

## A ARQUITETURA VERNACULAR E AS TÉCNICAS CONSTRUTIVAS EM BAMBU

Beatriz Emi Ueda (IC) e Célia Regina Moretti Meirelles (Orientador)

**Apoio: PIBIC CNPq**

### RESUMO

A relevância da pesquisa se deve ao estudo das técnicas vernaculares com bambu e como podem contribuir para ampliar o repertório dos estudantes e profissionais de arquitetura. Além de valorizar o desenvolvimento de projetos mais sustentáveis com o uso de materiais naturais e aumentar os rebatimentos nas comunidades tradicionais. O bambu é considerado um material sustentável devido suas características naturais como a alta resistência paralela a fibra e incorporação de CO<sup>2</sup>, entretanto sofre com as intempéries, portanto o projeto de arquitetura é determinante para sua conservação. Como método foi realizado a análise dos estudos de caso e experimentos físicos sob o viés das técnicas construtivas em bambu, adotada pelos projetos do Centro Cultural Max Feffer de Leiko Motomura e *Modern Education Training School* da arquiteta Anna Heringer. Devido ao reconhecimento dessas obras como edifícios sustentáveis, é possível dizer que ambos os edifícios possuem paralelos entre a cultural e as técnicas construtivas com rebatimentos no desenvolvimento social das comunidades, bem como ambas valorizam o conforto ambiental dos seus usuários aplicando técnicas bioclimáticas. Apesar de características semelhantes de partido, as técnicas construtivas são singulares, destaca-se no trabalho de Heringer a aproximação da construção com a tradição local como as amarrações com corda e a composição de pórticos retos em colmos, em contraponto no trabalho de Motomura é adotado uma estrutura complexa com articulações metálicas e espaçadores para formar a curva da cobertura.

**Palavras-chave:** Bambu, Técnica Construtiva, Arquitetura Vernacular

### ABSTRACT

The relevance of this research is due to the study of vernacular techniques with bamboo and how they can contribute to broaden the repertoire of students and architecture professionals. The relevance of the research is due to the study of vernacular techniques with bamboo and how they can contribute to broaden the repertoire of students and architecture professionals. In addition, enhancing the development of more sustainable projects using natural materials and increasing the impact on traditional communities. Bamboo is considered a sustainable material due to its natural characteristics such as high parallel resistance to fiber and incorporation of CO<sub>2</sub>, however it suffers from the weather, so the architectural design is crucial for its conservation. The method used was the analysis of case studies and physical

experiments under the constructive techniques with bamboo, adopted by the designs of the Centro Cultural Max Feffer by Leiko Motomura and Modern Education Training School by architect Anna Heringer. Due to the recognition of these works as sustainable buildings, it is possible to say that both buildings have parallels between the cultural and the constructive techniques with impacts on the social development of the communities, and both value the environmental comfort of its users by applying bioclimatic techniques. Despite similar party characteristics, the construction techniques are unique, Heringer's work emphasizes the approach of the construction to the local tradition such as rope moorings and the composition of straight thatched gantries, in contrast to Motomura's work. a complex structure with metal joints and spacers to form the roof curve.

**Keywords:** Bamboo, Constructive technique, Vernacular Architecture

## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos setores que mais provoca degradação ambiental, pois seus insumos são produzidos a partir de fontes não renováveis e estão em processo de esgotamento. Após a revolução industrial, passou-se a aplicar nas edificações materiais padronizados, independentes da cultura e do sítio. Como resultado desse processo as comunidades, ao redor do mundo, passaram a valorizar a arquitetura industrializada deixando no esquecimento as construções vernaculares. Nos dias atuais diversos pesquisadores voltam a pesquisar a arquitetura vernacular devido a conscientização de que a arquitetura vernacular é aquela que considera a cultura, aplica materiais locais integrando e enaltecendo as técnicas tradicionais.

A conferência RIO-92 na carta de intenções chamada de Agenda 21 considerou a aplicação de materiais renováveis na construção civil como um fator de grande relevância para o desenvolvimento sustentável, como consequência políticas de incentivo do uso da madeira e do bambu foram implantados em diversos países, inclusive no Brasil. A partir desta convenção, o bambu passou a ser valorizado devido a rapidez do seu crescimento e a alta taxa de incorporação do CO<sup>2</sup> (ONU, 1995) sendo considerado um material sustentável. Se tratado e retirado na lua correta ele pode ser um material com diversas possibilidades plásticas criando diferentes percepções do espaço, além destes fatores apresenta uma ótima resistência a tração bem como uma boa resistência a compressão. Muitas culturas têm na gênese de sua arquitetura esse material, desenvolvendo inúmeras técnicas construtivas como estrutura, como elemento de vedação, telhas, ornamentos etc.

Pode-se mencionar o projeto *Modern Education and Training Institute (METI)* da arquiteta Anna Heringer de grande relevância no contexto dessa pesquisa devido a aplicação do bambu como um elemento vernacular. Neste projeto foram estudados os materiais locais e o modo de vida da comunidade. Como resultado desta pesquisa a equipe da arquiteta aprimora as técnicas vernaculares integrando o bambu e o barro, permitindo por meio do projeto arquitetônico aumentar o ciclo de vida do edifício. Em âmbito nacional, um trabalho relevante é o da arquiteta Leiko Motomura, em seu projeto para o Centro Cultural Max Feffer em Pardinhas os materiais escolhidos foram o bambu na cobertura em conjunto com pilares de eucaliptos, estes apóiam-se em um embasamento de concreto. Apesar dos incentivos da conferência RIO-92 no uso de materiais renováveis na construção civil brasileira, há muito o que se pesquisar para entender o potencial desse material em âmbito nacional.

O objetivo desta pesquisa é analisar o potencial das técnicas construtivas em bambu na arquitetura contemporânea avaliando como os conceitos vernaculares valorizam o uso de materiais naturais e como os elementos de projeto se articulam dentro da arquitetura para

umentar o ciclo de vida dos edifícios. Essa problemática será avaliada por meio do estudo do *Modern Education and Trainig Institute (METI)* de Anna Heringer e Centro Cultural Max Feffer de Leiko Motomura devido as relevâncias desses projetos em termos de sustentabilidade, processos construtivos e empoderamento social e coletivo.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

A arquitetura vernacular é formada por um conjunto de fatores históricos, sociais, físico-geográficos, econômicos e culturais que, em sua complexidade, resumem-se na expressão de um povo. Portanto para compreendermos estes fenômenos é necessário adentrar na gênese dessa arquitetura. (TEIXEIRA, 2017).

