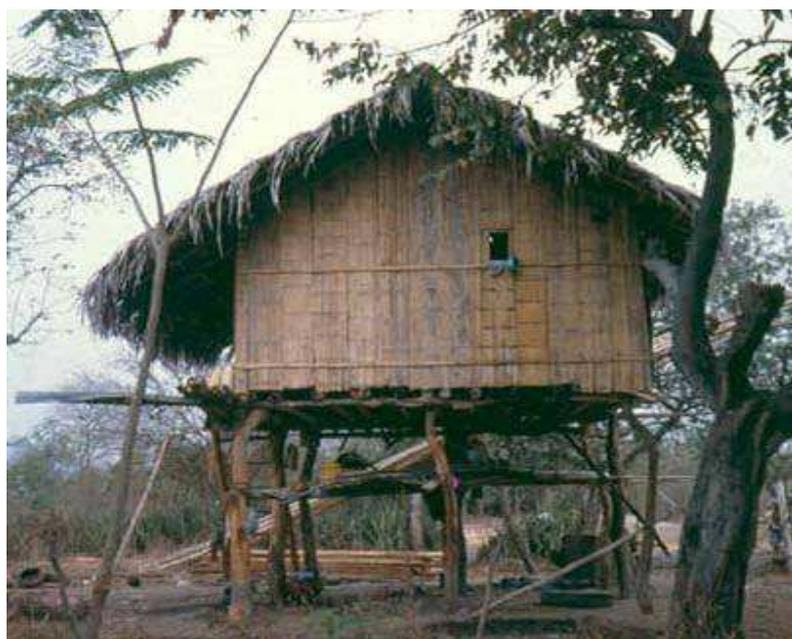


Ilustração 77: Construção rural no Equador.

Fonte: Arquivo pessoal de Jorge Morán.



Ilustração 78: Bambu usado em forro de telhado numa residência.

Fonte: Arquivo pessoal de Jorge Morán.

6. Avaliação do uso do bambu em construções

Ao longo das seções anteriores, colocaram-se dados capazes de preparar a abordagem analítica deste trabalho. Procurou-se demonstrar dados históricos e científicos que constituíram a compreensão teórica do tema baseado na sustentabilidade das edificações, dados expostos nas Seções 1 e 2. Da mesma forma, procurou-se expor nas Seções 3 e 4, todos os dados colhidos sobre o objeto de estudo, o bambu. Por fim, na Seção 5, demonstrou-se o contexto cultural e climático da arquitetura no nordeste brasileiro.

Diante das análises já realizadas, acredita-se que o bambu apresenta características técnicas adequadas para seu uso na construção civil, considerando as necessidades de adaptação ao clima e a cultura, expostas principalmente na seção anterior.

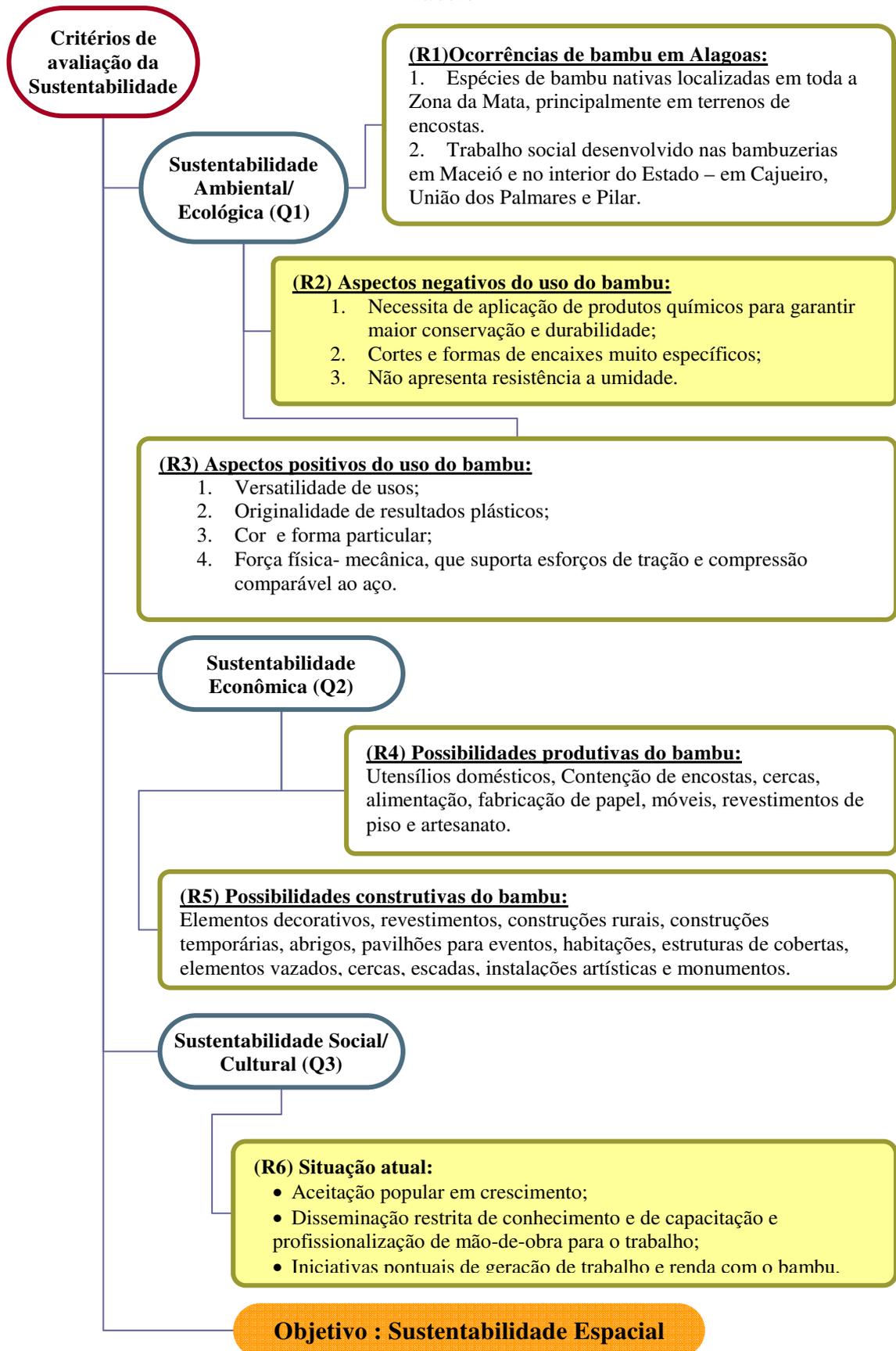
Esta Seção objetiva resumir num quadro analítico, todos os aspectos de análise construídos ao longo das seções anteriores. O foco principal de avaliação é de estudar a prática construtiva com o uso do bambu no contexto da sustentabilidade.

