

HABITAÇÃO RIBEIRINHA: ESTUDO DA APLICAÇÃO DOS ENCAIXES NAS VEDAÇÕES POR PROTOTIPAGEM RÁPIDA

Ana Carolina Sevaztian Terzian (IC) e Célia Regina Moretti Meirelles (Orientadora)

Apoio: PIVIC Mackenzie

RESUMO

Em decorrência da maior disponibilidade de novas tecnologias, sobretudo das máquinas de corte *CNC* (Computer Numerical Control), e a partir da análise das técnicas construtivas já utilizadas pela população ribeirinha da Amazônia e de outras localidades, essa pesquisa busca promover uma investigação a respeito das novas possibilidades técnico-construtivas que essas tecnologias podem exercer para o sistema de vedação e de sua subestrutura das habitações ribeirinhas da Amazônia. Por meio dessa investigação, demonstra também a intenção fortificar o debate desse assunto na área acadêmica, visando uma maior inclusão da arquitetura ribeirinha como área de estudo de aplicação das tecnologias digitais. A partir de uma investigação teórica e da experimentação prática realizada por meio da confecção de modelos em papel-cartão cortados por uma máquina de corte à laser, portanto nesta pesquisa buscou-se desenvolver um sistema de vedação e sua subestrutura que garantisse estabilidade, durabilidade e conforto em nas habitações, assim ocasionando em uma melhor qualidade de vida dessa população, bem como numa abordagem técnico-construtiva que respeite o ciclo dos materiais empregados.

Palavras-chave: Arquitetura Ribeirinha, Prototipagem Rápida, Fabricação Digital

ABSTRACT

Due to the greater availability of new technologies, especially *CNC* (Computer Numerical Control) machines, and from the analysis of construction techniques already used by the riverside population of the Amazon and other localities, this research seeks to promote an investigation about the new technical-constructive possibilities that these technologies can exert for the sealing and sealing sub-structure of the riverside housing of the Amazon. Through this research, there is na intention to enhance the debate of this subject in the academic area, aiming at a greater inclusion of the riverside architecture as na application area for digital technologies. From a theoretical investigation and the practical experimentation carried out through the manufacture of paperboard models cut by a laser cutting machine, this research aimed develop a system of sealing and its sub-structurel that guarantee stability, durability and comfort, thus Reading to a better quality of life, as well as a technical-constructive approach that respects the cycle of the materials used.

Keywords: Riverside Architecture, Rapid Prototyping, Digital Manufacturing

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, de acordo com o censo realizado pela Fundação João Pinheiro (2017), existia em 2015 um déficit habitacional de “6 milhões e 186 mil” (“9,3%”) residências, sendo considerado déficit habitacional as habitações precárias, coabitação familiar e famílias cuja renda é comprometida em mais de “30%” com alugueis, bem como adensamento excessivo em imóveis alugados. A região norte apresentou o maior percentual do déficit habitacional do país, “12,8%”, sendo as maiores defasagens no Pará, de “306 mil”, e no Amazonas de “147 mil” (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2017).

A Amazônia, entendida como um bioma é um conjunto de ecossistemas que se estende pelos países Brasil, Bolívia, Colômbia, Equador, Guiana, Guiana Francesa, Peru, Suriname e Venezuela, sendo sua área no Brasil equivalente a 4,1 milhões de km². Em todo o seu território, o nível da água chega a variações anuais de mais de doze metros, sendo por isso a grande influência dos rios na vida ribeirinha (BRUGNERA, 2015).

A constante presença da água nas habitações, no entanto, faz com que a qualidade das condições de salubridade, conforto e ciclo de vida dos materiais utilizados nas habitações estejam sob ameaça. Essa falta de durabilidade das residências é agravada pela falta de qualidade construtiva das vedações e em seus modos de produção.

Nas épocas de cheia, a água acumulada contribui para a proliferação de doenças, como malária, hepatite, cólera e febre amarela. Além disso, a acessibilidade de profissionais da saúde é comprometida, já que existem propriedades que são somente acessíveis por meio de barcos e canoas. Nas épocas de vazante, existem árvores e troncos que bloqueiam a passagem de barcos, acumulando muitas doenças, insetos e pragas. Já nas épocas de seca a navegação é dificultada pela existência de bancos de areia (FRAXE apud OLIVEIRA, 2000).

