

Avaliação do uso de bambu como material alternativo para a execução de habitação de interesse social

Evaluation of the use of bamboo as an alternative building material for the construction of social housing

Aline da Silva Ramos Barboza
João Carlos Cordeiro Barbirato
Marcelle Maria Correia Pais Silva

Resumo

O bambu vem sendo apontado como um material alternativo adequado para ser utilizado na construção de habitações de interesse social, em função do seu potencial de reduzir custos, oferecendo o mesmo nível de qualidade das tecnologias convencionais. Entretanto, ainda existe necessidade de estudos mais aprofundados sobre a sua utilização e posterior divulgação dos mesmos, visando a difundir suas possibilidades de utilização assim como suas limitações. O objetivo deste trabalho foi avaliar uma habitação de interesse social, construída na cidade de Maceió, AL, executada com a utilização do bambu em elementos de cobertura e de painéis de vedação, através da comparação da análise técnica e parâmetros de conforto ambiental à percepção dos usuários, diagnosticando aspectos construtivos, funcionais e de conforto ambiental. A metodologia envolveu uma pesquisa bibliográfica e também a participação na execução da habitação em estudo, desde a retirada dos bambus no local de plantio até a construção da unidade. Fez-se uma avaliação pós-ocupação da habitação, utilizando como instrumentos metodológicos entrevistas e questionários com o morador e com a comunidade circunvizinha. Observou-se que o bambu pode ser considerado uma alternativa viável para a habitação de interesse social no Brasil. A maior parte dos pontos negativos detectados diz respeito a problemas técnico-projetuais, que podem ser facilmente eliminados com pequenas intervenções. Para que se tenha um resultado positivo, incluindo a aceitação desse tipo de habitação por parte da população usuária, é importante a capacitação dos envolvidos em relação aos cuidados e à manutenção peculiares a este material alternativo.

Palavras-chave: Bambu. Habitação de interesse social. Avaliação pós-ocupação.

Abstract

Bamboo has been recommended as an alternative building material for the construction of social housing, as it presents the same quality as conventional materials and may potentially reduce building costs. However, further studies are needed on its potential uses and limitations. The aim of this study is to assess the use of bamboo in structural and roof elements, and in insulation panels of a low-cost house built in Maceió, Brazil. Technical analysis results and thermal comfort parameters were compared to the users' perceptions. The study also included a literature review, and the participation of the authors in the construction of house – from bamboo harvesting to actual construction works. A post-occupancy evaluation was carried out through interviews and questionnaires with the user and neighbours. It is suggested that bamboo can be considered as a suitable building material for social housing in Brazil. Most of the negative aspects are related to technical design problems, which can be easily solved applying minor interventions. Positive results, which include the acceptance of this type of building by the user population, require knowledge on care and maintenance, which are unique for this building material.

Keywords: Bamboo. Low-cost house. Post-occupancy evaluation.

Aline da Silva Ramos Barboza
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil
Universidade Federal de
Alagoas
Campus A. C. Simões, BR 104
norte, Km 14
Tabuleiro do Martins
Maceió - AL - Brasil
CEP 57072-970
Tel.: (82) 214-1296
Fax: (82) 214-1277
E-mail: alramos@ctec.ufal.br

João Carlos Cordeiro Barbirato
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil
Universidade Federal de
Alagoas
E-mail: jccb@ctec.ufal.br

Marcelle Maria Correia Pais Silva
Universidade Federal de
Alagoas
E-mail: marcellepais@yahoo.com.br

Recebido em 13/10/06
Aceito em 18/03/08

Introdução

A escassez de recursos públicos e o empobrecimento populacional vêm tornando cada vez mais complexo o problema do déficit habitacional do país. Nos tempos atuais, faz-se cada vez mais necessária a busca por novas alternativas no ramo da construção civil, principalmente quando o interesse está relacionado às unidades habitacionais de interesse social. Novos materiais vêm sendo estudados buscando utilização adequada, de forma a aproveitar todas as potencialidades disponíveis. Em países como Colômbia, Venezuela e China, o bambu vem sendo proposto como uma das alternativas viáveis para a construção civil. Atualmente, a China é o país que detém o maior conhecimento sobre a industrialização de painéis à base de bambu e a maior produção em volume desse material (GARBITO, 2002).

No Brasil, existem inúmeras espécies de bambu, atestadas por alguns pesquisadores (GHAVAMI; MARINHO, 2002) como material de grande potencial, baixo custo, fácil de ser trabalhado, caracterizando-se, portanto, como uma opção viável, além de se tratar de recurso auto-sustentável. Porém, os preconceitos a respeito da utilização desse material na construção civil existem e possuem origens culturais decorrentes, principalmente, do desconhecimento de tecnologia apropriada para o seu manuseio.

A partir de um projeto de habitação de interesse social desenvolvido pelo Eng.º Edson Sartori e pelo Arq. Rubens Cardoso, foi desenvolvido pelo Instituto do Bambu um projeto de integração para a construção do protótipo envolvendo a comunidade circunvizinha à área de implantação e alunos e professores da Universidade Federal de Alagoas. O projeto de integração previu a execução do protótipo em regime de mutirão, abrangendo todas as fases, desde a extração da matéria-prima até sua utilização, e em seguida haveria a doação dele a um membro da comunidade participante. A partir desse projeto, os autores do presente trabalho elaboraram um projeto de análise da habitação, o qual foi desenvolvido durante dois anos e dividido em duas etapas. Na primeira, teve-se como meta principal conhecer o novo material de construção, desde as suas características até as técnicas de plantio, manejo, tratamento e conservação, e, em seguida, foram conhecidos os métodos construtivos para sua utilização, com foco principal naqueles que seriam aplicados na construção do protótipo. Uma vez executado o protótipo e conseqüentemente disponibilizado para utilização pelo membro escolhido da comunidade participante, foi

elaborado um estudo de avaliação da habitação, o qual é objeto de detalhamento no presente trabalho.

O trabalho proposto realizou uma avaliação pós-ocupação na habitação supracitada, observando-se as duas principais questões desse tipo de estudo: o ambiente construído e o usuário.