6.1 Quadro analítico do uso do bambu para construções sustentáveis

Chamado de quadro analítico do uso do bambu para construções sustentáveis, o esquema abaixo não tem a pretensão de ser definitivo. Apenas sintetiza os fatores abordados anteriormente, deixando em aberto, outras infinitas possibilidades de se avaliar o mesmo tema.

A metodologia para a elaboração deste quadro constitui-se de um parâmetro geral de avaliação, baseado no tripé da Sustentabilidade (Ambiental/ Ecológica, Econômica e Cultural) (ver Item 1.3, Seção 1 e Seção 2). Para as questões derivadas dos aspectos da sustentabilidade (Q1, Q2 e Q3) foram listadas as respostas que o bambu oferece (R1, R2, R3, R4 e R5), de acordo com as suas características apresentadas nas seções 3 e 4. Para a Questão 3 – Sustentabilidade Cultural, foi elaborada a resposta R6, conforme dados expostos na seção 5. Segue abaixo o quadro analítico:

Quadro 1: Quadro analítico do uso do bambu para construções sustentáveis em Maceió



Legenda:

Parâmetro geral de avaliação do tema - Critérios de Avaliação da Sustentabilidade:

Questão 1 (Q1) - Sustentabilidade Ambiental/ Ecológica

Resposta 1 (R1) - Ocorrências do bambu em Alagoas

Resposta 2 (R2) - Aspectos negativos do uso do bambu

Resposta 3 (R3) - Aspectos positivos do uso do bambu

Questão 2 (Q2) - Sustentabilidade Econômica

Resposta 4 (R4) - Possibilidades Produtivas do bambu

Resposta 5 (R5) - Possibilidades Construtivas do bambu

Questão 3 (Q3) - Sustentabilidade Social/ Cultural

Resposta 6 (R6) - Situação atual

Fonte: a autora.

6.2 Análise das respostas obtidas

A sustentabilidade está presente, como conceito, de forma abrangente, de uma perspectiva de resolução para os problemas ambientais e sociais enfrentados atualmente no mundo, sem que, no entanto, se restringir o crescimento econômico. Através dos princípios presentes no tripé definido pela prudência ecológica, eficiência econômica e equidade social pelas quais as principais agendas políticas mundiais se orientam.

Esta tecnologia não pretende substituir ou restringir modos construtivos atuais, mas se coloca como uma alternativa para aqueles que pretendem trilhar por caminhos que busquem alcançar um maior grau de sustentabilidade, do ponto de vista ambiental e econômico.

Para estar inserida num contexto de Sustentabilidade Espacial, esta tecnologia apresenta vários pontos positivos expostos no quadro analítico, apresentado anteriormente, bem como através dos dados mencionados ao longo da dissertação. Entretanto ainda se faz necessário vencer os pontos negativos marcados no referido quadro, em amarelo.

Segue um detalhamento de cada questão colocada, assim como das respectivas respostas obtidas:

Q1 – Sustentabilidade Ambiental/Ecológica:

Do ponto de vista ambiental, procurou-se trabalhar em cima dos pontos defendidos principalmente pela Agenda 21, no tocante a sustentabilidade dos

ecossistemas (vegetação, solo e dados climáticos), valorizando a ocorrência de matéria-prima no local, evitando assim custos adicionais com transporte e combustível. Um fator de análise muito importante foi a geração de resíduos para o meio ambiente, em decorrência da manufatura da matéria-prima, o bambu.

Os comentários detalhados sobre as respostas obtidas encontram-se abaixo:

R1 - Ocorrências de bambu em Alagoas:

1. Espécies de bambu nativas localizadas em toda a Zona da Mata, principalmente em terrenos de encostas (principalmente da espécie *Bambuza vulgaris*). Podendo ser utilizado para contenção em terrenos de declividade acentuada, também em meio urbano, evitando ocupações irregulares e deslizamento de terras;
2. Trabalho social desenvolvido nas bambuzerias em Maceió e no interior do Estado – em Cajueiro, União dos Palmares e Pilar. Estes trabalhos têm encontrado apoio na iniciativa privada, para o desenvolvimento de produtos tidos como artesanato local, gerando trabalho e renda para pessoas de baixa renda.

R2 - Aspectos negativos do uso do bambu:

1. Necessita de aplicação de produtos químicos para garantir maior conservação e durabilidade; pois a exposição do bambu às intempéries sem proteção pode causar apodrecimento rápido do bambu. Segundo a Seção 3, pág.70, os produtos conservantes de maior eficiência são também os mais agressivos ao meio ambiente, podendo causar poluição ao solo, ao ar atmosférico e a lençóis freáticos;
2. Cortes e formas de encaixes muito específicos; necessitando de um treinamento direcionado para utilização do material;
3. Não apresenta resistência à umidade; podendo apodrecer com facilidade caso esteja em contato direto com a água, ou umidade do solo. Recomenda-se proteger a parte do bambu que estiver em contato direto com o solo.