No que diz respeito ao conforto ambiental, as habitações ribeirinhas comumente apresentam condições negativas, considerando que não apenas as estruturas são feitas em madeira, como também as vedações, sendo essas bastante esbeltas e não apresentando massa suficiente para que ocorra inércia térmica. Tendo em vista as dificuldades de acesso a ferramentas adequadas, dificilmente os ribeirinhos se preocupam com painéis de vedação duplos e muitas vezes aplicam telhas de zinco ou alumínio, fazendo com que as temperaturas do interior das residências sejam bastante elevadas. Além disso, nota-se que a população ribeirinha evita a confecção de peças que utilizam encaixes ou sambladuras, havendo a preferência por peças pregadas (MEIRELLES et al, 2015).

Quanto ao ciclo de vida dos materiais, percebe-se que há um certo desperdício no uso da madeira. As técnicas construtivas adotadas pela população ribeirinha da Amazônia muitas

vezes precisam de manutenção constante ou então levam as edificações ao abandono ou substituição devido às enchentes e assoreamento das edificações (MEIRELLES et al, 2015).

Os principais pontos observados na visita *in loco* relacionados a falta da durabilidade incluem palafitas com suas fundações em madeira enterradas no chão, assoreamento da edificação, a falta de contraventamento levando à perda da estabilidade global, vedações pregadas na vertical, beirais curtos, a falta da formação técnica da madeira, bem como um pequeno tempo de secagem das madeiras (MEIRELLES et al, 2015, p.295).

Considerando que a falta de durabilidade das habitações está intimamente relacionada à baixa qualidade construtiva das vedações e com o constante contato direto com a água, é válido discutir a aplicação a pré-fabricação digital de peças de vedação e de suas subestruturas como forma de garantir maior precisão e qualidade. A possibilidade da aplicação das tecnologias digitais no panorama das habitações ribeirinhas da Amazônia é fortalecida devido ao fato de as construções em madeira terem um potencial natural para a pré-fabricação. Para tal, pode ser defendida a implantação de um laboratório localizado em um ponto estratégico ao longo dos rios, onde pode-se ter uma unidade operacional composta por maquinário de marcenaria, incluindo máquinas *CNC* (Computer Numerical Control), sendo controlada por um computador.

Esses laboratórios poderiam seguir o exemplo operacional do FabLab, um padrão de oficinas que abrigam maquinário para fabricação de projetos pessoais. A iniciativa surgiu em 2002, quando o professor e diretor do grupo Center for Bits and Atoms do MIT (Massachusetts Institute of Technology), Neil Gerhenfeld, inaugurou o primeiro FabLab em Boston. A proposta do FabLab era servir como um laboratório de produção pessoal de uso público, com o objetivo de oferecer as ferramentas para se fabricar diversos objetos. Após o sucesso dessa primeira unidade, houve uma proliferação de FabLabs em várias cidades ao redor do mundo, inclusive no Brasil (NUNEZ, 2010).

Comunidades como Manacapuru, que têm uma notável proximidade com núcleo urbanizado e possuem mais de 60.000 habitantes, poderiam utilizar dessa abordagem para melhoria das habitações ribeirinhas já que esses locais poderiam abrigar uma unidade operacional de uma máquina de corte *CNC* com subsídio do governo, na qual haveria o uso livre da máquina pela população local, podendo ser utilizados projetos deles próprios ou de outra localidade. Dessa forma, seria possível a utilização de modelos projetados no local ou em qualquer outro lugar do mundo.