Tal estudo apresentou-se de fundamental importância, pois, na prática, a qualidade dos empreendimentos desse tipo é medida por sua “eficiência econômica”, ou seja, em geral se adota a mesma solução projetual, visando a racionalização de recursos, independentemente das necessidades específicas de cada área de implantação. Sabe-se que a grande maioria dos empreendimentos habitacionais desse tipo apresenta espaços internos reduzidos e mal distribuídos, o que ocasiona um desempenho funcional insatisfatório (CORDEIRO; SILVEIRA, 2004). O estudo foi desenvolvido com a finalidade de não só averiguar o grau de satisfação do usuário com a habitação (em termos de projeto), mas também com relação ao grau de aceitação do morador com o novo material utilizado na edificação. Inicialmente foi feita uma análise projetual da habitação e, em seguida, foram realizadas entrevistas e aplicados questionários com o morador e com a comunidade circunvizinha à área de implantação da habitação.

Objetivo

O objetivo geral do trabalho foi avaliar a habitação de interesse social construída na cidade de Maceió, AL, executada com a utilização do bambu em elementos de cobertura e de painéis de vedação, através da comparação da análise técnica e parâmetros de conforto ambiental à percepção dos usuários, diagnosticando aspectos construtivos, funcionais e de conforto ambiental, e assim estabelecer recomendações específicas para projetos futuros. Mais especificamente foram definidos os seguintes objetivos:

- (a) adquirir conhecimento teórico sobre a matéria-prima (bambu), bem como sobre as técnicas construtivas utilizadas para sua aplicação;
- (b) participar do programa de integração para a execução da habitação, em todas as suas fases, fortalecendo o envolvimento da comunidade acadêmica com os nichos de necessidades da população carente – o contexto social aplicado ao binômio “teoria e prática”;

- (c) sistematizar os conhecimentos teóricos existentes sobre o bambu e a avaliação pós-ocupação;
- (d) unir as duas metodologias mais usadas na avaliação pós-ocupação (APO), que atualmente são realizadas separadamente: análise técnica e percepção dos usuários;
- (e) analisar os resultados obtidos com a percepção dos envolvidos na execução da habitação e compará-los com dados técnicos de projeto; e
- (f) elaborar recomendações de melhorias ao objeto de estudo.

Metodologia

O método de pesquisa foi subdividido nas etapas a seguir.

Revisão bibliográfica e levantamento de dados

Nessa primeira etapa foi realizada uma revisão bibliográfica sobre a matéria-prima estudada e sobre os procedimentos de APO.

Participação no programa de integração desenvolvido pelo Instituto do Bambu

Essa participação aconteceu em atividades orientadas, tais como: a extração do bambu no Parque Municipal de Maceió; acompanhamento de seu tratamento contra o ataque de insetos como a “broca do bambu”; participação na produção dos painéis de vedação; e escolha das varas utilizadas como pilares. Mediante essas atividades foi possível estabelecer uma relação entre a teoria que foi estudada e a prática obtida.

Análise projetual

Nessa etapa, desenvolveu-se uma avaliação técnico-funcional entre o projeto arquitetônico proposto e o construído, também com avaliação dos pesquisadores quanto ao desempenho funcional dos espaços resultantes: áreas mínimas, circulação interna, flexibilização dos espaços, potencial para mudanças e/ou ampliações. Nessa parte da avaliação foi utilizado o trabalho de Barbirato *et al.* (2004), elaborado na mesma habitação, onde foram vistas as condições térmicas no período de dezembro a janeiro, estação do verão, período que causa maiores desconfortos térmicos nas regiões de clima quente-úmido. O referido trabalho foi adotado para a realização de um comparativo entre o resultado obtido com a aplicação dos questionários e a avaliação técnica,

tendo assim duas formas de avaliação quanto ao conforto térmico.

Coleta de dados

De acordo com a literatura, para a realização do estudo de APO, a amostragem quantitativa é importante para a obtenção de melhores resultados comparativos. Porém, como este trabalho foi realizado em uma única unidade habitacional, por ser a pioneira na utilização do material alternativo de construção, bambu, a metodologia indicada necessitou de adequações para a utilização dos métodos aplicados atualmente.

Para a realização da coleta de dados, foi previsto um questionário elaborado de acordo com o modelo fornecido por Ornstein (1992) e aplicado junto à comunidade envolvida no projeto de integração. Essa comunidade era representada por 10 famílias habitantes da região de implantação da edificação. Apesar de não representar o universo amostral protocolar, constitui-se em amostra qualificada para o processo, por ter participado integralmente de todo o projeto.

Juntamente com a aplicação dos questionários foram realizadas entrevistas informais com a população local e com a usuária da habitação, que serviram como acréscimos às informações obtidas. Com base nos questionários aplicados e nas entrevistas realizadas, foram obtidas as primeiras conclusões sobre a satisfação da usuária, que reside com quatro crianças na habitação de interesse social; também obteve-se o ponto de vista da comunidade circunvizinha, além de fazer-se um comparativo entre as respostas da usuária e os pontos de vista do arquiteto Rubens Cardoso, responsável pelo projeto da habitação.

Outro ponto considerado foi a adição das impressões obtidas pelos autores deste trabalho, ao término de cada questionário e entrevista, por terem participado desde o início do processo construtivo, o que facilitou o entendimento dos problemas, mesmo quando não percebidos pelos usuários.

Análise dos dados obtidos

A avaliação global da edificação foi feita através de uma combinação da avaliação técnica e do ponto de vista dos usuários, seguindo a ordem estabelecida por Ornstein (1992): identificação do estudo de caso; coleta de dados; organização das informações; e análises e alternativas de soluções.

Alternativas de solução aos problemas detectados

Com o estudo realizado, foi possível detectar alguns problemas e propor alternativas que venham a solucionar tais problemas em projetos semelhantes no futuro.

A matéria-prima: bambu

Há milhares de anos o bambu vem sendo utilizado e é caracterizado como uma das matérias-primas mais importantes para países em vias de desenvolvimento, por ser facilmente encontrado, com produção de baixo custo, e por poder ser utilizado em grande quantidade. Nesse aspecto, aplicando-o à habitação, estaria sendo propiciado o barateamento do sistema pelo uso de material alternativo, com facilidade de obtenção, além de trilhar os caminhos da sustentabilidade.