R3 - Aspectos positivos do uso do bambu:

1. Versatilidade de usos. O bambu pode ser utilizado em diversas estruturas construtivas, suportando esforços de tração e compressão, como por exemplo em treliças de telhado, colunas e vigas, agrupando varas para reforçar a resistência mecânica da estrutura, além de diversos outros fins, como artesanato, alimentação, utensílios domésticos, contenção de barreiras, barreira acústica contra ruídos indesejáveis, cercas, portas, janelas e escadas;
2. Originalidade de resultados plásticos. As formas de agrupamento das varas conferem a estrutura um aspecto plástico diferenciado de outros materiais construtivos existentes. O diferencial deste material está em encontrar soluções plásticas particulares tomando partido da resistência mecânica do material para conferir beleza à estrutura;
3. Cor e forma particular. Há uma variação de cores, dentre as espécies de bambu, proporcionada pelo filme resinoso natural presente na superfície das varas (para proteger a vara contra a exposição à chuva e ao sol), não havendo a necessidade de pintura sobre a superfície da vara quando utilizada ao natural. A forma cilíndrica e oca confere grande resistência à vara, principalmente devido aos nós internos;
4. Força física-mecânica, que suporta esforços de tração e compressão comparável ao aço. Por ser um vegetal, o bambu apresenta baixa energia de produção (cerca de 30 MJ/m³/MPa), pois já o encontramos pronto na natureza. Uma vez que, o aço precisa ser produzido industrialmente, apresentando uma alta energia de produção (cerca de 240 MJ/m³/MPa). Além disso, o bambu possui uma alta resistência, quando comparado ao aço, pois apresenta um peso específico menor que o mesmo (peso específico do bambu = 0.80 N/mm³ x 10⁻², enquanto que o do aço é de 7.83 N/mm³ x 10⁻²) (ver dados da Seção 4).

Q2 – Sustentabilidade Econômica:

A sustentabilidade econômica do uso do bambu na construção civil foi analisada tomando partido das potencialidades produtivas e construtivas do material.

A geração de trabalho e conseqüente renda para população, é um importante fator observado nesta tecnologia, que prima por trabalho manual intensivo, ao invés das tecnologias mais modernas da atualidade que utilizam força das máquinas em substituição ao trabalho humano. Além disso, o potencial criativo encontrado no bambu faz surgir descobertas de novos produtos e adequações de uso do bambu a diferentes funções.

R4 - Possibilidades produtivas do bambu:

O bambu é seguramente indicado para a produção de utensílios domésticos, contenção de encostas, construção de cercas, alimentação, fabricação de papel, móveis, revestimentos de piso e artesanato de fibras naturais.

R5 - Possibilidades construtivas do bambu:

Já se encontra consolidado na Colômbia, Equador, Venezuela, China, Japão, Índia, a utilização do bambu para confecção de elementos construtivos decorativos, revestimentos de móveis, construções rurais (rústicas), construções temporárias, abrigos, pavilhões para eventos, habitações, estruturas de cobertas, elementos vazados, cercas, escadas, instalações artísticas e monumentos.

Q3 – Sustentabilidade Social/ Cultural:

A aceitação popular da tecnologia do bambu foi o fator de grande preocupação desta análise. Conforme citado no item 5.3, um grande obstáculo que se coloca diante do processo de implantação desta tecnologia em Alagoas, parece ser a aceitação dele pela maioria da população local. A fim de conhecer a opinião da população sobre este tema, realizou-se uma pesquisa de campo com a população de Maceió, no ano de 2004, levantando-se dados primários através de questionários sobre o tema (esta pesquisa será melhor abordada no próximo item).

R6 - Situação atual:

Com relação a uma idéia superficial retirada sobre a aceitação cultural da tecnologia do bambu pode-se observar que:

- O processo de aceitação popular encontra-se em crescimento, as pessoas parecem apresentar pouco interesse e/ou contato com o bambu;

- Os processos de disseminação deste conhecimento, de capacitação e profissionalização de mão-de-obra para o trabalho são restritos, e com pouco apoio dos formadores de opinião;
- As iniciativas de uso do bambu são pontuais, gerando trabalho e renda para pequenos grupos sustentados com o apoio de ONG's e empresas que busque melhor desempenho ambiental.

Vale ressaltar pontos negativos que foram observados com esta análise:

1. A tecnologia do uso do bambu apresentou deficiências do ponto de vista da Sustentabilidade Ambiental e Cultural, que podem vir a ser aprimoradas ao longo das pesquisas práticas que vem sendo realizadas;
2. Reconhece-se que os tratamentos químicos para conservação das varas com produtos tóxicos necessitam de novas soluções menos agressivas ao meio ambiente, demandando pesquisas específicas sobre este ponto;
3. Também é necessário ampliar a disseminação desta tecnologia de forma popularizada, o que traria melhores resultados com relação à aceitação cultural.

No ano de 2004, foi construído um protótipo de habitação popular na localidade conhecida como Padre Pinho, em Bebedouro, Maceió – AL. Este primeiro protótipo foi doado a uma família de 5 membros, anteriormente desabrigada, que hoje mora nesta casa com sala, cozinha, banheiro e dois quartos. A população de Padre Pinho que durante a construção do protótipo costumava desacreditar do método construtivo empregado, hoje mudou de opinião e muitos deles desejariam trocar suas casas por uma outra de bambu.

Em adição à avaliação realizada neste item, e na intenção de compreender os aspectos sócio-culturais de abordagem e aceitação popular do bambu na construção civil em Alagoas, foi realizado em junho de 2004, uma pesquisa de campo, referenciada nesta dissertação como uma enquete informal.

A metodologia desta enquete consistiu na aplicação de questionários, visando colher informações sobre a introdução deste método construtivo inovador no contexto da produção arquitetônica do Estado de Alagoas, e a aceitação ou rejeição deste método construtivo junto a uma pequena fatia da população de Maceió.

Entretanto, esta pesquisa não apresenta dados estatisticamente confiáveis, devido ao pequeno universo de aplicação dos questionários.

A metodologia utilizada para esta enquete constituiu-se de:

1. Elaboração e aplicação de questionários sobre a aceitação ou rejeição do bambu para a construção de moradias em Maceió – AL, junto a diferentes fatias representativas da população local;
2. Análise dos dados obtidos através dos questionários aplicados;

Foram aplicados 35 questionários nos dias 12, 15 e 16 de maio de 2004, sendo cada dia numa localidade da cidade de Maceió, procurando identificar 3 grupos de entrevistados definidos previamente. Os grupos analisados e os dados colhidos na enquete serão abordados no próximo item.

6.3 Enquete (pesquisa de campo) sobre a aceitação popular do bambu

Para contribuir com outros pontos de vista, também foram escolhidos diferentes grupos sociais, conhecedores e não conhecedores das técnicas do uso do bambu para a construção de moradias, a fim de colher as opiniões da população sobre o uso do bambu na construção de moradias em Maceió, fornecendo instrumentos para avaliar o processo de inserção deste método construtivo.