Na ausência da implantação desse sistema, o estudo da prototipagem rápida é relevante como método investigativo na produção dos encaixes de vedação, não sendo utilizado como método de produção final das peças, podendo esses serem reproduzidos com

os equipamentos locais já disponíveis para a população ribeirinha da Amazônia, como as serras tico-tico e circular. Dessa forma, esta pesquisa pretende contribuir no desenvolvimento da técnica de construção e montagem da vedação, que apesar de simples, melhoraria qualitativamente o aproveitamento do ciclo do material de acordo com o aumento da durabilidade das peças e da qualidade destas decorrente de maior precisão em sua fabricação. Dessa maneira, apesar de o foco da pesquisa ser a fabricação digital, volta-se o olhar para a tectônica, causando um rebatimento na construção ribeirinha da Amazônia.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Entre as obras acadêmicas que discutem o uso da tecnologia de prototipagem rápida para suprir o déficit habitacional, destaca-se o pesquisador do Massachusetts Institute of Technology (MIT), Lawrence Sass. Em seus artigos publicados, mostra como concebeu um sistema construtivo pré-fabricado que utiliza a máquina *CNC* como principal tecnologia.

No artigo “The Instant House: A Model of Design Production with Digital Fabrication”, Sass (2006) expôs, juntamente ao pesquisador Marcel Botha, um modelo de produção de residências estruturadas em wood frame com o tempo de construção reduzido. O objetivo da pesquisa era possibilitar que fossem geradas casas customizadas para cidades rurais em um curto período. Em longo prazo, o método deveria ajudar o usuário final a construir uma variedade de peças com diferentes formas por meio de um sistema de produção digital organizado. Dessa forma, as residências construídas manteriam os estilos e técnicas culturalmente arraigadas pela população do lugar. Os resultados encontrados seriam utilizados para suprir o déficit habitacional gerado por desastres naturais em pequenas comunidades, cuja população poderia fazer uso de máquinas de corte *CNC* portáteis para fabricação das peças e construção da residência in loco.

Em um panorama nacional, destaca-se a obra de Wilson Florio, que publicou diversos artigos voltados para tecnologia e arquitetura. No artigo “A contribuição dos protótipos rápidos no processo de projeto em arquitetura” (2007), publicado em conjunto com Mario Lasar Segall e Nieri Soares Araújo na ocasião do 18º Simpósio nacional de geometria descritiva e desenho técnico de Curitiba, é investigada a importância de modelos físicos, modelos digitais e protótipos rápidos no processo projetual de arquitetura. Neste, é ressaltado que a representação física de um modelo digital é fundamental para a avaliação do projeto, tendo em vista que é a materialização do mesmo a partir da tradução de arquivos CAD (Computer Aided Design). Essa obra se mostra relevante para a pesquisa tendo em vista a importância que os modelos físicos produzidos por prototipagem rápida exercerão na avaliação da

efetividade dos diferentes tipos de encaixes estudados, permitindo analisar a facilidade de execução, a estabilidade geral dos encaixes e o método de produção.

Devido ao fato de a pesquisa se referir à arquitetura ribeirinha, uma obra que assume primordial importância é a dissertação de mestrado de Jair Oliveira, “Arquitetura Ribeirinha sobre as águas da Amazônia: o habitat em ambientes complexos”, publicada junto à Universidade de São Paulo em 2009. Nela, são abordados os aspectos a partir dos quais se formam as habitações ribeirinhas da região amazônica, bem como é feita uma análise de sua arquitetura e sistemas construtivos. Além disso, a dissertação se volta aos aspectos do cotidiano da população ribeirinha em termos sociais, espaciais e culturais. Segundo Oliveira, as residências são construídas sobretudo a partir de duas técnicas construtivas diferentes: as palafitas e os flutuantes (OLIVEIRA, 2009).

As casas sobre palafitas são implantadas nas encostas dos rios ou em áreas de terrenos altos em suas margens, enquanto as casas flutuantes são livres da relação com a terra, permitindo grande flexibilidade do morador ribeirinho quanto ao local de implantação, possibilitando que sua casa tenha acesso a outras regiões ou que se adapte à flutuação do nível de água nas épocas de cheia e vazante. Essas duas técnicas construtivas refletem as dificuldades de se construir em um local sujeito ao alagamento decorrente das cheias, obedecendo a um ciclo hidrológico (OLIVEIRA, 2009).