A planta

O bambu é uma planta versátil e de grande utilidade, já que todas as suas partes podem ser utilizadas. De acordo com Moré (2002), como material de construção, o bambu reúne excepcionais características físicas e mecânicas, pois seus colmos são bastante resistentes aos esforços de compressão, o que permite uma grande variedade de usos em sistemas estruturais: pilares, vigas, painéis de vedação, esqueletos de estruturas, coberturas; ou como substituto da armadura em elementos estruturais de concreto armado. Possui ainda boa resistência ao tempo quando tratado de forma correta e apresenta grande deformação antes da ruptura. Por ser uma cultura renovável, o bambu tem despertado uma crescente curiosidade em todo o mundo, mas o conhecimento de suas propriedades e das possibilidades de utilização ainda não é amplamente difundido.

O bambu é uma planta da família *Gramineae* (a mesma da cana-de-açúcar e do trigo), herbáceas gigantes e lenhosas que se desenvolvem rapidamente. Está classificado como *Bambusea*. Encontra-se constituído por uma parte aérea (tronco ou caule da planta), chamada de colmo, e uma subterrânea, formada por rizoma e raiz. Há mais de 1.300 espécies distribuídas em cerca de 45 gêneros. O bambu pode ser encontrado em todos os continentes e nas mais diversas condições de clima e altitude, mas sua maior parte está na Ásia, de onde é originário, e na América; a Europa não tem espécies nativas.

As espécies nativas do Brasil são conhecidas por taquara, taboca, taboca-açu, taquaraçu, entre outras, conforme a região onde aparecem. Porém, aqui não são estas as mais utilizadas, e sim as

asiáticas trazidas pelos portugueses nos primórdios da colonização, pelos negros e pelos orientais. Estas se adaptaram perfeitamente ao nosso clima, disseminando-se por todo o país e chegando a ser confundidas com espécies nativas. As principais são: *Bambusa vulgaris* (bambu-verde), *Bambusa vulgaris* variedade *vittata* (bambu-imperial), *Bambusa tuldoides* (bambu-comum), *Dendrocalamus giganteus* (bambu-gigante) e alguns *Phyllostachys* denominados vulgarmente de bambu-chinês. Seu ciclo de vida está estimado entre 100 e 120 anos.

O colmo é a parte aérea que possui forma cilíndrica e que contém uma série de entrenós (ocos) separados de forma transversal por diafragmas, dos quais saem os ramos e a folhagem.

As partes do colmo são cavidade, diafragma, nó, ramo, internó e parede. Os colmos possuem diâmetro, altura, espessura da parede e forma de crescimentos distintos, de acordo com a espécie. Alguns colmos apresentam apenas alguns centímetro de altura e poucos milímetros de diâmetro, sendo usados de forma ornamental, mas outros podem chegar a 40 metros de altura e até a 30 centímetros de diâmetro.

Os colmos saem da terra com diâmetro e número de nós definidos e, em menos de um ano, atingem a altura máxima. Após o primeiro ano, os colmos vão amadurecendo, isto é, vão mudando suas características internas, tornando-se mais resistentes. As folhagens, que possuem formato triangular, caem do colmo quando o bambu está na altura máxima, dependendo da espécie; são chamadas de brácteas.

Deve-se executar o corte anualmente, colhendo-se os colmos maduros, retirando também os defeituosos e os que estão secando na moita. Segundo Lopez (1981), o aproveitamento do colmo de bambu, conforme sua idade, obedecerá aos seguintes prazos:

- (a) 30 dias: alimento, deformação artificial da seção (retangular; quadrada);
- (b) 6 meses a 1 ano: artesanato, cestaria;
- (c) 2 anos: esteira/parede; ripas; e
- (d) 3 anos: estruturas; laminado colado/piso.

As idades dos colmos são fáceis de ser avaliadas. Os colmos de até 1 ano não possuem folhas nem ramos e têm cor mais esverdeada. Possuem brácteas cobrindo os nós e uma pelagem cerosa nos internós. Os colmos mais velhos, entre 1 e 2 anos, possuem folhas, ramos e ramificações, e uma coloração pouco amarelada, podendo conter algumas brácteas. Os colmos com 3 ou mais anos

não apresentam mais brácteas e possuem manchas provocadas por fungos e musgos nos internós.

O bambu pode variar sua resistência mecânica de acordo com a espécie. A parte mais resistente dos colmos é a que fica mais próxima dos nós, e quanto mais espessa a parede do bambu, mais resistente ele é.

Classificação

O bambu dificilmente é classificado tendo por base suas características florais, uma vez que é uma planta de rara florescência. Ela chega a ocorrer em intervalos seculares e marca o fim do ciclo de vida de quase todas as espécies de bambus existentes no mundo.

Os bambus podem ser divididos, de acordo com a forma de desenvolvimento dos colmos, em bambu em touceira ou bambu alastrante. No primeiro grupo, formado basicamente por espécies tropicais, formam-se touceiras mais ou menos densas, com rizomas curtos, grossos e de crescimento limitado, que afloram a superfície para originar um novo colmo. No segundo grupo, de espécies de clima temperado, as plantas estendem-se lateralmente, com rapidez, graças ao desenvolvimento de rizomas compridos, delgados e de crescimento ilimitado.

Cada espécie tem peculiaridades que as tornam mais apropriadas para determinados fins (Quadro 1). Entretanto, a espécie existente em abundância na cidade de Maceió, AL, é a *Bambusa vulgaris*, por isso escolhida para a execução do protótipo de habitação, objeto de avaliação, como uma forma de aproveitar a matéria-prima local para a redução de custos. Tal alternativa visava também incorporar na comunidade o cultivo e o manejo da planta.

Cultivo e extração

O cultivo do bambu exige procedimentos simples, mas se deve ter o cuidado de não deixar as mudas muito próximas umas das outras. Desenvolve-se nos mais variados tipos de climas, e a chuva é importante, já que a umidade é fundamental para a planta. Produz bem em quase todos os tipos de solo, mas se devem evitar os ácidos, os argilosos e os sujeitos a encharcamentos. É uma cultura perene, sem replantio. A época para o plantio é a do início das chuvas.

A extração da vara de bambu deve ser realizada na estação seca do ano, pois os colmos estão com menor teor de água, tornando-se mais leves, o que facilita o transporte. Outro motivo de efetuar o corte na época seca é que os colmos possuem

menor quantidade de seiva, tornando-se menos vulneráveis ao ataque de fungos e insetos.