Foram aplicados questionários em cerca de 3 grupos sociais distintos. Esta classificação foi prevista anteriormente à aplicação do mesmo, para garantir uma diversidade de respostas e a obtenção de dados proporcionais aos grupos sociais que se queriam analisar. São eles:

Grupo A – 11 alunos da Universidade Federal de Alagoas, do curso de Arquitetura e Urbanismo, escolhidos por ter conhecimento de técnicas construtivas e da necessidade constante de pesquisas sobre o tema da habitação e das tecnologias construtivas.

Grupo B – 12 transeuntes abordados no Centro de Maceió, subentendendo-se que sejam leigos no tema a serem questionados, contribuindo com respostas mais imparciais.

Grupo C – 12 pessoas que moram no bairro de Padre Pinho, constituindo o único grupo de entrevistados que acompanhou, na proximidade de suas casas, a

construção do primeiro protótipo de casa em bambu e a inserção no bairro de uma família beneficiada com a doação desta casa modelo.

O questionário elaborado para esta enquete segue abaixo discriminado (Quadro 2).

Quadro 2 : Questionário utilizado para a enquete

| QUESTIONÁRIO | | |
|--|---|------------------------|
| Local: | Data: | No.: |
| 1. Dados pessoais do entrevistado: | | |
| Nome: | Até que série estudou? | |
| Idade: | Trabalha? Em quê? | |
| Sexo: | Bairro onde mora: | |
| 2. Qual é o principal significado de casa para você? | | |
| | Abrigo | Um bem para vender |
| | Proteção pessoal | Segurança para família |
| | Lugar de descanso | Lugar para morar |
| | Outro: | |
| 3. Você possui casa própria? | | |
| | Sim | |
| | Não | |
| 4. Você pretende comprar uma casa própria? | | |
| | Sim | |
| | Não | |
| 5. Você sabe o que é bambu? | | |
| | Sim | |
| | Não | |
| 6. Você já viu ou ouviu falar que é possível construir casas com bambu? | | |
| | Sim | Onde? |
| | Não | |
| 7. Você moraria numa casa de bambu? | | |
| | Sim | Porquê? |
| | Não | |
| 8. Escolha uma ou mais alternativas (O entrevistador lê para o entrevistado, as alternativas propostas): Você moraria numa casa de bambu se: | | |
| | Se ela fosse mais barata que outras casas construídas com alvenaria | |
| | Se ela custasse um preço igual ao de uma casa de alvenaria | |
| | Se ela fosse uma casa de veraneio (sua 2.a casa) | |
| | Se ela fosse emprestada a você | |
| | Somente se a casa de bambu fosse de graça | |
| | Outro: | |

9. (Neste momento o entrevistador mostra ao entrevistado 10 imagens de casas, sendo 5 delas construídas em bambu e as outras 5 construídas em alvenaria). Escolha 5 casas de sua preferência:

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|

Porquê você gostou mais desta casa?

10. Qual é a sua opinião sobre o uso do bambu para a construção de moradias?

Positiva:

Negativa:]

(Classificação para o entrevistador: a- bonito, b- confiável, c-surpreendente, d- ruim, e- duvidoso, f- modismo, g- outro).

11. Você tem interesse em conhecer mais sobre o bambu?

| | | |
|--|-----|---------|
| | Sim | Porquê? |
| | Não | |

(Classificação para o entrevistador: a- bonito, b- confiável, c-surpreendente, d- ruim, e- duvidoso, f- modismo, g- outro).

As imagens utilizadas na questão 9 do questionário acima são:



Legenda:

1 – Sobrado em Alvenaria. (Fonte: Revista Arquitetura & Construção. Ed. Abril, janeiro/2001)

2 – Casa em Alvenaria. (Fonte: Revista Casa Cláudia. Ed. Abril, outubro 1980)



3 – Casa em alvenaria. (Fonte: Revista Arquitetura&Construção. Ed. Abril, março/2002)

4 – Casa em alvenaria. (Fonte: Revista Arquitetura & Construção. Ed. Abril, março/2002).



5 – Casa em alvenaria.(Fonte: Revista Casa Cláudia. Ed. Abril, outubro 1980).

6 – Casa em bambu. (Fonte: www.bambubrasileiro.com, visitado em 01 de maio de 2004).



7 – Casa em bambu. (Fonte: www.marcelovilegas.com, visitado em 01 de maio de 2004).

8 – Casa em bambu. (Fonte: www.marcelovilegas.com, visitado em 01 de maio de 2004).



9 – Casa em bambu. (Fonte: www.marcelovilegas.com, visitado em 01 de maio de 2004).

10 – Casa em bambu. (Fonte: www.bambubrasileiro.com, visitado em 01 de maio de 2004)

6.4 Análise dos dados da enquete

Dados do grupo A: 11 alunos de Arquitetura e Urbanismo da UFAL

- 5 entrevistados responderam que o significado de casa estaria relacionado a abrigo, enquanto que 6 entrevistados responderam que o significado subjetivo de casa estaria primeiramente relacionado com o simples lugar de morar. Pode-se entender que estas pessoas detêm um referencial científico e acadêmico forte, relegando a relação entre casa e família e entre casa e poder econômico;
- 7 entrevistados possuem casa própria e somente 3 deles não possuem. O que denota o poder aquisitivo deste grupo social, ou de suas famílias, pois a grande maioria deles ainda reside com seus pais.
- Todos os entrevistados conhecem o bambu e sabem que é possível construir casas com este material. Este fato mostra o grau de conhecimento destas pessoas quanto a um material construtivo, comum entre os estudantes de arquitetura. Entretanto nenhum deles apresentou um conhecimento aprofundado no tema.

- 5 entrevistados responderam que morariam numa casa de bambu e 6 deles responderam que não. As justificativas foram diversas, entretanto observou-se que a maioria delas remeteram ao desconhecimento técnico desta tecnologia e a falta de segurança para aprová-la. Também foram citados os aspectos: estética e rusticidade desagradáveis.
- Em contrapartida, 7 entrevistados responderam que morariam numa casa de bambu se esta fosse uma segunda casa, de praia ou de campo. Isto mostra que os entrevistados consideram o bambu um material inadequado para ser utilizado em meio urbano, podendo gerar desconforto ou insegurança ao morador. 2 deles morariam numa casa de bambu se esta fosse uma doação, 1 deles também disseram que morariam se ela fosse mais barata que a mesma casa construída com alvenaria e 1 outro entrevistado respondeu que morariam sem problema numa casa de bambu.
- As figuras de casas mais votadas foram as de número 3, 4 e 5 (em alvenaria), com 7 votos para cada uma delas. As casas de bambu mais votadas foram as de número 6 e 9, com 5 votos cada uma delas. O aspecto que mais chamou a atenção dos entrevistados foi o caráter estético, a forma plástica e a criatividade de formas das casas citadas. De modo geral as casas mais votadas foram aquelas construídas em alvenaria.
- Os entrevistados demonstraram opinião positiva e também negativa sobre o uso do bambu na construção civil. Os aspectos positivos das construções em bambu mais citados foram a estética, a beleza e a volumetria das fachadas. Os aspectos negativos relatados foram o pouco conhecimento sobre o bambu, quanto a segurança e durabilidade das construções.