Quanto à abordagem do tema das vedações na habitação ribeirinha, é notável o relatório técnico-científico “Tecnologia das construções em madeira: Adequação dos sistemas de fechamento e vedação”, do grupo de pesquisa Sistemas Construtivos na Arquitetura Contemporânea, da Universidade Presbiteriana Mackenzie. Nesse relatório de 2011 é avaliado o desempenho da residência “Habitáculo”, previamente projetada pelo grupo em 2008, tendo como base a pesquisa “Tecnologia das construções em madeira: adequação a busca de sistemas construtivos contemporâneos”. O Habitáculo é um projeto de residência com sistema estrutural misto, havendo um sistema de viga e pilar principal e como estrutura secundária um sistema similar ao Wood Frame, sendo vedado por paredes duplas de OSB (Oriented Strand Board). A segunda pesquisa busca avaliar o desempenho do sistema estrutural e o desempenho térmico dos painéis de vedação, considerando diferentes materiais de preenchimento entre as placas de OSB, como lã de rocha, lã de vidro, isopor, ar, fibra de coco, argila, bagaço de cana, e suas respectivas adequações com a norma de desempenho NBR 15575: Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos: Sistemas de vedações verticais externas e internas (2013). Nessa pesquisa, concluiu-se que uma vedação de apenas uma prancha de OSB apresentava uma temperatura interna superior em 4°C à temperatura externa, enquanto vedações compostas por outros materiais, como a lã de

vidro, o isopor e a fibra de coco apresentaram resultados mais eficientes com temperaturas internas superior às externas em 1°C ou 2°C.

De acordo com o guia francês “Construction de Maisons à Ossature Bois”, existem várias técnicas de produção das vedações, pregadas ou encaixes. Uma solução que pode ser adotada é a sobreposição de tábuas na vertical, conforme mostrado Figura 1, que diminui a necessidade do uso de montantes para estruturar os painéis de vedação (BENOIT; PARADIS, 2009).



Fig. 1 – Painel de vedação com tábuas posicionadas na vertical.
Fonte: BENOIT; PARADIS, 1992 apud MEIRELLES, 2015, p. 50.

Uma técnica semelhante a essa é usada pela população ribeirinha da Amazônia, porém ao invés de as peças de madeira serem conectadas por meio de encaixes, as peças são pregadas entre si.

Ainda de acordo com o guia “Construction de Maisons à Ossature Bois”, uma outra técnica recomendável é o posicionamento das tábuas de vedação horizontalmente e levemente inclinadas, começando a pregação de baixo para cima e sobrepondo-as em alguns centímetros ou fazendo um encaixe periférico, como mostra a figura 2. O posicionamento das tábuas nessa maneira é denominado de “siding” e tem como objetivo de impedir o escoamento de água para o interior da residência, sendo útil também para prolongar a durabilidade do material, já que quando o painel é danificado pelo contato direto com a água, é possível substituir apenas as peças inferiores, evitando que seja necessário substituir todas as tábuas (BENOIT; PARADIS, 2009).

As vedações necessitam de uma outra estrutura para que consigam permanecer na vertical, tendo em vista o fato de não serem autoportantes. Em geral, são utilizados montantes apoiados sobre o piso ou fixados no teto, funcionando como uma estrutura secundária aos pilares e vigas e sendo dimensionados de forma reduzida em relação à estrutura principal.

Alternativamente, poderia ser utilizado o sistema americano *woodframe*, que prevê apenas a utilização desses montantes sem que seja necessária uma estrutura principal. Considerandose montantes de aproximadamente 6 x 8 cm ou 8 x 8 cm, seria necessário que fossem espaçados entre 40 e 60 centímetros (CHING, 2017).