Depois do corte, que deve ser feito com serra apropriada, a uma altura de 0,15 cm a 0,30 cm do solo e acima do nó, o bambu necessita de alguns cuidados com a secagem, para reduzir as contrações e dilatações da madeira, evitando o aparecimento de rachaduras e fendas.

Tratamento

Para a preservação da vara de bambu deve ser feito um tratamento, o qual, de acordo com López (1981), pode ser natural ou químico, sendo o segundo tipo mais eficaz. O tratamento químico pode fazer com que uma construção de bambu dure em torno de 15 anos. Os métodos naturais de tratamento são:

- (a) cura na mata: após o corte, o bambu é posto na moita, na posição vertical, com as ramas e folhas sem contato com o piso por uns 30 dias. Esse método aumenta a resistência contra as brocas, mas não contra fungos e cupins;
- (b) cura pelo fogo: os colmos são submetidos ao calor do fogo, usando-se normalmente o maçarico para esse processo; e
- (c) cura pela água: consiste em deixar os colmos submersos em água por várias semanas para melhorar a resistência contra insetos e fungos.

Apesar de serem mais eficazes, os métodos químicos requerem maiores cuidados em seu manuseio, aplicação e descarte dos materiais utilizados, já que se trata de substâncias que podem contaminar o meio ambiente. Alguns produtos utilizados no tratamento químico são Pentox, Bórax e CCB (Cu-Cr-B). Alguns dos métodos de tratamento químico são:

- (a) método “Boucherie” modificado: método também usado no tratamento da madeira. A seiva é retirada do colmo por pressão e no seu lugar é inserido um produto químico;
- (b) método da transpiração radial: o método consiste em colocar os colmos de bambu na posição vertical, sobre um tambor preenchido com um produto químico de preservação, o qual é aquecido e se transforma em vapor; e
- (c) tratamento por imersão: os bambus são imersos em um tanque com uma substância química por um período de 12 horas.

As varas de bambu utilizadas na execução do protótipo foram tratadas com um veneno natural denominado NIM, objeto de estudo de outra pesquisa do Instituto de Química da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), a qual fazia parte do

projeto de integração, no próprio Parque Municipal de Maceió, onde se localizava a área de plantio. No processo de extração, antes do corte, os bambus eram amarrados de forma que, após sua extração, as varas não tivessem qualquer contato com o chão (Figura 1), colocando-se em seguida suas bases em um saco plástico preenchido com o veneno (Figura 2). As varas eram deixadas na posição vertical por 37 dias para que o veneno penetrasse em todo o colmo. Vale ressaltar que foram selecionadas apenas as varas com mais de três anos de idade por já estarem maduras, sendo essa característica percebida pela ausência das brácteas e presença de fungos ao longo das mesmas, como mostra a Figura 1.

Diante da falta de literatura específica que abordasse as características físicas e mecânicas do bambu encontrado na cidade de Maceió, constatou-se a necessidade de se realizarem ensaios laboratoriais que pudessem fornecer tais propriedades. A partir de uma caracterização dimensional das amostras, chegou-se a um diâmetro médio igual a 10 cm e espessura média

de parede igual a 1 cm. Considerando que as varas de bambu seriam usadas como pilares, a avaliação de instabilidade local dos elementos foi desenvolvida aplicando-se os critérios de dimensionamento da NBR 7190 (ABNT, 1997) e o embutimento parcial deles nos painéis de vedação.

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Estruturas e Materiais do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas utilizando-se uma máquina universal de ensaios A. J. AMSLER, com capacidade máxima de 200 tf. Na ausência de norma que regulamenta os procedimentos de ensaios para o bambu, foram adotados os mesmos critérios usados para madeiras, de acordo com a NBR 7190 (ABNT, 1997). Nos ensaios de corpos-de-prova que apresentavam diâmetro maior do que o diâmetro do atuador da prensa, foi utilizada uma chapa de aço posicionada na superfície superior da amostra para a distribuição da carga aplicada. Os corpos-de-prova utilizados nesses ensaios obedeceram à relação altura/diâmetro igual a 1. A Tabela 1 mostra os valores das resistências à compressão encontradas nos ensaios.

Tipo de Aplicação	Espécie
Alimentação	<i>Phyllostachys sp.</i> , <i>Den-drocalamus sp.</i> , <i>Bambusa sp.</i>
Álcool	<i>B. vulgaris</i> , <i>Guadua flabelata</i> , <i>B. vulgaris var. vittata</i>
Construção	<i>Phyllostachys sp.</i> , <i>Guadua sp.</i> , <i>B. tuldoidea</i> , <i>D. giganteus</i>
Celulose	<i>Bambusa vulgaris</i> , <i>Phyllostachys bambusoides</i> , <i>Dendrocalamus giganteus</i>
Ornamental	<i>B. gracilis</i> , <i>P. Nigra</i> , <i>P. purpurata</i> , <i>Thyrsostachys siamensis</i>
	<i>Arundinaria amabilis</i> , <i>Arundinaria sp.</i>

Quadro 1 - Tipos de aplicação de algumas espécies de bambu



Figura 1 - Amarração do bambu na hora do corte para não haver contato da vara com o solo



Figura 2 – Varas na posição vertical com saco plástico em sua base contendo veneno natural NIM

Parte do colmo	Vara	Tensão de ruptura (MPa)	Desvio padrão	Resist. característica f_{wk} (MPa)	Resist. de cálculo f_{wd} (MPa)
Basal sem nó	1	67	7	47	27
	2	34	4	24	14
	3	66	4	47	27
Basal com nó	2	35	0,0	25	14
	5	80	-	56	32
Intermediária sem nó	2	51	3	36	20
	3	57	4	40	23
	5	47	-	33	19
Intermediária com nó	2	51		36	20
	3	57	3	40	23
	5	43	-	30	17
Topo sem nó	1	68	-	47	27
	2	48	1	34	19
	3	52	1	36	21
Topo com nó	2	54	2	38	22
	3	53	3	37	21
	5	49	-	34	20

Tabela 1 - Valores das resistências à compressão obtidas nos ensaios

Objeto de estudo: habitação de interesse social executada com bambu

Região de realização do estudo

O estado de Alagoas está situado na parte meridional do Nordeste do Brasil e limita-se ao norte com o Estado de Pernambuco, ao sul com Sergipe, a oeste com a Bahia e a leste com o Oceano Atlântico. A capital, Maceió, está localizada entre a Lagoa Mundaú e o Oceano Atlântico, apresentando latitude 9°39'57"S e longitude de 35°44'07" O. Todas as modificações do tempo e sua posição geográfica fazem Alagoas

possuir um clima tropical quente e úmido na maior parte do seu território, possuindo apenas duas estações definidas (verão e inverno), com poucas variações de temperatura diárias, sazonais e anuais, e com altos níveis de umidade do ar e pluviosidade (MARROQUIM, 2002).