Dados do grupo B: 12 transeuntes do Centro de Maceió

- 4 entrevistados responderam que o significado de casa estaria relacionado a segurança para suas famílias, enquanto que 3 entrevistados responderam que o significado subjetivo de casa estaria primeiramente relacionado com o simples lugar de morar, 2 deles responderam que o significado de casa está relacionado com proteção pessoal, outros 2 escolheram a alternativa *um bem para vender*. Pode-se entender que estas pessoas valorizam principalmente a

relação entre casa e família, também entre casa e poder econômico e por fim a casa como segurança e proteção pessoal.

- 5 entrevistados possuem casa própria e 7 deles não possuem. Destes que não possuem, todos desejam adquirir uma.
- 7 entrevistados sabem o que é bambu, entretanto somente 2 deles sabem que é possível construir casas com este material. Este fato mostra que o uso do bambu ainda não é bem conhecido pela população leiga em arquitetura e construção civil. A maioria das respostas foi de surpresa com relação a esta finalidade do bambu e também de falta de segurança no tema.
- Somente 3 entrevistados responderam que morariam numa casa de bambu e 9 deles respondera que não. As justificativas foram, na maioria delas, quanto ao desconhecimento técnico deste método construtivo e a falta de segurança em aprová-lo.
- 5 entrevistados responderam que morariam numa casa de bambu se esta fosse uma doação. 2 deles morariam numa casa de bambu se esta fosse uma segunda casa. Nenhum deles respondeu que compraria uma casa de bambu. E também nenhum deles moraria se ela fosse mais barata que a mesma casa construída com alvenaria.
- As figuras de casas mais votadas foram as de número 1, 3 e 4 (em alvenaria), com 6 votos para cada uma delas. A única casa de bambu votada foi a de número 6 com 4 votos. O aspecto que mais chamou a atenção dos entrevistados foi a beleza das casas citadas. De modo geral as casas mais votadas foram aquelas construídas em alvenaria.
- 7 entrevistados demonstraram opinião positiva sobre o uso do bambu na construção civil, principalmente para quem não tem população de baixa renda. 5 entrevistados apresentaram opinião negativa sobre o uso do bambu na construção civil. Sendo que nenhum apresentou as duas opiniões. Os aspectos positivos das construções em bambu mais citados foram a criatividade e a possibilidade de proporcionar moradia a população carente. Os aspectos negativos relatados foram de desconhecimento sobre o uso do bambu.

Dados do grupo C: 12 moradores de Padre Pinho

- 6 entrevistados responderam que o significado de casa estaria relacionado à segurança familiar, 4 entrevistados disseram que a casa está mais relacionada à proteção pessoal e somente 3 deles afirmaram que a casa está relacionada a abrigo. Observa-se que estas pessoas demonstram necessitar de segurança para si e para os seus entes próximos.
- 7 entrevistados possuem casa própria e 5 deles não possuem. Dentre os que disseram morar em casa própria, na verdade moram em casas cedidas pela Arquidiocese de Maceió a suas famílias, sem data para devolução, O que denota o baixo poder aquisitivo deste grupo social.
- 10 entrevistados conhecem o bambu e sabem que é possível construir casas com este material. Isto mostra que a construção do protótipo em bambu nesta localidade gerou o interesse da maioria das pessoas. Entretanto nenhum deles apresentou um conhecimento aprofundado no tema.
- **10 entrevistados responderam que morariam numa casa de bambu e somente 2 deles respondera que não. As justificativas apontaram para que embora não conheçam a fundo esta técnica, estas pessoas acompanharam a construção e aprovaram o edifício. Acham a casa de bambu de Padre Pinho bonita, grande e segura.**
- **3 entrevistados responderam que comprariam uma casa de bambu se esta fosse mais barata que a mesma casa construída em alvenaria. 6 deles gostariam de ter uma casa de bambu se ela fosse uma doação. Nenhum deles respondeu sobre ter uma segunda casa construída em bambu. Estas respostas demonstram a necessidade de moradias de melhor qualidade para este grupo de pessoas de baixa renda.**
- As figuras de casas mais votadas foram as de número 4 e 5 (em alvenaria), com 7 votos para cada uma delas. As casas de bambu mais votadas foram as de número 6 e 10, com 7 votos para a casa 6 e 9 votos para a casa 10, ressaltando que a casa 10 é aquela construída nesta localidade. Isto mostra que a comunidade se identificou com a casa construída no local. O aspecto que mais chamou a atenção dos entrevistados foi a beleza das casas citadas. Neste grupo, as casas mais votadas foram as em bambu, sendo a casa 10 a de

maior preferência dos entrevistados, apontando para uma possível identificação visual, pelo reconhecimento deste edifício no contexto local.

- 10 entrevistados demonstraram opinião positiva sobre o uso do bambu na construção civil, pois acreditam que uma casa de bambu transmite segurança que eles necessitam. 2 entrevistados apontaram aspectos negativos, pois não gostaram do exemplar construído nesta localidade.