O estudo das técnicas associadas a arquitetura vernacular foi deixado de lado ao longo do tempo, por ser considerado por muitos pesquisadores como “construção” e não como arquitetura. De acordo com Espinha; Sant’Anna (2013, p. 2), esse pensamento implicou no não reconhecimento da arquitetura popular como arquitetura pelos profissionais da área. Como consequência desse ideal tem-se a desvalorização da história e cultura das comunidades tradicionais contaminando o imaginário popular que passou a enxergar o uso de materiais locais como sinônimo de menor desenvolvimento e até marginalização. Sendo assim, em áreas rurais cada vez mais é comum a substituição desses insumos por concreto armado, cerâmica e telha metálica como um instrumento para mostrar status social. Podemos citar como exemplo da incorporação de materiais industriais as técnicas construtivas de Bangladesh rural, em diversas comunidades africanas, bem como as comunidades ribeirinhas na Amazônia, entre outras. De acordo com Paula Noia (2012, p. 33) uma comunidade sustentável se baseia na relação harmoniosa entre a população e a natureza caracterizados pelo respeito aos elementos culturais e históricos que definem a sociedade.

Espinha; Sant’Anna (2013, p. 3) rebatem esse pensamento ao afirmar que “as técnicas construtivas e a arquitetura produzida com base na tradição e na vivência popular são, ao mesmo tempo, um recurso para o desenvolvimento socioeconômico e um patrimônio cultural da maior importância”. Esta relevância também é exposta por Teixeira (2017) ao afirmar o respeito da arquitetura vernacular ao meio em que está inserida:

“Uma das características mais interessantes e louváveis da chamada arquitetura vernacular é o *respeito às condições locais*. É talvez aqui também onde ela tem mais o que ensinar à arquitetura convencional, produzida pelos arquitetos. A arquitetura vernacular se destaca pela grande sensibilidade às condições locais do meio geográfico onde se situa, tais como o clima, a vegetação, o solo e suas características topográficas.” (TEIXEIRA, 2017. p. 1)

Em meio a condições climáticas extremas, os ancestrais do homem moderno foram obrigados a desenvolver soluções para tornar os ambientes adequados para sobreviverem com materiais que estivessem ao seu alcance. Como destacou o arquiteto Solano Benítez

em palestra realizada na Faculdade de Arquitetura Mackenzie (2018)<sup>1</sup>, “nos árticos foi necessário usar a água como material de construção”. Ou seja, devido às condições ambientais extremas o homem necessitou de um refúgio como o iglu. Portanto os arquitetos têm que aprender com as técnicas vernaculares, em locais com pouca tecnologia, buscando soluções que respeitam as condições locais e que agride em menor escala o meio ambiente, sem perder o conforto, a durabilidade e a beleza e melhorando a qualidade de vida.

Após a revolução industrial o mundo passou a utilizar soluções como o aço, concreto, areia e vidro. Essa transformação ocasionou o processo de esgotamento das fontes de materiais primários (DUARTE, MEIRELLES, 2017, p. 3). Independe da abundância de materiais naturais estes insumos foram utilizados de modo generalizado, provocando um processo de esquecimento das técnicas tradicionais nos polos urbanos ao redor do mundo.

Esse modo de produção vem provocando impactos sociais, ambientais e culturais desde o século XVIII. Entretanto, de acordo com Vandana Baweja (2008, p. 14) a interseção entre o discurso ambientalista com a arquitetura só ocorreu após as crises do petróleo. No início do século XX alguns expoentes já desenvolviam essa temática, sendo pioneiros dos discursos que integram a preservação da natureza e a construção do habitat entre eles, Otto Koenigsberger e Hassan Fathy.

Koenigsberger refugiou-se no Egito, no final de sua graduação na Universidade Técnica de Berlin em 1931, mas suas maiores vivencias foram na Índia, local que documentou suas experimentações com as comunidades tradicionais. Vandana Baweja (2008, p. 19) acredita que trabalhar no exílio mudou sua forma de projetar ao ter conhecimento dos limites dos materiais e dos recursos naturais de Koenigsberger considerando-o um dos precursores das pesquisas sobre o vernáculo, construções bioclimáticas.

Portanto, a discussão ao redor desse tema se intensifica conforme se percebe a necessidade do desenvolvimento de pesquisas que estudem técnicas sustentáveis, sendo elas antigas ou no aprimoramento de novas tecnologias. De acordo com Duarte; Meirelles (2017, p. 5) “não se trata de eleger qual o melhor sistema construtivo, mas o mais adequado para o projeto e sítio”. No sentido da arquitetura vernacular “é relevante estudar construções que integrem materiais sustentáveis com técnicas bioclimáticas” como, ventilação cruzada, iluminação natural, geotermia, entre outras Estes fatores ampliam o ciclo de vida da arquitetura, melhoram o conforto térmico, com um menor impacto ao meio ambiente. A arquiteta Anna Heringer definiu o termo sustentabilidade,

---

<sup>1</sup> Palestra realizada por Solano Benítez organizada pelo Diretório Acadêmico da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo Da Universidade Presbiteriana Mackenzie. O arquiteto fez uma reflexão sobre evolução de sua obra e como integrou os materiais, a cultura local e o tijolo de barro.

“Para mim, sustentabilidade é sinônimo de beleza: um edifício que é harmonioso em seu design, estrutura, técnica e uso de materiais, assim como com a localização, o meio ambiente, o usuário, o contexto sociocultural. Isso, para mim, é o que determina o seu valor sustentável e estético.” (HERINGER, 2018, P. 1)

Francis Kéré, Severiano Mario Porto, Anna Heringer e Leiko Motomura são expoentes que podem ser discutidos neste contexto. Nesse sentido, a arquiteta Anna Heringer recebeu o prêmio Aga Khan de arquitetura em 2007 pelo seu projeto para a Escola em Rudrapur em Bangladesh, o desenvolvimento do projeto para o *Modern Education and Training Institute (METI)* preocupou-se em usar a arquitetura como uma maneira de fortalecer a comunidade local. Em sua palestra para o TED TALKS em 2017, a arquiteta expõe que a escolha de usar materiais da região foi muito além de aspectos formais, toda a rede econômica da cidade se fortaleceu por essa escolha (HERINGER, 2017). Ela destaca que a importância de vivenciar a cultura local, mas utilizando o projeto como um catalizador para o desenvolvimento da comunidade,