A temperatura média anual é de 25,4 °C, e a variação anual, de 3,4 °C entre os valores médios mensais, possuindo variações diárias inferiores a 8 °C. As temperaturas mais elevadas são alcançadas nos meses de dezembro e janeiro, quando chegam a 36 °C. Os ventos predominantes da cidade de Maceió são os de orientação nordeste (em janeiro, fevereiro e março) e sudeste (prevalece no restante do ano) (BARBIRATO *et al.*, 2004).

Processo construtivo

Considerando a disponibilidade de bambu no Parque Municipal de Maceió, AL, foi definida pelo projeto de integração desenvolvido pelo Instituto do Bambu a execução de uma habitação de interesse social utilizando bambu em boa parte das fases de construção. A edificação, executada em 2003, constitui-se em uma unidade térrea, unifamiliar, composta de dois quartos, um banheiro, uma sala-cozinha, um terraço e área de serviço na parte externa da edificação, como pode ser verificado em sua planta baixa na Figura 3.

A execução do protótipo foi coordenada pelo Instituto do Bambu, com a participação da comunidade local e de alunos e professores dos cursos de graduação da Universidade Federal de Alagoas. Foi usada a técnica já adotada na Colômbia, de esterilhas para a execução dos painéis de vedação (Figura 4), de comprovada eficácia quando se trata de conforto térmico, por proporcionar um colchão de ar entre as camadas externa e interna, o que ocasiona um ambiente quase estéril e, conseqüentemente, um isolante térmico (BARBIRATO *et al.*, 2004). O acabamento do piso adotado em todos os cômodos foi cimento queimado, e a cobertura executada com treliças de bambu e telhas de fibrocimento pintadas, sem forro. As esquadrias eram de chapa de aço pintada e a habitação como um todo foi executada a 1,50 m em relação ao nível da rua, situada em uma esquina.

Iniciou-se o processo construtivo propriamente dito a partir de uma palestra inaugural, quando as informações básicas foram passadas para os alunos, os professores e as pessoas da comunidade que estavam envolvidos. Foi apresentada a planta baixa da casa e como seria seu modo construtivo, informações de como reconhecer os bambus que já estão maduros para o corte, e os cuidados que se deve ter em sua extração e na sua retirada da área de plantio. Os bambus foram cortados de maneira que seu colmo fosse praticamente todo aproveitado.

Os que possuíam quatro metros de extensão foram utilizados para pilares e vigas, sendo aproveitada a base do colmo, por possuírem maior espessura. Os que tinham em torno de três metros de comprimento, foram utilizados para fazer as esterilhas que seriam utilizadas para a vedação da casa.

Após o tratamento, os colmos foram transportados para um pátio aberto e deu-se início à fabricação das esterilhas, utilizando-se como ferramentas facões, machados e marretas. Com esses instrumentos, aplicavam-se golpes nos nós dos bambus, quebrando-os em toda a sua circunferência, para em seguida proceder à abertura dos colmos e à retirada dos nós internos (Figura 4). Esses elementos eram colocados em local seco e à sombra, posicionados em camadas, uns sobre os outros, perpendicularmente entre si (permitindo a passagem do ar, em um processo de secagem natural).

Em seguida procedeu-se à locação da obra e à execução da fundação. A fundação adotada foi sapata corrida, de concreto armado, sob as paredes e bloco de concreto no pé dos pilares, os quais foram assentados após a execução do baldrame com blocos de concreto (Figura 5); antes do assentamento, os pilares foram submetidos a um tratamento de cura ao fogo utilizando-se um lança-chamas a gás.

Os painéis de vedação da habitação foram produzidos com medidas verificadas *in loco*, após o posicionamento dos pilares. Esses painéis (Figura 6) consistem em uma grade de madeira executada com ripas com seção transversal comercial de 5 cm x 3 cm, onde eram fixadas as esterilhas, nos dois lados da mesma, prevendo-se na execução as aberturas de portas e janelas, conforme numeração descrita na planta baixa (Figura 3).

Os painéis foram revestidos com argamassa nos dois lados, sendo a aderência dela garantida pelo posicionamento da esterilha com a parte interna do bambu voltada para fora e pela aplicação de um chapisco. A argamassa de revestimento, numa dosagem de 1:8 (cimento e areia), foi aplicada de baixo para cima, comprimindo-a contra a esterilha para o total preenchimento dos espaços. Estimou-se que a espessura média do revestimento ficou em torno de 2,0 cm. Os painéis foram fixados nos pilares e no baldrame por meio de parafusos (Figura 7).

A passagem de tubulações e fiação foi feita justamente no espaço interno entre uma esterilha e outra (Figura 8).

O resultado final do processo construtivo, a habitação de interesse social que utiliza bambu em boa parte das fases de sua construção, pode ser visto na Figura 9.