Resultados finais:

- 11 pessoas do total de entrevistados acreditam que a casa representa a segurança de suas famílias, logo em seguida, 10 entrevistados acreditam que a casa é simplesmente um lugar para morar, 8 opinaram que a casa seria um abrigo, 6 acreditam que a casa é uma proteção pessoal e por fim, cerca de 4 acham que a casa é um bem para venda. De modo geral, as respostas apontam que a casa esta muito ligada à relação familiar que se desenrola em seu interior.
- 12 pessoas entrevistadas possuem casa própria. 10 não possuem e 13 moram em casas emprestadas, ou cedidas. Estas respostas mostram que ainda são muitas pessoas que necessitam de segurança, o que se traduz em casa própria, principalmente para população mais pobre.
- 27 entrevistados conhecem o bambu e 21 pessoas disseram que sabem que se pode construir casas em bambu, porque já viram uma, ou já estudaram este tema na universidade ou viram reportagens na tv, ou leram em revistas. Todas as pessoas entrevistadas demonstraram pouco conhecimento sobre o uso do bambu para construção de moradias, o que apóia a falta de confiança que estas pessoas depositam nesta tecnologia construtiva.
- **12 deles apontaram que morariam numa casa de bambu se ela fosse uma doação, 13 responderam que morariam numa casa de bambu se ela fosse uma segunda casa e 10 deles responderam que morariam se a casa em bambu fosse mais barata que a mesma casa construída em alvenaria. Estes dados demonstram a necessidade de moradia da maioria da população, uma significativa preocupação com o valor do imóvel e a intenção de ter uma casa de bambu, somente como segunda alternativa.**

- 27 pessoas opinaram positivamente quanto ao uso do bambu na construção civil, principalmente para construção de casas populares para população de baixa renda. Somente 8 entrevistados opinaram negativamente ao uso do bambu para este fim, justificando que não conhecem com afinco este material, por isso não confiam no uso do bambu para construção de casas.
- Do total de entrevistados, 30 demonstraram interesse em conhecer mais sobre o bambu, suas utilidades e produtos que podem ser confeccionados a partir do bambu como matéria-prima.

Conclusão

A forma inadequada como o ser humano se relaciona com o meio que o rodeia está patente nas cidades onde vivemos, produzindo demasiados resíduos e poluição, consumindo recursos naturais em excesso, e criando situações de exclusão e segregação social. No habitat urbano, a maioria dos edifícios são geralmente grandes fontes de consumo e desperdício de recursos naturais – matéria-prima, água e energia.

Os edifícios consomem cerca de metade da energia produzida no planeta, aspecto de fundamental importância para as estratégias do desenvolvimento sustentável, pois, a energia representa o principal requisito para as necessidades básicas humanas, é o motor chave do crescimento macroeconômico e o seu consumo constitui a maior fonte de tensão ambiental.

Concordando com Rogers & Gumuchdjian (2001) quando expressam que as construções deveriam inspirar nas cidades um maior respeito aos aspectos favoráveis da natureza, ainda existentes. Nossa necessidade atual por atitudes mais sustentáveis oferece oportunidade de repensarmos a ambição desenvolvimentista exploradora, revertendo o quadro urbano em novas ordens espaciais e estéticas, menos agressivas ao meio natural.

A arquitetura não deveria ser prisioneira de valores plásticos e formais, frutos de uma globalização de valores padronizados. Esses valores descontextualizados e dissociados da função podem conduzi-la à inadequação ambiental. Os paradigmas de desenvolvimento, os padrões de consumo e os conceitos de conforto e segurança necessitam ser revistos, na direção de um maior grau de sustentabilidade, dos recursos naturais. A tecnologia tem capacidade para a resolução dos problemas, mas, aplicada acriticamente e ignorando técnicas comprovadamente eficientes, leva os espaços construídos à insustentabilidade espacial e ambiental. A inovação tecnológica precisa ser aplicada de maneira consciente, sempre associada ao processo criativo da arquitetura, buscando novas maneiras de resolver velhos problemas, com o objetivo de reduzir os custos de funcionamento e os impactos ambientais gerados pelos edifícios.

Reafirmando aqui, o que Barros & De Souza (2004 e 2005) defendem: a necessidade de procurar materiais e tecnologias alternativas que promovam um melhor desempenho do setor da construção civil e minimizem os problemas ecológicos gerados pela atual falta de políticas habitacionais preocupadas com as questões ambientais na agenda da produção de construções, principalmente de moradias.

O mercado necessita de novos produtos, cada vez mais criativos e originais. A Zona da Mata possui matérias-primas suficientes para explorar, de modo sustentável e lucrativo gerando benefícios para as comunidades locais. Os chamados materiais não convencionais são bens auto-sustentáveis, de baixo custo e fácil obtenção, a exemplo das fibras de coco, do sisal, da palha e do bambu.

A tecnologia do uso do bambu não pretende substituir ou excluir modos construtivos atuais. Mas, se coloca como uma alternativa para aqueles que pretendem trilhar por caminhos mais conscientes, do ponto de vista ambiental, podendo trazer soluções para problemas de falta de moradias para camadas mais carentes da população, além de novos resultados plásticos nas edificações locais, caso se enxergue o potencial plástico-espacial deste material de grande versatilidade.

Ressaltando os pontos mais fortes do bambu: a sua resistência mecânica, a sua rapidez de cultivo e reflorestamento, além do baixo custo de produção; para estar mais bem inserido num contexto de sustentabilidade espacial, ainda se faz necessário vencer pontos negativos estrategicamente definidos na Seção 6. Estes pontos seriam principalmente reduzir impactos ambientais decorrentes de tratamentos químicos para sua conservação a intempéries e vencer barreiras culturais para ganhar espaço entre outras tecnologias construtivas mais utilizadas pela população local.

Foi nesse sentido, que esta dissertação procurou apresentar o potencial construtivo do bambu, com o objetivo de demonstrar uma nova forma, dentre outras já existentes, de obter uma boa produtividade a partir de materiais de baixo impacto ambiental. Também objetivando estimular a construção de espaços arquitetônicos mais coerentes com a intenção global de preservação de recursos energéticos e naturais.