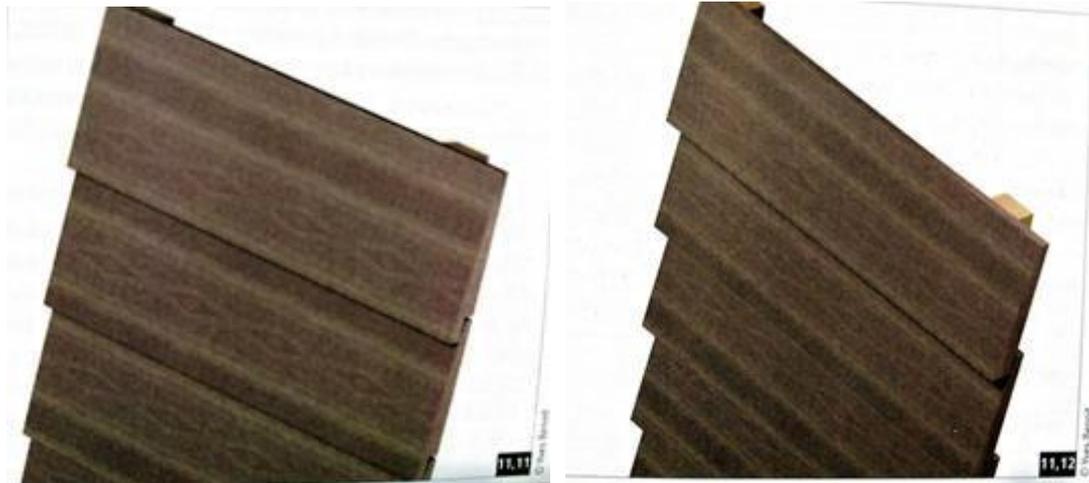


Fig. 2 – Painel de vedação com a utilização da técnica “siding”.
Fonte: BENOIT; PARADIS, 1992 apud MEIRELLES, 2015, p. 49.

Em um sistema estrutural que prevê uma estrutura secundária composta por montantes, em intervalos regulares devem ser utilizados contraventamentos para estabilizar o sistema contra a ação constante do vento. No caso de construções em madeira, esses contraventamentos se interligam com as estruturas primárias e secundárias por meio de sambladuras.

Sambladuras são ligações inclinadas entre duas ou mais peças de madeira sem que seja necessário a utilização de pregos, parafusos ou quaisquer outras peças de metal. As sambladuras apenas podem ser usadas quando uma das peças é comprimida, havendo a necessidade de aferir as resistências ao cisalhamento e esmagamento das superfícies das peças (MOLITERNO, 2010).

A execução dessas sambladuras, por vezes, pode se tornar complexa considerando que as peças que a formam necessitam de cortes na diagonal, difíceis de serem executados a partir de ferramentas de corte manuais.

O processo de construção de painéis de vedação como os citados acima, bem como o de suas subestruturas, poderia ser consideravelmente agilizado se fossem utilizadas peças pré-fabricadas, sobretudo considerando o auxílio de máquinas de prototipagem rápida.

Entende-se por peças pré-fabricadas, peças produzidas em uma fábrica de montagem, opondo-se à construção in loco (NUTT-POWELL, 1982 *apud* SASS; BOTHA, 2006).

Existem dois tipos de casas pré-fabricadas disponíveis para os consumidores: casas móveis que saem da fábrica completas e são entregues em terrenos preparados e casas que são fabricadas a partir de componentes fisicamente grandes que são entregues no terreno e montados in loco (DAVIES 2005, *apud* SASS; BOTHA, 2006).

A partir disso, entende-se que uma residência não precisa ser inteiramente préfabricada, mas que poderia ter partes mais trabalhosas ou delicadas executadas em outro local para então serem transportadas para o local da construção.

No contexto das habitações ribeirinhas, essas peças mais trabalhosas seriam as vedações compostas horizontalmente e suas subestruturas com ligações em sambladuras, que para ter um grau maior de precisão poderiam ter suas placas cortadas por máquinas CNC (Computer Numerical Control).

As máquinas CNC são categorizadas como aquelas que criam objetos a partir da remoção de material de um bloco, chapa ou folha. Seu sistema de funcionamento requer que um usuário prepare um arquivo no programa, coloque o material e envie o arquivo à máquina. Após essa preparação, a máquina corta ou fresa automaticamente o material de acordo com o arquivo (SEELY, 2004).