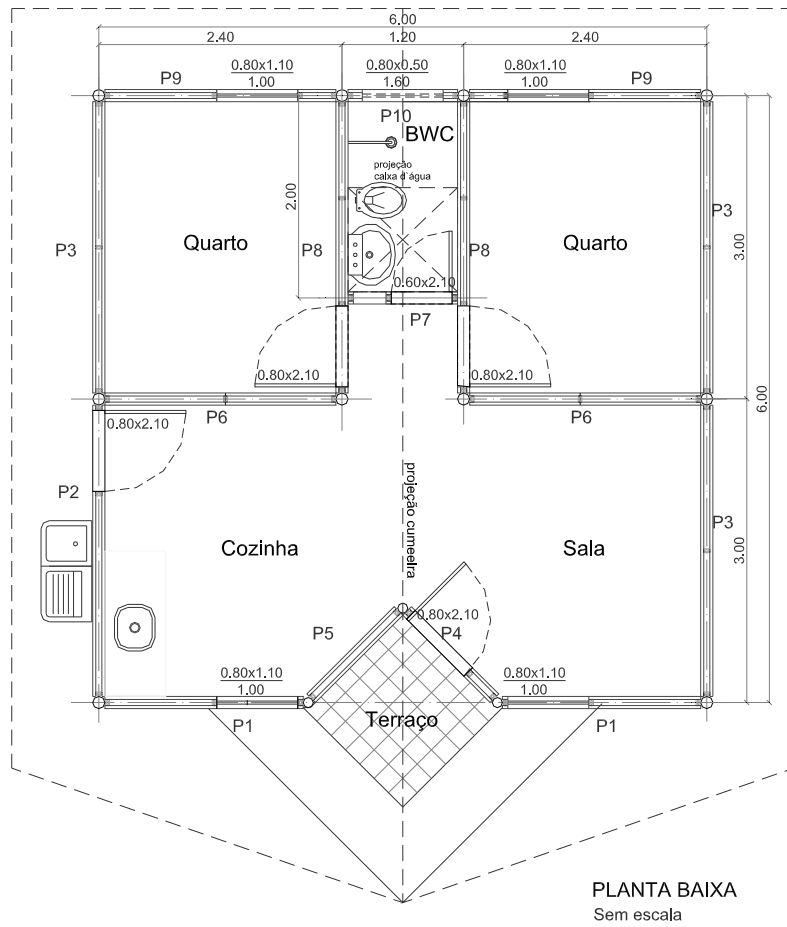


Figura 3 - Planta baixa da edificação em estudo (unidade de medida: m)



Figura 4 - Processo de fabricação das esterilhas



Figura 5 - Concretagem dos pilares

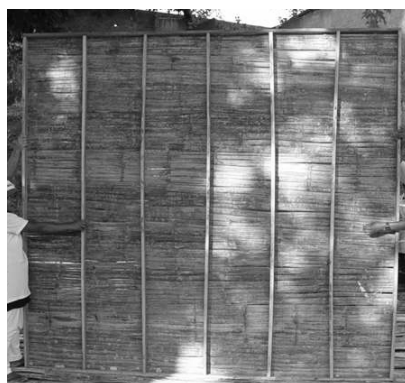


Figura 6 - Paineis de vedação



Figura 7 - Fixação e revestimento dos painéis



Figura 8 - Tubulação na parte interna do painéis de vedação



Figura 9 - Visualização da habitação antes da ocupação

Avaliação da habitação

Todo o projeto de integração para a construção da habitação, incluindo as etapas de treinamento, teve duração de 6 meses. Considerando apenas a etapa de execução do protótipo propriamente dita, estima-se um tempo de 2 meses de execução. Após a execução, a casa foi entregue a uma moradora da comunidade participante do projeto, mediante sorteio. A avaliação da habitação foi realizada 15 meses após a ocupação.

A falta de homogeneidade e sistematização no Brasil no que se refere ao controle da qualidade do espaço já era apontada por Ornstein (1992). Torna-se necessário repensar a habitação de forma que haja uma qualificação do projeto, através de estratégias que orientem a execução da obra.

De acordo com pesquisas apresentadas na Coleção Habitare (2004), cada parte da casa deve ser tratada individualmente, pois, no geral, a sala não cumpre com parte das funções que lhe cabem tradicionalmente, passadas para a cozinha, que fica sobrecarregada. A aproximação entre sala e cozinha permite a complementaridade das funções, valorizando ambos os ambientes e racionalizando o uso de corredores. Sendo assim, a cozinha deve ser zoneada tendo um setor para as atividades de serviço e outro para as sociais.

Ainda de acordo com pesquisas apresentadas na Coleção Habitare (2004), os quartos, na maioria das vezes, possuem dimensões reduzidas e com isso não propiciam um bom nível de conforto. Devem ser orientados para captar o sol da manhã, e as esquadrias devem abrir todo o vão e ter livre acesso. Já o banheiro deve estar na ala íntima da casa, e não distante da ala social, e a área de serviço deve estar inserida na casa, de maneira a articular a cozinha e a área externa de varal.

Todos esses ambientes têm que obedecer às dimensões mínimas estabelecidas pelo Código de

Obras e permitir fácil manuseio dos equipamentos essenciais a uma habitação, garantindo, independentemente de ser uma habitação de interesse social, considerações que levem a boas condições de conforto térmico-acústico, bom nível de habitabilidade e completude em projeto e harmonia.

No caso de Alagoas, as dimensões mínimas estabelecidas pelo Código de Obras do Estado são mostradas na Tabela 3.

De acordo com Roland e Novaes (2004), entre todas as etapas do processo construtivo – planejamento, projeto, suprimento de materiais, produção e uso/manutenção –, pode-se dizer que é exatamente na última dessas fases, a de uso/manutenção, que o produto final passa a ter sua função posta à prova, sendo continuamente avaliado por seus usuários, muito embora essa avaliação não seja consciente e sistemática.

É necessário que se conheçam as edificações não somente do ponto de vista técnico, mas, principalmente, do ponto de vista daqueles que as utilizam.

Resultados e discussão

Segundo Roland e Novaes (2004), a avaliação pós-ocupação (APO) é uma metodologia de avaliação dos ambientes construídos que apresenta como principal característica a participação dos usuários no processo de análise, fundamentada através de diagnósticos baseados na inter-relação ou na análise comparada da opinião dos usuários com os laudos de especialistas. Essa metodologia tem como objetivo minimizar ou corrigir problemas detectados no ambiente construído, utilizando os resultados dessas avaliações como realimentadores do ciclo do processo de produção e uso de ambientes semelhantes, o que otimiza o desenvolvimento de projetos futuros.

Tal avaliação vem sendo aplicada sistematicamente nos países desenvolvidos, a exemplo dos Estados Unidos, Japão, Canadá, França e Inglaterra, definindo diretrizes para novos projetos semelhantes e como instrumento de correção de problemas encontrados no ambiente construído. Apresenta como princípio o fato de que edifícios e espaços livres postos em uso, qualquer que seja a função, devem estar em permanente avaliação, quer do ponto de vista construtivo e espacial, quer do ponto de vista de seus usuários. Portanto, insere a edificação em um processo de melhorias contínuas que promovam o atendimento das reais necessidades de quem utiliza o espaço arquitetônico.