“...enquanto construíamos a escola eu morava no envoltório da construção. A tarde costumava ir ao mercado com os trabalhadores então pude ver como eles gastavam seu dinheiro, onde compravam seus vegetais com os vizinhos, onde iriam cortar o cabelo ou comprar uma nova blusa com a costureira. O fato de grande parte do orçamento do edifício ser gasto no comércio local, a escola não era apenas um edifício, se tornou um catalizador para o desenvolvimento local.” (HERINGER, 2017. Tradução própria)

A arquiteta em sua trajetória tem desenvolvido projetos memoráveis que além da arquitetura tem como objetivo o desenvolvimento da comunidade, promovendo linhas de construção sustentáveis que se utilizam de materiais locais, aprimorando as técnicas construtivas tradicionais, ela aperfeiçoa o vernacular para que ele dure mais tempo e seja valorizado pela cultura em que ele está inserido.

Bangladesh, de acordo com Mauricio Horta (2009), passou por duas secessões, a primeira em 1947 pela Índia, a segunda em 1971 pelo Paquistão sendo a parte mais pobre a muçulmana de Bengala. Em 2009 apresentava “155 milhões de habitantes” em um território “1064 hab/km<sup>2</sup>”. O costume para maior parte da população era residir em casas de bambu, barro, palha e juta, materiais naturais de fácil acesso, entretanto, devido ao uso de técnicas construtivas inadequadas como a falta de fundações e impermeabilização associado a um clima de monções, essas construções, perdem a durabilidade. Horta (2009) destaca que estes edifícios sem um projeto adequado não duram mais de dez anos, portanto a população mais rica passou a adotar soluções como alvenaria, aço e concreto, representando para a comunidade como status social.

Heringer no projeto para a escola *METI* optou pelo uso de barro, bambu e palha como estratégias para valorizar os materiais produzidos na comunidade.

O bambu é aplicado nas edificações desta comunidade, na estrutura composta por colmos amarrados com cordas bem como nos painéis de fechamentos em lâminas finas entrelaçados para atuar como telas (LIM, 2007).

Na escola o Bambu é utilizado na estrutura e vedação. Na vedação ele serve de instrumento para criar uma identidade, compondo a fachada. O efeito decorativo é acentuado pelo jogo de luz. Na estrutura, utiliza três camadas de colmos que formam os pórticos com elementos em V. As vigas de apoio do piso superior são fixadas em ambas as extremidades das paredes compostas com barro. As ligações seguem um conceito de engenharia simples, usando uma cavilha de aço como o principal conector entre três camadas de fixação de bambu e corda de nylon (em oposição às cordas de juta tradicionais), a palha foi aplicada como forro, mas deixando uma camada de ventilação entre o forro e as telhas metálicas (LIM, 2007). A concepção da estrutura proporciona beirais que protegem à construção dos danos causados pelo regime pluvial. LIM (2007) destaca que a escolha dos materiais foi pensada para proteger e prevenir a população de perigos naturais eminentes como vento e terremotos, o bambu mostra-se uma escolha ideal para o primeiro andar devido sua resistência inerente aos movimentos de flexão.

Pode-se citar também a obra para os três hotéis em Baoxi, um vilarejo na China, que segue os mesmos ideais de materiais naturais e locais. De acordo com a arquiteta o projeto é “um exemplo completamente radical de um edifício simples, ainda poético e humano, de uma forma que valoriza às habilidades dos artesãos locais em um novo nível e deixa a maior parte do lucro com a comunidade” (HERINGER, 2018, p. 1). A arquiteta utiliza o bambu como uma alternativa sustentável e que representa a cultura local.

Já em âmbito nacional Rubens Cardoso Junior, afirma que apesar do bambu ser abundante na América Latina, na construção civil ainda é um material pouco explorado:

“À tecnologia da utilização do bambu em construção tem sua tradição consagrada em países Latino Americanos e asiáticos, com patamar tecnológico considerável, entretanto no Brasil, ainda está para se desenvolver muitos aspectos, que se constituem em lacunas importantes do conhecimento necessário para fornecerem subsídios técnicos para a plena aplicação deste material”. (CARDOSO JUNIOR, 2000. p. 91-92)

Osse; Meirelles (2011, p. 7) afirmam que “o bambu é uma planta extraordinária e única, em função do reconhecimento do potencial do bambu na recuperação do meio ambiente, além das inúmeras utilidades para o ser humano”. Ele é uma planta que se adapta a diferentes climas, e não é nativo somente na Europa e na Antártica. No oriente os cultivos do bambu representam uma expressão místicas quanto simbólicas. Pereira; Beraldo (2016) no livro *Bambu de Corpo e Alma*, discutem as características físicas e mecânicas do material, os autores apontam que espécies como o bambu *Mosso* e o *Guadua*, apresentam dimensões aplicáveis a escala da arquitetura e uma resistência à tração um pouco inferior ao aço.

Nesse contexto há muito para se desenvolver. Um nome que se destaca como pioneira desse material é a arquiteta Leiko Motomura, que inova com seus projetos sustentáveis e com materiais alternativos. A arquiteta destaca que “na construção verde, a meu ver, nada é absoluto. Não existe um material que sempre é verde bem como não existe um material que é a melhor solução para resolver todos os problemas. É preciso pensar na reciclabilidade, no pós-uso e na toxicidade dos materiais”. Seu projeto para o Centro Cultural Max Feffer em Pardinhos, São Paulo foi o primeiro projeto da América Latina a receber a certificação LEED, concedida pelo *Green Building Council*. (SASSAKI, 2009).

Motomura (2010) destaca que outros aspectos importantes além da ecológica na escolha do bambu foram as características estéticas definindo uma personalidade ao projeto. Ela observa que o bambu “é pouco utilizado na arquitetura estrutural, mas conseguimos reconhecer suas qualidades específicas e trabalhá-las com criatividade”.

Como na obra de Anna Heringer, Leiko optou por trabalhar com a integração de diferentes materiais, com o que observa que “a cobertura em bambu descarrega em uma viga de eucalipto, e esta por vez se apóia em pilares independentes da estrutura de concreto”. No embasamento, a estrutura é em concreto com vedação em alvenaria. (LUPO; MEIRELLES; 2009, p. 24). O autor destaca que ao se trabalhar com materiais naturais, a falta de uniformidade deve ser levada em consideração. A arquiteta previu no desenho essas peculiaridades e trabalhou com uma braçadeira ajustável permitindo a adaptação às variações dos diâmetros dos colmos.