Dentre as máquinas CNC existem máquinas de diferentes modos de funcionamento, como exemplo, as fresadoras (“*routers*”) e de corte à laser. As máquinas fresadoras cortam as peças a partir do contato direto entre a máquina e a peça a ser cortada, enquanto as máquinas de corte à laser o fazem a partir do contato da peça com o raio do laser, disparado pela máquina à uma pequena distância. Devido a esses modos de funcionamento, as máquinas de corte a laser são apropriadas para cortar folhas ou placas finas de materiais como madeira, papel, papelão, isopor, plásticos, entre outros e as máquinas fresadoras são adequadas para cortar placas de materiais maiores, podendo esses serem mais espessos, apesar de funcionar com uma gama menor de materiais. Dessa forma, para cortar peças de madeira com maior espessura, é favorável que se utilize máquinas fresadoras (SEELY, 2004).

A leitura dessas obras foi essencial para o desenvolvimento da pesquisa, de maneira que permitem a compreensão de um panorama geral e detalhamento dos temas abordados.

3. METODOLOGIA

Etapa 1: Levantamento de dados e referências bibliográficas: Leitura de referências de vedações e estrutura de suporte da mesma em habitações ribeirinhas internacionais e brasileiras, bem como de habitações sociais feitas com uso de tecnologias digitais, analisando sempre os aspectos econômicos, de conforto, de estabilidade, de durabilidade e de disponibilidade de materiais e ferramentas.

Etapa 2: Estudo para transpor essas técnicas construtivas para a população ribeirinha da Amazônia, de acordo com o material disponível e instrumentos acessíveis à população.

Etapa 3: Projeto e modelagem de modelos de um encaixe de vedação e subestrutura da vedação que sirvam às condições de estabilidade e durabilidade de melhor maneira, utilizando o software digital de desenho técnico AutoCAD.

Etapa 4: Execução de modelos em papel-cartão na escala 1:10 baseados na modelagem feitas anteriormente, usando a máquina de corte à laser Glorylaser GLC 1080 (Fig. 3), disponibilizadas pelo Laboratório de Prototipagem Rápida da Universidade Presbiteriana Mackenzie.

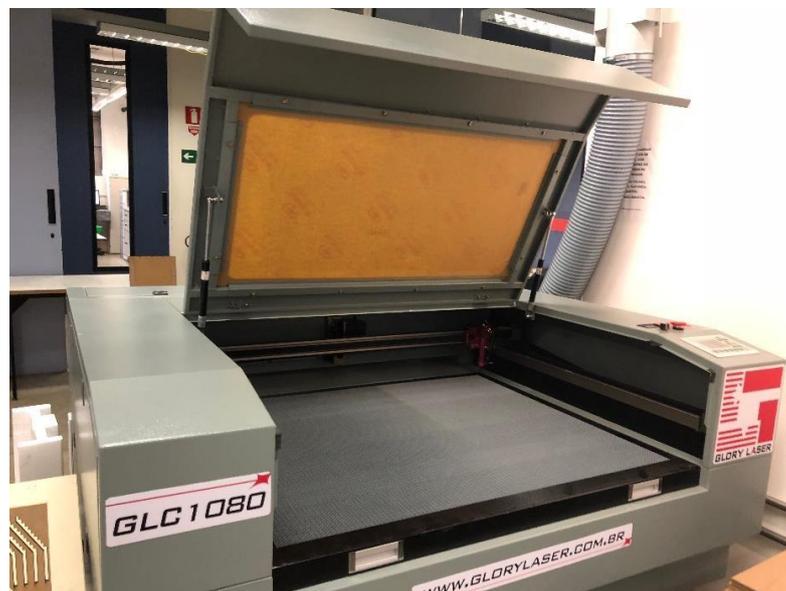


Fig. 3 – Máquina de corte à laser Glorylaser GLC 1080.

Fonte: Autora.

Etapa 5: Análise dos resultados e síntese dos resultados.

Etapa 6: Redação do trabalho final para publicação junto ao PIBIC.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

Para fins do desenvolvimento desta investigação, foi analisada as possibilidades de levar os métodos construtivos normalmente utilizados na prototipagem rápida para a população ribeirinha na Amazônia. Para tal, inicialmente foram levantados os materiais (tipos de madeira), os conhecimentos e os instrumentos acessíveis e disponíveis à população ribeirinha, bem como os conhecimentos que seriam necessários para executar os encaixes de vedação e da subestrutura da vedação comumente utilizados pela prototipagem rápida.