O uso de materiais alternativos na construção de habitações de interesse social vem sendo adotado por proporcionar o barateamento da obra, um dos maiores desafios para a construção delas, justificando com isso a necessidade da aplicação de um estudo de APO.

De acordo com o que já foi explicitado e por meio dos resultados obtidos com visitas *in loco*, foram diagnosticados os pontos negativos e positivos do projeto, mostrados na Quadro 2.

A partir da entrevista com a moradora, ficou constatada sua satisfação com relação à ventilação e luminosidade natural do local, e com o tamanho dos cômodos, mesmo possuindo área inferior ao referenciado na Tabela 2. O mesmo aconteceu em relação à abertura dos vãos, e por isso esses dois itens não foram incluídos como pontos negativos.

Um baixo grau de satisfação com relação ao material empregado na construção foi verificado, pela constatação de um problema que prejudicou sua durabilidade, o ataque da broca. Entretanto já havia sido providenciada a correção dele, utilizando um tratamento químico com CCB,

descrito anteriormente. Deve-se ressaltar que o tratamento natural utilizado ainda se encontrava em fase de testes, por ser objeto de estudo de outra pesquisa.

Foi detectado, ainda, que existe insatisfação também com relação ao piso, cimento queimado, imprimindo na moradora a sensação de sujeira constante, pela cor natural do material empregado. Outro problema encontrado foi a quase-ausência de vedação da treliça de cobertura, feita apenas com uma tela, permitindo a entrada de respingos de chuva e poeira no ambiente interno da casa (Figura 10).

Os outros pontos de insatisfação no que diz respeito ao projeto consistiram na má localização do tubo de ventilação para as instalações de esgoto (localizado abaixo da cumeeira e próximo aos quartos) (Figura 11) e na ausência de um local adequado para a área de serviço.

Com relação às aparências interna e externa da habitação, foi constatado um bom nível de satisfação pela moradora. Entretanto, de acordo com o questionário aplicado ao arquiteto responsável pelo projeto da habitação, o baixo nível de instrução dos usuários resulta num desconhecimento técnico das necessidades de manutenção preventiva da edificação.

Com os dados coletados por meio dos questionários aplicados, observou-se que, como a edificação não vem recebendo a manutenção devida, no que diz respeito à conservação dos materiais de revestimento, esteticamente ela não se torna agradável, o que traz a sensação de sujeira e maus cuidados. Os dados coletados estão graficamente representados na Figura 12.

Compartimento	Área mínima (m ²)	Círculo inscrito mín. (m)	Pé-direito mínimo (m)
Sala	8,00	2,40	2,50
Quarto	8,00	2,40	2,50
Cozinha	4,00	1,60	2,40
Banheiro	2,50	1,00	2,40
Área de serviço	2,50	1,00	2,40
Varanda	2,00	1,00	2,40

Tabela 2 - Dimensões mínimas de cada ambiente de uma habitação

Pontos Negativos	Pontos Positivos
Ausência de área de serviço adequada	Aproximação entre sala e cozinha
Baixo isolamento acústico de ruídos externos e internos	Área superior à exigida da sala + cozinha
Entrada de chuva e poeira no ambiente interno da casa pela cobertura	Boa localização no terreno, de acordo com o norteamento
Falta de conforto térmico no inverno	Suficiente quantidade e boa disposição dos interruptores e tomadas
Má localização do tubo de ventilação	Facilidade no manuseio das janelas

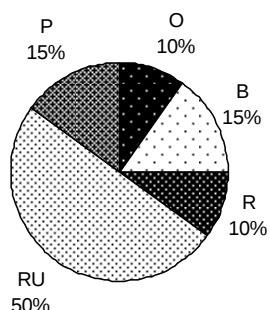
Quadro 2 - Pontos negativos e positivos



Figura 10 - Vedação insuficiente da treliça



Figura 11 - Tubo de ventilação abaixo da cumeeira



O: ótimo; B: bom; R: regular; RU: ruim; P: péssimo

Figura 12 - Grau de satisfação da comunidade circunvizinha quanto à aparência externa da edificação

De acordo com Barbirato et. al. (2004), os quais realizaram um trabalho de investigação em termos de conforto da habitação, o sistema construtivo possibilita um bom conforto térmico à medida que ocorre um resfriamento do meio externo para o interno, devido ao colchão de ar formado pelos painéis, havendo uma variação média do externo para o interno de 9,7 °C. Com esses dados e verificando-se a boa disposição das aberturas, percebe-se que todas essas soluções de projeto garantem aos habitantes da residência uma sensação térmica que atende às expectativas e às exigências quanto aos requisitos de conforto térmico. Logo, fica-se comprovado o ótimo nível de satisfação da usuária quanto à ventilação natural no verão.

A aplicação da APO na habitação executada com bambu permitiu diagnosticar problemas, não obrigatoriamente físicos, cujas recomendações de correção não foram necessariamente físicas, em algumas situações.

Conclusões

Após analisar os resultados obtidos com a percepção dos envolvidos na execução da habitação e compará-los com dados técnicos de projeto, foi possível estabelecer as seguintes conclusões:

(a) observou-se que a utilização de um material alternativo, disponível no local de implantação da obra e de fácil manuseio, contribuiu para o barateamento da obra, para a utilização de uma nova forma de construção que agride menos ao meio ambiente e para a satisfação do usuário ao proporcionar-lhe condições satisfatórias de habitabilidade;

(b) a solução de alguns pontos fracos encontrados na habitação em estudo exige algumas intervenções físicas:

- com relação à falta de área de serviço adequada, sugere-se a transferência dela para a área externa posterior da habitação, próximo ao banheiro, mesmo ficando um pouco distante da entrada. Tal intervenção possibilitaria o aumento do espaço da área de serviço e melhor aproveitamento dele. Do ponto de vista técnico, não acarretaria maiores problemas, já que o reservatório superior encontra-se no banheiro, o que facilita a descida da tubulação de água;

- quanto ao isolamento acústico dos ruídos internos, sugere-se a colocação de forro nos quartos e no banheiro, sendo neste último ambiente uma necessidade também para uma melhor satisfação visual. Procurando manter o padrão já adotado, o forro sugerido pode ser em bambu, já que é um bom isolante acústico e não interferiria na estética;