Motomura (2010) opta por utilizar ligações articuladas devido à baixa resistência ao cisalhamento do Bambu na direção paralela à fibra, ela observa que uma das principais problemáticas construtivas no Bambu são ligações entre dois elementos,

“A conexão utilizada entre os colmos e a grande viga de eucalipto, foi um pino longo metálico que atravessa a viga de madeira, e este prende na direção transversal em um pino de madeira. Um cordão de nylon amarra o colmo para evitar as tensões de cisalhamento.” (LUPO; MEIRELLES, 2009, p. 25)

Além da curvatura complexa na direção longitudinal é a valorização das técnicas Bioclimáticas integradas ao uso de um material natural e aplicado de modo contemporâneo, valorizando o projeto.

### **3. METODOLOGIA**

Os procedimentos metodológicos foram realizados nas seguintes etapas de trabalho:

#### **Primeira etapa: Revisão da Literatura**

A revisão da literatura foi realizada junto a fontes diversas como institutos, associações, internet, revistas periódicas, livros etc.

- 1- Estudou-se os conceitos de arquitetura vernacular e de projeto sustentável Segundo os autores de relevância na área entre estas, “*Vivienda y Cultura*” de RAPOPORT, Amos. (1972); “Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis” de Marian Keeler e Bill Burke (2010); “Arquitetura vernacular” de Rubenilson Brazão Teixeira (2017). “*Nonconventional and Vernacular Construction Materials: Characterisation*”. SHARMA *et al* (2016)
- 2- Estudou-se as características do bambu, como ele pode ser aplicado na estrutura, na vedação e nas coberturas. Entre elas, o comportamento das ligações em bambu com base em autores relevantes como “*Bamboo as a Building material*” de Klaus Dunkelberg (1992) “*Manual de Construcción com Bambu*” de Oscar Hidalgo Lopez (1981); “*Bambu de Corpo e Alma*” de Marco A. R. Pereira e Antônio Beraldo (2016).

#### **Segunda etapa - Estudo de Caso**

- 1- O método foi realizado a partir de dois estudos de caso relevantes para esta pesquisa: *Modern Education and Training Institute (METI)* de Anna Heringer e Centro Cultural Max Feffer de Leiko Motomura. Diante disso, adotaram-se as seguintes medidas:
- 2- Nesses estudos de caso foram realizados os seguintes pontos: Análise do projeto, conceitos de vernacular e sustentável; Informações relevantes sobre a obra; Projeto arquitetônico: plantas, cortes, elevações e demais desenhos; Implantação (relação com o terreno); Imagens: fotos e desenhos da obra; Sistema estrutural; Forma da Cobertura; Encaixes e ligações utilizadas; e Tamanhos dos vãos e elemento estruturais.
- 3- Visita ao Centro Cultural Max Feffer de Leiko Motomura;  
Fotos;  
Medidas métricas com trena a laser da obra visitada e croquis dos detalhes
- 4- Foram realizados modelos em escala reduzida na marcenaria do Curso de Arquitetura da Universidade Presbiteriana Mackenzie arquitetura dos diferentes tipos de ligações de bambu no contexto das duas obras.
- 5- Após as experimentações foi realizada uma análise comparativa da cultura, conforto e técnica construtivas, em especial as ligações aplicadas na arquitetura de Anna Heringer e Leiko Motomura.
- 6- Análise crítica das informações e organização do relatório final.

#### **4. RESULTADO E DISCUSSÃO**

Serão analisadas nesta etapa duas obras de bambu, das arquitetas Anna Heringer e Leiko Motomura, a partir dos seguintes projetos referenciais: (a) Centro Cultural Max Feffer em Pardinhos; e (b) o *Modern Education and Training Institute (METI)*, em Bangladesh, visando destacar as técnicas construtivas, estratégias bioclimáticas e os aspectos vernaculares adotados nessas obras.

Para o melhor entendimento da aplicação das técnicas construtivas em bambu na arquitetura foi realizada uma visita ao Centro Cultural Max Feffer em Pardinhos (Figura 1), devido a significância da obra no Brasil. Segundo Ballesté (2017), o projeto de Leiko faz parte de uma iniciativa do programa “Projeto Pardinho”, que visa incentivar políticas de desenvolvimento sustentável no âmbito ecológico e sociocultural na cidade. Esse terreno tinha como preexistência sanitários públicos e um palco para eventos. No projeto de Leiko o espaço abriga uma “biblioteca, centro de inclusão digital, palco com auditório aberto com capacidade de até 500 pessoas, museu do bambu, sala de exposições com mostra permanente em memória a Max Feffer e sala de reuniões com infraestrutura”. De acordo com Leite (2011, p. 38) “o complexo possui uma área construída de mil seiscentos e cinquenta e um metros quadrados”.

Figura 1 - Centro Cultural Max Feffer.



Fonte: autoral

O projeto deveria atender uma série de parâmetros para seguir seu conceito de um ambiente sustentável, entre os quais podemos citar a escolha dos materiais renováveis, que foi essencial para receber a certificação *Leed Gold*, podendo-se destacar inclusive o uso de elementos provenientes de outras construções, como tijolos e caixilhos de demolição. Outro aspecto relevante foi a valorização do material produzido no local aplicados na vedação do terreno em solo (LEITE, 2011).

Para garantir o conforto térmico diversas estratégias bioclimáticas foram incorporadas ao projeto. Tais estratégias foram explicadas por Paiva da seguinte forma:

“Segundo Leiko, todas as salas têm janelas operáveis, em lados opostos ou consecutivos, de forma que os usuários possam abri-las conforme a necessidade. Na sala onde esse recurso não foi possível criou-se um sistema de dutos de 30 centímetros de diâmetro, passando sob a sala contígua, para fazer o ar sair. Um sistema de aquecimento solar passivo faz circular o ar

quente gerado na estufa, instalada junto à parede de pedras, arrimo da entrada principal.” (PAIVA, 2010, p. 63).

Leiko também utiliza um sistema de aquecimento passivo, como destaca a Figura 2B a esquerda, similar a uma parede trombe, permitindo que o ar quente no inverno passe pelas pedras do muro de arrimo e aqueça o ambiente. O andar superior, por ser em grande parte aberto de ambos os lados, permite a ventilação cruzada bem como conforto térmico no verão.