Referências

- ACSELRAD, H. (org.). **A duração das cidades: sustentabilidade e risco nas políticas urbanas**. Rio de Janeiro: DP&A, 2001. 240 p.
- ADAM, R. S. **Princípios do Ecoedifício: Interação entre Ecologia, Consciência e Edifício**. São Paulo: Aquariana, 2001.
- ADAMS, C. **Bamboo Architecture and Construction with Oscar Hidalgo**. In: DESIGNER/builder magazine. New Mexico, September, 1997.
- AFGAN, N. H. et al., **Sustainable energy development**, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Pergamon, vol2 p. 235-286, 1998.
- AITH, F & TRAJANO, A. **Habitat II – O futuro das cidades**. ANSUR, s.e, s.d.
- ALVA, E. N. **Metrópoles (In)sustentáveis**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1997.
- ANAIS do 61º. SOEAA, 5º. CNP, Semana Oficial de Engenharia, da Arquitetura e da Agronomia – Congresso Nacional dos Profissionais. **Exercício profissional e cidades sustentáveis**. São Luis, Maranhão: CONFEA. 30 de novembro a 04 de dezembro de 2004. 184p.
- ANINK, D., BOONSTRA, C., MAK, J. **Handbook of sustainable building: An environmental preference method for selection of materials for use in construction and refurbishment**. London: James & James Ltda. 1996, 175p.
- BANERJEE, S. B. Quem sustenta o desenvolvimento de quem? O Desenvolvimento Sustentável e a reinvenção da natureza. In: FERNANDES, M.; GUERRA, L. (org). **Contra-Discursos do Desenvolvimento Sustentável**. Belém: UNAMA, 2003.
- BARROS, B. R.; DE SOUZA, F. A. M. Bambu: Alternativa construtiva de baixo impacto ambiental. In: X Encontro Nacional de Tecnologias do Ambiente Construído – ENTAC'04 e I Conferência Latino-Americana de Construções Sustentáveis – Clacs' 04. São Paulo, 2004.
- BARROS, B. R.; DE SOUZA, F. A. M. **Projeto de painéis modulados com bambu para a utilização em habitações populares**. In: Anais da Conferência Brasileira de Materiais e Tecnologias Não-convencionais: habitações e Infra-estrutura de Interesse Social. Brasil/ NOCMAT 2004. São Paulo, 2004.
- BARROS, B. R.; DE SOUZA, F. A. M. **Uso do bambu na construção civil: Desenvolvimento de um sistema modular para habitação de baixa renda**. In: Anais do VIII Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído – ENCAC 2005 e IV Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído – ELACAC 2005. Maceió, 2005.
- BARROS, B. R.; DE SOUZA, F. A. M. **Alternativas de cobertas modulares de bambu para habitações populares**. In: Anais da Conferência Interamericana sobre Materiais e Tecnologias Não-Convencionais na Construção Ecológica e Sustentável – IAC-NOCMAT 2005. Rio de Janeiro, 2005.

BARROS, B. R.; DE SOUZA, F. A. M. **Aplicabilidade de painéis modulados de bambu na concepção de arranjos espaciais para habitações de baixa renda.** In: Anais da Conferência Interamericana sobre Materiais e tecnologias Não-Convencionais na Construção Ecológica e Sustentável – IAC-NOCMAT 2005. Rio de Janeiro, 2005.

BEHLING, S.; BEHLING, S.. **Sol Power, The evolution of solar architecture.** 1th ed. Munich – NY: Prestel – Verlag, 1996.

BERALDO, A L. & ZOULALIAN, A. **Bambu-material alternativo para construções rurais.** In: Anais do V Encontro Brasileiro de Madeiras e Estruturas de Madeira – EBRAMEM. Belo Horizonte, 1995.

BITTENCOURT, L.; CÂNDIDO, C. **Introdução à Ventilação Natural.** Maceió: Edufal, 2005.

BITTENCOURT, Leonardo. **Uso das cartas solares: diretrizes para arquitetos.** Maceió: Edufal, 2000.

BITTENCOURT, Leonardo. **Ventilation as a Cooling Resource for Warm-Humid Climates: Na Investigation on Perforated Blocks Wall Geometry to Improve Ventilation Inside Low-Rise Buildings,** tese de Doutorado apresentada à Architectural Assotiation Graduate School Environment and Energy Studies Programme, Londres, 1993.

BONDUKI, A.(org). **Habitat: as práticas bem sucedidas em habitação, meio ambiente e gestão urbana nas cidades brasileiras.** 2ª. Ed. São Paulo: Studio Nobel, 1997. 268p.

BOUCHEZ, G.. Prior Assessment of High Environmental Quality Projects. In: EMERY, Marc. **Appropriate Sustainabilities: New Ways in French Architecture.** (Transl. from french into engl.: Gerald B. Binding). Basel; Boston; Berlin; Birkaüser. 2002.

BRANDÃO, L. L. **A casa subjetiva.** Série Estudos. São Paulo: Perspectiva, 2002.

CALDAS, S. A. **Espaço construído no semi-árido alagoano: Sustentabilidade e preservação Ambiental em Modelos Residenciais.** Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA/ UFAL). Maceió: PRODEMA, 2002.

CARDOSO JR., R., SARTORI, E.M., GONÇALVES, F.V., FERNANDES, S.M. Bamboo – A viable alternative for popular housing. In: **Revista Ensaios e Ciência,** v.3, n.1. Campo Grande: INUDERP, 1998, 196p., 179-192pp.

CAVALCANTE, E. G. **Sustentabilidade do Desenvolvimento – Fundamentos teóricos e metodológicos do novo paradigma.** Recife: ed.Universitária da UFPE, 1998.

CHWIEDUK, D. **Towards sustainable-energy buildings,** *Applied Energy.* Elsevier, vol 76, p.221-217. 2003.

Cities in a globalizing world: global report on human settlements. UNITED NATIONS CENTRE FOR HUMAN SETTLEMENT (HABITAT). London, United Kingdom: Earthscan Publications Ltd. 346p.

CRUZ, A. M.; MENDES, M. T. R. **Trabalhos acadêmicos, dissertações e teses: estrutura e apresentação (NBR 14724/2002).** 2ª. Ed. Niterói: Intertexto, 2004.

DIACON, D. **Housing the homeless in Ecuador – Dando casas a los sin techo del Ecuador.** Leicestershire, UK: Building and Social Foundation, 1998.

DINCER, Ibrahim; ROSEN, Marc. **A worldwide perspective on energy, Environment and Sustainable Development.** International Journal of Energy Research, Int. J. Energy Res. Vol 22, 1998, 1305-1321 pp.

DINCER, Ibrahim; ROSEN, Marc. **Energy, Environment and Sustainable Development.** Elsevier: Applied Energy. Vol 64, 1999, 427-440 pp.

DINCER, Ibrahim; ROSEN, Marc. **Environmental impacts of energy.** Energy Policy, Elsevier, vol 27, 845-854 pp., 1999.

FERREIRA, A. B. de H. **Minidicionário Século XX: o minidicionário da língua portuguesa.** Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2000.