- com relação ao isolamento acústico externo, a alternativa seria o uso de um fechamento para a treliça, minimizando também a entrada de chuva e poeira, e até mesmo o desconforto térmico ocasionado no inverno. O fechamento poderia ser feito com venezianas em bambu (Figura 13), para não destoar do restante da habitação e para permitir a continuação da ventilação natural. É importante ressaltar que tal solução reduziria a iluminação natural;

- o prolongamento do tubo de ventilação se faz necessário tanto pelo bem-estar dos usuários como para se adequar à norma técnica específica, devendo estar acima da coberta, no mínimo, 30 cm;

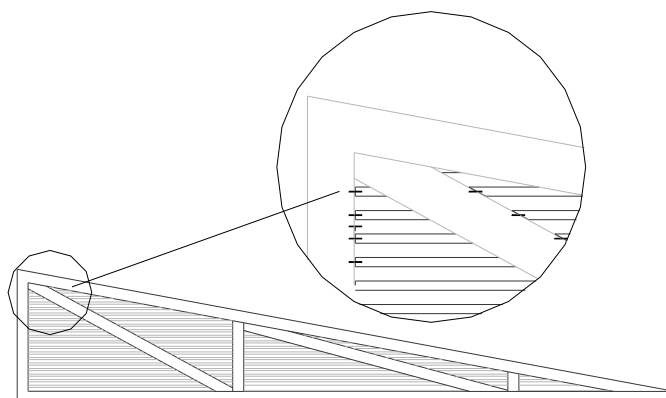


Figura 13 - Venezianas de bambu para fechamento das treliças

(c) deve-se adotar métodos eficientes de tratamento do bambu para evitar o ataque dos agentes naturais de degradação. O tratamento com NIM, ainda em fase de aprimoramento, apresentou resultados satisfatórios; e

(d) o problema da má impressão estética causada na comunidade circunvizinha, considerando-se que a habitação de interesse social é executada para pessoas de baixa renda e na maioria dos casos com baixo nível de escolaridade, pode ser resolvido mediante reuniões com os moradores para ensinar técnicas de manutenção de baixo custo e fácil implantação, principalmente por se tratar de um novo material;

(e) o sistema construtivo adotado para a execução do protótipo utilizou métodos simples na execução, podendo ser rapidamente repassado para a população, para disseminar um processo de autoconstrução. Tal procedimento representa uma vantagem, pois seria uma forma de inclusão social e de capacitação dos próprios moradores para que eles realizem manutenções na obra, ou até mesmo executem outras habitações.

Uma vez que os problemas diagnosticados possuem simples soluções e, em algumas situações, estão relacionados a intervenções de projeto, conclui-se que o bambu pode se tornar uma alternativa viável para o problema de habitação de interesse social no Brasil. Possui a vantagem de ser encontrado abundantemente em território nacional, além de ser renovável e de reduzir o custo da obra em torno de 40% (comparado ao método tradicional de alvenaria com tijolo cerâmico comum na região), conforme verificado com a execução do protótipo, quando a matéria-prima é disponibilizada sem custo no local de implantação da obra. Deve-se ressaltar, entretanto, que para o cultivo da planta é necessário um plano de manejo que delimite a área de utilização e evite prejuízo para outras culturas.

Para que haja aceitação desse tipo de habitação por parte da população, é necessário um trabalho de conscientização dela, para ensinar os cuidados específicos com esse novo material e a manutenção necessária que deve existir em qualquer tipo de unidade habitacional.

Referências

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190 – Projeto de estruturas de madeira**. Rio de Janeiro, 1997.

BARBIRATO, Gianna M.; CARDOSO, Rubens Jr.; SARTORI, Edson de Mello; MARTINS, Jackeline C. de L.; SANTOS, Roberta G.; OITICICA, Maria Lúcia G. da R. Condições de conforto térmico da primeira unidade habitacional de interesse social

brasileira construída em bambu: Maceió, AL. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 2004.

PEREIRA, F. O. R. **Características da habitação de interesse social na região de Florianópolis**: desenvolvimento de indicadores para a melhoria do setor. Santa Catarina: Fernando Oscar Ruttkay Pereira, 2004. (Coleção Habitare)

CORDEIRO, A. S.; SILVEIRA, W. J. C. Aplicabilidade do desenho universal como parâmetro projetual para habitações de interesse social. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 2004.

GARBINO, L. V.; GONÇALVES, T. T.; PEREIRA, M. A. R. Métodos de ensaio para amostras de bambu laminado. In: EBRAMEM, 8., 2002. **Anais...** Uberlândia-MG: EBRAMEM, 2002.

GHAVAMI, K.; MARINHO, A.B. **Propriedades mecânicas dos colmos dos bambus das espécies: Mosó e Guadua angustifolia para utilização em engenharia**. Publicação – RMNC - 2 Bambu: 02/2002 do Departamento de Engenharia Civil da PUC – Rio de Janeiro, 45p.

LÓPEZ, O. H. **Manual de construcción con bambu**. Bogotá, Estúdios Técnicos Colombianos Ltda, Universidad Nacional de Colombia, 1981.

LOPES, W. G. R.; FREIRE, W. J. Desempenho físico-mecânico de corpos-de-prova da espécie *Dendrocalamus Giganteus*. In: EBRAMEM, 8., 2002. **Anais...** Uberlândia-MG: EBRAMEM, 2002.

MARROQUIM, F. **Avaliação do desempenho térmico de um conjunto habitacional em Maceió**. Trabalho Final de Graduação – Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas-UFAL, Maceió-AL, 2002.

MORÉ, T. N. M.; SZUCS, C. P.; OLIVEIRA, R. Utilização do bambu como alternativa construtiva para habitação social. In: EBRAMEM, 8., 2002. **Anais...** Uberlândia-MG: EBRAMEM, 2002.

ORNSTEIN, S.; ROMÉRO, M. A. **Avaliação pós-ocupação do ambiente construído**. São Paulo, Studio Nobel. EDUSP, 1992.

ROLAND, C.; NOVAES, C. C. **Avaliação do nível de satisfação dos usuários em ambiente construído: estudo de caso**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 2004.