O Centro Cultural Max Feffer possui uma forma curva e complexa trabalhada em bambu, sendo considerada uma das maiores coberturas do Brasil com esse material. De acordo com Belleste (2017), a “cobertura de duas águas é formada por 1048 colmos da espécie *Guadua chacoensis* de 10 centímetros de diâmetro, em média”. Estes colmos estão apoiados sobre duas vigas cilíndricas de eucalipto (Figura 2A).

Figura 2 A – Cobertura de bambu e toras de eucalipto do Cultural Max Feffer. 2 B – Dutos de ventilação do Centro Cultural Max Feffer



Fonte: autoral



Fonte: autoral

De acordo com Leiko em uma entrevista para Paula Noia (2012), a escolha do bambu como material para cobertura foi um pedido do Instituto Jatobá, que, em parceria com a prefeitura de Pardinhos, solicitou o projeto do Centro. Este instituto vem tentando promover o bambu na construção civil, sendo que a espécie predominante na região é o *Mosso*. Entretanto, a espécie utilizada foi a *Guadua* devido a maior espessura das paredes internas dos colmos. A respeito da precedência dos materiais, Leite descreve que:

“Na estrutura do telhado foi utilizado bambu vindo do Paraguai e toras de eucalipto da região, oriunda de florestas de reflorestamento, ambos materiais renováveis. Nas telhas foram utilizadas fibras vegetais sendo pintadas de branco na superfície superior para refletir os raios solares.” (LEITE, 2011, p.39).

Leiko afirma que no enfoque da sustentabilidade, o bambu é um material adequado devido suas características naturais. A arquiteta relata que para a execução da cobertura, devido a “falta de mão de obra especializada em bambu foram contratados marceneiros” que durante a obra foram capacitados a construir com o bambu em um processo colaborativo entre arquiteto e construtor. (NOIA, 2012)

Em 2010, a cidade de Pardinhos recebeu o selo LABVERDE que, segundo as pesquisas, teve essa condição alcançada em razão das atividades que o Centro Cultural Max Feffer vem desenvolvendo com a comunidade local (LABVERDE, 2011).

Os projetos de Anna Heringer para o *Modern Education and Training Institute* (METI), em Bangladesh, assim como o de Leiko Motomura, encontram no bambu um de seus elementos de maior destaque. A escolha das técnicas construtivas e materiais utilizados nestas obras são resultado de uma relevância da sustentabilidade. Neste sentido posicionamento da arquiteta Anna Heringer em relação a valorização do vernacular e da comunidade local. Esta afirma que foi essencial

“analisar e identificar os recursos disponíveis adequados, entender e ouvir as necessidades e desejos dos usuários, assim como do meio ambiente, e alcançar de forma equilibrada desenvolvimento e inovação para a população local” (HERINGER, 2012, p. 124).

A obra foi reconhecida como uma arquitetura sustentável em Bangladesh, “ganhando o prêmio *Aga Khan Award for Architecture* em 2007”. A escola está localizada em um vilarejo em Rudrapur e seu entorno é predominantemente rural. O projeto foi pensado para abrigar até 168 crianças da primeira infância. Este possui dois pavimentos, quais sejam, o embasamento em terra crua e o pavimento superior, que é um espaço mais amplo com cobertura em bambu. Na área externa a arquiteta pensou em um espaço aberto para facilitar o convívio e crescimento saudável da criança (Figura 3A). A planta do edifício é em formato retangular, possuindo três salas de aula no térreo, enquanto no pavimento superior há salas amplas para outras atividades. A escada de madeira integra dois volumes e tem a função estrutural de fortalecer o conjunto. (ALAM, 2018)

Em relação as condições bioclimáticas, Alam (2018) afirma que nessa região a melhor implantação do edifício é ao longo do eixo leste oeste. Entretanto, o edifício é alongado ao longo do eixo norte-sul:

“Anna Heringer consciente desses fatores, plantou arvores no lado oeste, criando uma massa de vegetação para garantir a proteção do sol de verão. No lado leste do edifício, há uma enorme área livre para as crianças brincarem. Os lados nortes e sul estão abertos, de frente para o caminho dos ventos predominantes, facilitando a ventilação.” (ALAM, 2018, P. 133)

Devido as temperaturas elevadas ao longo do ano, a arquiteta buscou o padrão orgânico das “cavernas” em terra, pois essas melhoram o conforto térmico na área interna (Figura 3B). Este material, então, regula a temperatura das salas e faz uma troca de umidade com o ambiente, o que contrasta com o térreo, sendo que o pavimento superior adota um aspecto mais aberto e com luz natural (Figura 3C), além da utilização de paredes vazadas de bambu, de forma a garantir uma moldura da vista externa, e facilitando a ventilação natural nesse ambiente.

Figura 3 A– *METI* Handmade School - 3 B direta acima - Pavimento superior do *METI* Handmade School 3 C - direita abaixo- Paredes orgânicas de terra do *METI* Handmade School;



Fonte: Award Cycle

Fonte: Award Cycle

A escolha do bambu e da terra como os principais materiais do projeto são decorrentes de diversos fatores econômicos, sociais e culturais. Tais elementos são abundantes na região e utilizados nas construções tradicionais de Bangladesh. No projeto da escola *METI* houve o aprimoramento das técnicas vernaculares, havendo uma troca entre a técnica do arquiteto e a cultura construtiva da comunidade, havendo, portanto, a referida troca, que é destacada pela arquiteta da seguinte forma:

“Na região da construção, Anna Heringer e sua equipe tentaram envolver toda a comunidade do vilarejo. A princípio, apenas os homens apareceram para participar do projeto. Por ter trabalhado em Radpur anteriormente, Anna sabia que as mulheres frequentemente se envolviam nos projetos de construção privada. Então, ela continuou a motivar as mulheres a participarem da construção da escola também.” (HERINGER; LEPIK, 2012, p. 126)

Ao analisar o Centro Cultural Max Feffer e o *Modern Education and Training Institute (METI)* é possível afirmar que ambos possuem paralelos entre as culturas e as técnicas construtivas com rebatimentos no desenvolvimento social das comunidades, bem como valorizam o conforto ambiental dos seus usuários aplicando técnicas bioclimáticas.