FRANÇA, A. M. **O uso do bambu em casas populares.** Goiânia: Universidade Católica de Goiás, Depto. De Artes e Arquitetura, 1995.

FROTA, A. B., e SHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico.** São Paulo: Studio Nobel, 2ª. ed., 1995.

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. Estruturas de concreto armadas com bambu. In: **Colóquio sobre Estruturas de Concreto Armado e protendido, v.1.** Rio de Janeiro: PUC-Rio, 1990, 149-175pp.

GISSIN, D. (org). **Big & Green: Towards Sustainable Architecture in the 21st Century.** Princeton Architectural Press, 2002.

GOLDEMBERG, J.; JOHANSSON, T.B. Energy as an instrument for socioeconomic development. In: JOHANSSON, T.B. and GOLDEMBERG, J. **Energy for Sustainable Development: A Policy Agenda.** New York: United Nations Programme, 1995, 9-17 pp.

GORDON, H. Sustainable Design Goes Mainstream, In: BROWN, D. E.; FOX, M.; PELLETIER, M. R., **Sustainable Architecture White Papers,** New York, Earth Pledge Foundation, 2000.

GOULART, S. V. G.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. **Dados Climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras.** Florianópolis: ECV – CTC – UFC, 1997.

HALFELD, F. B., ROSSI, A. M. G. **A sustentabilidade aplicada a projetos de moradia através do conceito de habitabilidade.** In: Anais do NUTAU 2002.

HERTZ, J. **Ecotécnicas em Arquitetura: como projetar nos trópicos úmidos do Brasil.** São Paulo: Pioneira, 1998.

JANSSEN, JULES J. A. **Building with bamboo. A handbook.** 2nd edition, London, UK: ITPG Publishing, 2000,66p.

LAMBERTS, R., DUTRA, L., PEREIRA, F.R. **Eficiência energética na Arquitetura.** São Paulo: PW Editores, 1997.

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

LÓPEZ, O. H. **Manual de Construcción com bambu. Costrucción rural – 1.** Bogotá, Colômbia: Estúdios Técnicos Colombianos Ltda, 1981.

MASCARÓ, J. L. **Infra-estrutura habitacional alternativa.** Porto Alegre: Sagra, 1991.

MASCARÓ, J. L.; MASCARÓ, L. **Incidência das variáveis projetivas e de construção no consumo energético dos edifícios.** Porto Alegre: Sagra do Luzzato Editores, 1992.

MASCARÓ, L. R. . **Energia na edificação: Estratégias para minimizar o seu consumo.** São Paulo: Bandeirantes, 1991.

MCDONOUGH, W.; BRAUGART, M. Eco-Effectiveness: A New Design Strategy, in: BROWN, D.; FOX, M.; PELLETIER, M. R.. **Sustainable Architecture White Papers.** New York, Earth Pledge Foundation, 2000.

MCLENNAN, J. F. Living Buildings. In: BROWN, D.; FOX, M.; PELLETIER, M. R.. **Sustainable Architecture White Papers.** New York, Earth Pledge Foundation, 2000.

MEIRIÑO, M. **Projeto arquitetônico deve incorporar elementos de eficiência energética.** Disponível em: <<http://www.arcoweb.com.br/debate/debate66.asp>>. Acesso em: 15 de setembro de 2005.

MONTEZUMA, R. **Arquitetura Brasil 500 anos – uma invenção recíproca.** Recife: Universidade Federal de Pernambuco. 2002.

MOTA, R. S. da. **Desafios ambientais da economia brasileira.** Rio de Janeiro: IPEA, 1997.

MULFARTH, R. C. K. **Arquitetura de baixo impacto humano e ambiental.** Tese de Doutorado apresentada à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Dezembro de 2002.

MUNASINGHE, M. **The sustainomics trans-disciplinary meta-framework for making development more sustainable: Applications to energy issues.** International Journal of Sustainable Development, vol 5, p.125-182, 2002.

NOOMAN, P.; VOGEL, J. High Performance Building and Affordable Housing. In: BROWN, D.; FOX, M.; PELLETIER, M. R.. **Sustainable Architecture White Papers.** New York, Earth Pledge Foundation, 2000.

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

OLGAY, V. **Arquitetura y clima – Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas.** Barcelona: Gustavo Gili, 2002.

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

PUBLICO. Relatório do WWF: **População mundial consome mais do que o planeta pode oferecer.** Disponível em: <http://www.publico.pt>, Acesso em 01 de setembro de 2005.

REDCLIFT, M. **Sustainable Development: Exploring the contradictions.** London and New York: Routledge, 1995.

RIST, G. **The history of Development: from Western Origins to Global Faith.** London: Zed Books, 1997.

RIVERO, R. **Arquitetura e clima: condicionamento térmico natural.** 2ª. Ed. Porto Alegre: D.C. Luzzato Editores, 1986.

ROGERS, R.; GUMUCHDJIAN, P. **Cidades para um pequeno planeta.** Barcelona: Gustavo Gili, 2001.

ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano.** São Paulo: Ed. Projeto, 1988.

SACHS, I. **Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável** (org. Paula Yone Stroh). Rio de Janeiro: Garamond, 2000.

SACHS, I. **Estratégias de transição para o século XXI: Desenvolvimento e meio ambiente.** São Paulo: Studio Nobel, 1993.

SALGADO, A. L. de B. **Instruções técnicas sobre o bambu.**In: *Boletim técnico n. 143.* Campinas: IAC, 1992.

SILVA, S. R. M. Proposição de princípios básicos para a sustentabilidade. Disponível em:<<http://www.ufscar.br/~ursus/projetos/sustentabilidade.htm>>. Acesso em: 20 de junho de 2004.

STEELE, J. **Sustainable Architecture: principles, paradigms and case studies.** McGrawHill, 1997.

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.

VÉLEZ, S. **Grow your own house**. Genève, Chatelaine: Vitra Design and ZERI Foundation. 2000, 256p.

VIEIRA, P. F., RIBEIRO, M. A., FRANCO, R. M., CORDEIRO, R. C. (org.). **Desenvolvimento e meio ambiente no Brasil: A contribuição de Ignacy Sachs**. Porto Alegre: Palotti; Florianópolis: APED, 1998.

VILLEGAS, M. New **Bamboo Architecture and Design**. Bogotá, Colombia: Villegas Editores, 2003, 207p.