No Brasil, os tipos de madeira normalmente utilizados na estruturação habitação ribeirinha são de alta qualidade, dureza e durabilidade, como Maçaranduba, Jacareúba ou Itaúba. Para as vedações, normalmente são utilizadas madeiras mais leves e moles, como a Marupá, o Cedro, o Algelim, o Louro-canela e o Louro-vermelho. Já na cobertura, são utilizadas madeiras de alta densidade, como o Jatobá. No caso dos flutuantes, as toras utilizadas para apoiar a habitação costumam ser feitas em Açacu, enquanto no caso das palafitas, as madeiras utilizadas para os esteios são: a Maçaranduba, a Piranheira, ou a Quariquara. Outras madeiras encontradas na Amazônia e comumente utilizadas na construção de habitações são: Pitanheira, Mulateiro, Tachi, Ingá, Espinheira, Muiratinga, Castanheira, Pau-brasil, Samaúma, Faveira, Ipê, Paricarana, Tarumã, Turimã, Acapu, Acapurana, Abiurana, Castanha Macaco, Cupiúba, Guariuba, Itaubarana, Paracuíba, Seringueira, Taperebá e Ucuúba (MEIRELLES, 2015).

Muitas vezes as madeiras utilizadas para a construção das habitações ribeirinhas da Amazônia são retiradas diretamente da natureza, sem sofrer qualquer tipo de tratamento, o que acaba por influenciar na durabilidade da edificação (MEIRELLES, 2015).

Esse desgaste do material se intensifica pelo constante contato com a água decorrente da cheia dos rios, bem como devido à precariedade do posicionamento das tábuas de vedação, que ocorre majoritariamente na vertical como resultado dos menores custos em sua instalação em contraponto do posicionamento horizontal destas. Nota-se que devido ao maior custo relacionado com a instalação horizontal das tábuas de vedação, elas tornam-se sinônimo de alto status social dentro da população ribeirinha, muitas vezes sendo utilizadas apenas na parede da fachada, como elemento decorativo (Fig. 4).

Apesar disso, a instalação horizontal das placas é um método eficiente de evitar desperdício de material, tendo em vista que após a vedação ser parcialmente danificada, pode ter apenas as placas inferiores e que estavam em contato direto com a água substituídas, assim promovendo um melhor aproveitamento do ciclo do material, bem como da mão de obra utilizada na construção das habitações.

A fixação dos componentes estruturais e de vedação comumente é realizada a partir de pregos e encaixes, sendo os instrumentos disponíveis para corte das peças escassos e simples, como a serra tico-tico e a serra circular.



Fig. 4 - Habitação ribeirinha com vedações executadas a partir de tábuas verticais e horizontais, respectivamente.

Fonte: MEIRELLES, 2015, p. 67.

Devido à essas limitações, buscou-se uma solução de vedação e de subestrutura que pudesse ser reproduzida apenas com o auxílio das ferramentas disponíveis. Assim, foi utilizado como base para o projeto desse sistema de painéis de vedação um dos métodos construtivos empregados em um edifício residencial e de escritórios (Fig. 5) projetado por um grupo de arquitetos liderados por Alexander Reichel e construído em 1999 em Kassel, na Alemanha. Nesse edifício, foram utilizados perfis de madeira cortados de maneira escalonada (Fig. 6) a fim de apoiar tábuas também de madeira que funcionam como vedação (STAIB, 2008).



Fig. 5 – Fachada e detalhe do prédio residencial e de escritórios em Kassel.

Fonte: STAIB, 2008, p. 107 e 109.