Além desses aspectos o bambu é um elemento que se destaca em ambas as obras. Este possui características singulares que fazem com que ele seja considerado um material com menor impacto ambiental, conforme descrito por Beraldo:

“O bambu protege o solo, seqüestra carbono rapidamente e pode ser utilizado junto com outras madeiras, em reflorestamento, sendo capaz de fornecer alimento e matéria-prima de boa qualidade, podendo contribuir para evitar o corte cada vez mais acentuado das árvores e das florestas tropicais” (BERALDO, 2010, p. 35)

Diferentes condicionantes de projeto determinaram a escolha deste material nas duas obras. Heringer destaca que aprendeu a técnica vernacular do bambu na comunidade e a escolha deste material foi relevante no processo pois integrou os moradores locais. A arquiteta

destaca que aprimorou a técnica vernacular e aplicou seu conhecimento na construção da escola *METI*. Já no Centro Cultural Max Feffer, a utilização do bambu foi uma consideração do Instituto Jatobá. Entretanto, a população local não era familiarizada com a construção em bambu, existindo poucos exemplos semelhantes construídos no Brasil. Leiko treinou a mão de obra envolvida no Centro e popularizou esta técnica.

Analisa-se que nas duas obras a escolha do bambu tem considerações paralelas, outro fator é a aplicação de técnicas bioclimáticas, que garantem o conforto térmico do edifício. Os projetos priorizam soluções que minimizam a necessidade de estratégias ativas, os dois adotam um espaço aberto no pavimento superior, evitam fechamentos e divisões internas, criam espaços com outras possibilidades de uso e, conseqüentemente, possibilitam a circulação cruzada, amenizando temperaturas elevadas.

Ambas as construções aplicam conceitos que aumentam o ciclo de vida dos edifícios preservando os materiais naturais, entre eles um destaque são os grandes beirais que protegem as estruturas de bambu.

No projeto de Leiko o beiral é possibilitado pela estrutura da cobertura que é apoiada por vigas de eucalipto, estas “sustentam 260 colmos de bambu diagonais colocados em forma de V, que descarregam o peso de outros 264 colmos” (BELLESTE, 2017). Às terças têm a função de sustentar as telhas e transmitir os esforços para os colmos da treliça em forma de V. O caimento da cobertura afasta a água protegendo o edifício das intempéries e, consecutivamente, aumentam a durabilidade da obra.

Assim como no projeto do Centro Cultural Max Feffer, o beiral da escola *METI* é garantido por pórticos com colmos em mão francesa, estes incluem três camadas de bambus que sustentam a estrutura em balanço (LIM, 2007). A estrutura de bambu no pavimento superior está engastada nas paredes de terra, e é composta por pórticos verticais de bambu ritmicamente espaçadas a distância de um metro apoiados em colmos bambu horizontais. Além de proteger a cobertura, o beiral tem a função de impedir a deterioração das paredes de terra devido a ação das chuvas.

Ainda que as obras analisadas possuam características vernaculares e sustentáveis semelhantes, a técnica foi aplicada de forma singular em cada uma. Na escola *METI* as ligações de bambu seguem um conceito de engenharia simples, usando uma cavilha de aço como o principal conector entre três camadas de fixação de bambu e corda de nylon (em oposição às cordas de juta tradicionais). No Centro Cultural Max Feffer, as conexões são compostas por três colmos e são unidos transversalmente por uma conexão metálica tubular. Por dentro desse tubo metálico passa uma barra metálica rosqueada que une os três colmos e é travada lateralmente por porcas (BELLESTE, 2017).

#### 4.1. Modelos Físicos

Devido a relevância das soluções técnicas adotadas por Leiko Motomura e Anna Heringer, foram realizados, para o âmbito dessa pesquisa, dois modelos em escala 1:1 dos sistemas de ligações de bambu.

Na obra do Centro Cultural Max Feffer o detalhe selecionado para análise foi o de ligação entre os bambus da estrutura em V que suporta a cobertura como mostra as figuras 4 A, B e C.

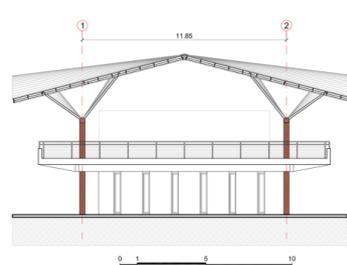
Figura 4 –A: Ligações de bambu com peças metálicas do Centro Cultural Max Feffer; B: Estrutura em V da cobertura de bambu e beiral da mesma, Fonte: autoral; C: Corte transversal da estrutura.



Fonte: autoral



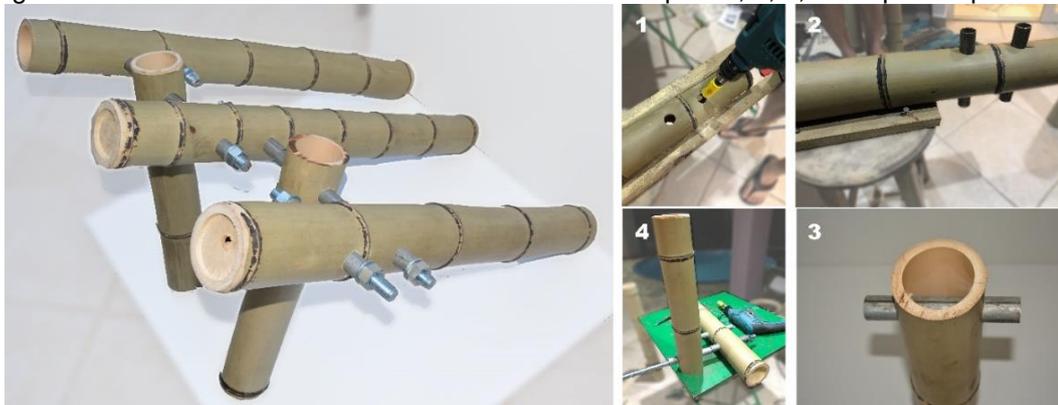
Fonte: autoral



Fonte: Belleste, 2017

Para realização do modelo em escala real das conexões do Centro Cultural Max Feffer foi realizada uma visita de campo e análise do memorial técnico da obra. O bambu utilizado neste experimento foi de espécie *Mosso* de 10 cm de diâmetro, barra rosca de 18 mm de diâmetro, cano metálico de 1", porca e rosca de 15 mm e serra-copo de 25 mm. Foi necessária uma adaptação metálica na serra-copo para não perder o alinhamento dos furos.

Figura 5: Modelo finalizado do detalhe da cobertura. Etapas 1, 2, 3, 4: Etapas do processo.



Fonte autoral

O primeiro passo para execução do modelo foi selecionar as varas de bambu com diâmetro mais regular, bem como a região ao longo da vara mais uniforme. A seguir, os bambus foram cortados com Serra tico-tico em dois tamanhos diferentes: as três varas de 90 cm (Grupo A), que representam a continuação das vigas de apoio das telhas; e o de duas varas de 50 cm (Grupo B), que simula o início do elemento estrutural em V no projeto Max

Feffer. Depois dos preparos iniciais, as barras do Grupo A foram furadas com a Serra Fura-copos em dois lugares distintos como destaca a Figura 5.1, que conectam dois diferentes bambus do Grupo B. e estas foram furadas em apenas um local. No lugar destas aberturas foram colocados espaçadores metálicos com comprimento de 20 cm (Figura 5. 2 e 5.3). Depois que todas as barras estavam preparadas com os espaçadores, foram introduzidas as barras roscadas e as porcas para conectar os bambus e fechar as ligações (Figura 5. 4).

Figura 6 A e B: Detalhes do modelo finalizado.



Fonte autoral

Fonte autoral

Conforme destaca as Figuras 6.A e 6 B os tubos metálicos individuais foram um recurso adotado por Leiko para facilitar o processo da obra. Devido a irregularidade dos colmos do bambu, esse recurso do espaçador visou facilitar a montagem do conjunto, pois permite deslocamento mínimo dos colmos para produzir a forma complexa da cobertura.

Já na obra da escola *Modern Education and Training Institute (METI)* o detalhe selecionado para análise foi o de foi o de ligação entre os bambus na estrutura do pórtico que suporta a estrutura do andar superior e da cobertura figura 7 A, pois este detalhe se aproxima como a busca destacada nesta pesquisa entre o Bambu e o vernacular. Neste sentido Oscar Hidalgo Lopez(1981) destaca a relação entre as obras vernaculares em Bambu com as ligações amarradas com base na trama dos cestos e dos elementos de pesca.

Figura 7 –A: Ligações de bambu com peças metálicas do Centro Cultural Max Feffer; 7 B: Estrutura em V da cobertura de bambu e beiral da mesma; 7-C: Corte transversal da estrutura.



Fonte: Heringer, 2017

Para realização do modelo em escala real das conexões do *METI*, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre a escola e técnicas construtivas em bambu. Neste trabalho os experimentos foram realizados com a espécie *Mosso* de 10 cm de diâmetro, barra roscada de mm de diâmetro, porcas e roscas de 5 mm, serra-copo de 10 cm e corda de nylon de 4 mm.

Figura 8 : Modelo finalizado do detalhe da cobertura de bambu, etapas 1, 2, 3, 4, 5, 6: Fotos do processo de execução do modelo, fonte autoral.



Fonte autoral.

Assim como no projeto do Centro Cultural, o primeiro passo foi a seleção das varas e o corte das mesmas no local mais adequado. Depois desse processo, as varas foram cortadas em 9 peças, que foram divididas em três grupos, e que representam diferentes partes na estrutura da escola: o primeiro grupo (Grupo A) é o das vigas na horizontal, que, no projeto original, estão engastadas nas paredes de terra; O Grupo B é o do tirante inclinado que funciona como mão francesa está apóia o beiral na cobertura; e por fim, o terceiro (Grupo C) que representam as vigas que suportam o primeiro andar. Para a conexão das varas verticais com as horizontais foi necessário realizar dois encaixes conhecidos como “boca de peixe”, mediante o uso de uma furadeira de bancada (Figura 8.1) e uma serra fura-copo de 10 cm. Para o encaixe de bambu do pilar inclinado do foi necessário calcular o ângulo da inclinação correta e fazer dois furos com a serra em dois sentidos diferentes (Figura 8.2) para o encaixe do pilar vertical foi necessário apenas um furo com a serra. A seguir os três componentes estruturais foram prensados com Sargento, garantindo o alinhamento dos bambus para fixação das barras roscadas (Figura 8. 3 e 4), sendo que, após a etapa ocorreu a união dos três elementos (Figura 18. 5) e a execução das amarrações com corda de nylon conforme destaca a Figura 12.6). Dunkelberg (1992) também destacava as dificuldades de realizar o encaixe em boca peixe devido as diferenças dos diâmetros dos colmos bem como a necessidade de instrumentos para fazer o encaixe preciso, devido a inclinação.

Figura 9 A-B: Detalhes do modelo finalizado.



Fonte autoral.

Foram realizados dois tipos de amarração para o encaixe, sendo, conforme a Figura 9 A e 9 B, uma amarração para os bambus na perpendicular e outra para a fixação dos bambus na perpendicular e horizontal. Observa-se que Heringer aplicou uma ligação mista pois utilizou a barra roscada e as amarrações com cordas de nylon.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em ambas as arquiteturas analisadas o projeto de arquitetura é alinhado a um pensamento sustentável que valoriza os materiais naturais e a comunidade local, bem como as técnicas vernaculares são alinhadas com estratégias bioclimáticas e elementos que aumentam o ciclo de vida dos edifícios e melhoram o conforto térmico dos usuários.

Nos projetos das coberturas de bambu, as arquitetas além de destacar a beleza do material, protegem por meio dos grandes beirais o edifício das intempéries e incorporam técnicas que facilitam a execução em obra como os espaçadores metálicos nas ligações dos colmos na obra de Leiko Motomura e a incorporação de saberes locais na técnica aplicada de amarrilhos tradicionais no projeto de Anna Heringer. Outro aspecto a ser citado são as estratégias de conforto térmico em ambos os projetos, como a geotermia nas paredes de pedra do Centro Cultural e a parede de terra que controla a temperatura do térreo na escola primária.

As experimentações realizadas demonstram fatos destacados na literatura por diferentes autores entre estas, a dificuldade de construir em colmos de Bambu devido as variações do diâmetro ao longo do seu comprimento rebatendo, criando problemas de compatibilidade entre projeto e construção, bem como para se produzir um encaixe e ajustar a composição com os outros elementos estruturais. As experimentações comprovam a importância dos amarrilhos para travar as ligações associado ao conhecimento vernacular advindo dos artesanatos em bambu na construção do METI de Anna Heringer. Outro ponto de destaque foi a evolução determinada por uma articulação simples permitiu gerar a formas curvas complexa da cobertura do Centro Cultural Max e a regularidade construtiva alcançada devido aos espaçadores.

A relevância da aplicação de técnicas vernaculares e da utilização de materiais naturais é demonstrada na análise das obras do Centro Cultural Max Feffer e do *Modern Education Training Institute (METI)*. As estratégias adotadas pelas arquitetas demonstram que uma arquitetura contemporânea pode incorporar aspectos sustentáveis e vernaculares sem deixar de lado sua qualidade e primor técnico.

## 6. REFERÊNCIAS

ALAM, M. M. ***A critical analysis of Bengali modern and traditional architecture using the “Deep Beauty” framework***. Tese de Doutorado, Science , Kansas State,, 2018.

BALLESTÉ, Joan Font. **Desempenho construtivo de estruturas de cobertura com colmos de bambu**. Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-21122017-103248/> acesso em 01/07/2019.

BAWEJA, V. ***A Pre-history of Green Architecture: Otto Koenigsberger and Tropical Architecture, from Princely Mysore to Post-colonial London***. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, The University Of Michigan, Michigan, 2008.

CARDOSO JUNIOR, R. **Arquitetura com bambu. 2000**. Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2000.

DOS SANTOS, S. C.; COSTA, S. K. Arquitetura vernacular ou popular brasileira: conceitos, aspectos construtivos e identidade cultural local. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, v. 24, n. 35, p. 218, 2017.

DUARTE, J.; MEIRELLES, C. R. M. **Análise do projeto e técnicas construtivas de Francis Kéré e seus paralelos com obras arquitetônicas executadas no Brasil**. In: XIII Jornada de Iniciação Científica e VII Mostra de Iniciação, São Paulo, Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2018.

DUNKELBERG, Klaus. Bamboo as a building material, in: **IL31 Bambus**, Karl Krämer Verlag, Stuttgart, 1992.

ESPINHA, R. B; SANT’ANNA, M. **Resumo da Obra de RAPOPORT: House, form and culture**. *Arquitetura Popular: Espaços e Saberes*, UFBA. 2013. Disponível em <http://www.arqpop.arq.ufba.br/tags/arquitetura-primitiva>. Acesso 10. mar. 2018.

FEFFER, Betty. Centro Max Feffer: um centro de referência em cultura e sustentabilidade no Polo Cuesta, Pardinho, SP. **Revista LABVERDE**, n. 2, p. 129-132, 2011.

HERINGER, A. **Anna Heringer: O calor e a sabedoria das estruturas de Barro**. Ted Talks, Bangladesh, 2017. Disponível em: [https://www.ted.com/talks/anna\\_heringer\\_the\\_warmth\\_and\\_wisdom\\_of\\_mud\\_buildings?language=pt-br](https://www.ted.com/talks/anna_heringer_the_warmth_and_wisdom_of_mud_buildings?language=pt-br). Acesso em: 28 mar. 2017

HERINGER, Anna. **Anna Heringer Architecture**. Disponível em: <http://www.anna-heringer.com/>. Acesso em 28 mar. 2018.

HERINGER, A; LEPIK, A. Authentic Architecture, or: The Bangladesh Lessons. Journal for Architectural Knowledge. Hajte Cantz, Ostfildern on behalf of Candide, 2012. n. 06. 10/2012, pp. 117–139,

HORTA, Maurício. **De volta à arquitetura vernacular na Meti School. Anna Heringer e Eike Roswa Rudrapur in Bangladesh. Revista AU.** 2009. Disponível em: <<http://au17.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/182/de-volta-a-arquitetura-vernacular-na-meti-school-anna-heringer-134776-1.aspx>>. Acesso em: 26 mar. 2018.

KEELER, Marian; BURKE, Bill. **Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis.** Porto Alegre: Bookman, 2010.

LIM, Jimmy, C.s. **Hand-Made School: Rudrapur, Bangladesh.** Rudrapur, Bangladesh: Award Cycle, 2005. 115 p.

LOPEZ, O. H. **Manual de Construcción com Bambu.** Cali: Estudios Tecnicos Colombianos, Universidad Nacional de Colombia y Centro de Investigación de Bambu y Madera CIBAM, 1981.

LUPO, G; MEIRELLES, . R. M. **Potencial construtivo do bambu.** Gradua angustifólia no projeto arquitetônico. In: VI Jornada de Iniciação Científica PIBIC e PIVIC, São Paulo, Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2010. v. VI. p. 1-17.

MOTOMURA, L. **Leiko Motomura.** São Paulo, 2010. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=fQtVPIAWmLE>. Acesso em: 29 mar. 2018.

NOIA, P. R. da C. **Sustentabilidade Socioambiental: Desenvolvimento do sistema construtivo em bambu no Vale do Ribeira.** Mestrado em de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

ONU. **Agenda21.** Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/agenda21.pdf> acesso em 1.fev.2018.

**OSSE, V. C; MEIRELLES, C.R.M.** O Potencial do Bambu Na Minimização dos Problemas Climáticos nos Espaços Urbanos. **Labverde**, São Paulo, n. 03, nov. 2011.

PAIVA, Cida. Centro cultural ganha certificação Gold. **Finestra**, São Paulo, edição 61, mar./abr., 2010.

PEREIRA, M. A. R.; BERALDO, A. **Bambu de Corpo e Alma.** Bauru: Canal 6, 2016. 2ª Ed.

RAPOPORT, Amos. **Vivienda y Cultura.** Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A., 1972.

SHARMA, Bhavna *et al.* **Nonconventional and Vernacular Construction Materials: Characterisation, Properties and Applications.** 2016.

SASSAKI. R. Hama. Centro Cultural Max Feffer em Pardinhas. **ARCOWEB.** São Paulo, julho. 2009. Disponível em <https://arcoweb.com.br/projetodesign/arquitetura/amima-arquitetura-centro-cultural-28-07-2009>. Acesso em 26. Mar. 2018.

TEIXEIRA, R. B. Arquitetura vernacular. **Arquitextos**, São Paulo, ano 17, n. 2017.

Contatos: [beatrizueda1@gmail.com](mailto:beatrizueda1@gmail.com) e [celiaregina.meirelles@mackenzie.br](mailto:celiaregina.meirelles@mackenzie.br)