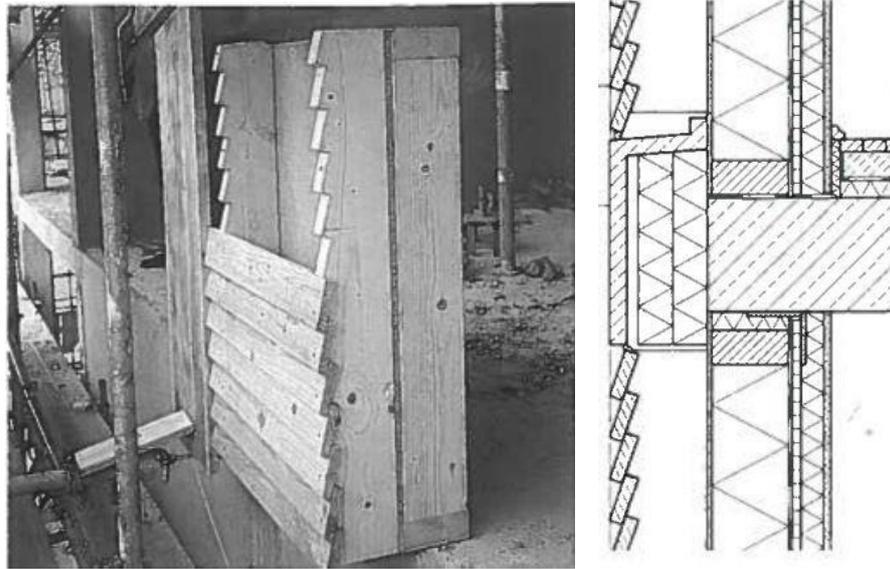


Fig. 6 – Detalhe do prédio residencial e de escritórios em Kassel.

Fonte: STAIB, 2008, p. 106 e 109.

A partir da análise desse sistema de painéis de vedação de Kassel, foi projetado nesta pesquisa um painel (Fig.7) que funciona em uma lógica similar, adaptando-o para que pudesse ser facilmente reproduzido pela comunidade ribeirinha da Amazônia, bem como por meio de fabricação digital com o auxílio de máquinas CNC.

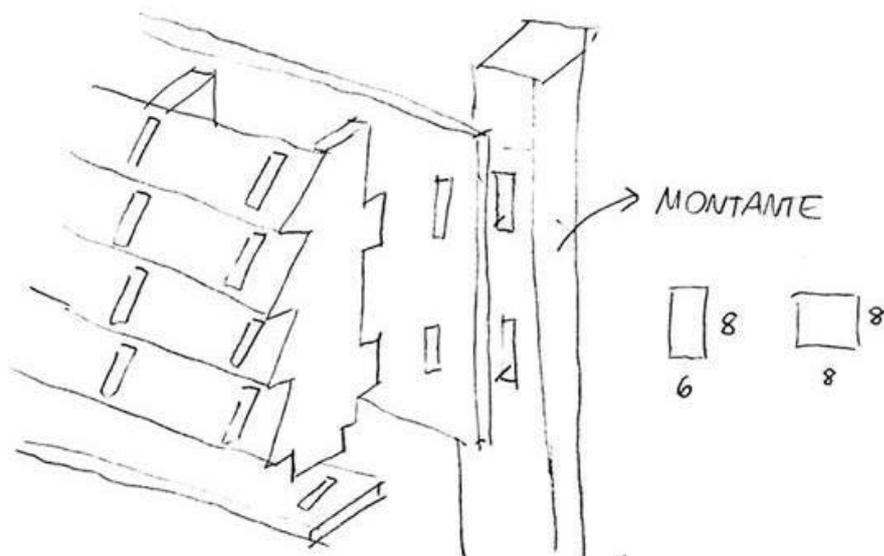


Fig. 7 – Projeto inicial para Modelos de encaixe de vedação e subestrutura da vedação
Fonte: Autora.

Visando uma maior economia dos materiais, bem como a racionalização da construção, foi proposta a execução de um perfil com apoios inclinados nos quais fosse possível pregar tábuas posicionadas horizontalmente. Esse perfil também trabalha como montante, assim assegurando a estabilidade da vedação ao mesmo em que apoia as tábuas horizontais. Dessa forma, pode-se dizer que essa peça ocupa uma posição dupla: tanto como montante estrutural, quanto como subestrutura de vedação. Devido a esse duplo papel, há maior facilidade na construção requerendo um menor tempo de execução e quantidade de mão de obra, além de requerer uma menor quantidade de material.

Além disso, há também uma maior durabilidade do material, tendo em vista o posicionamento horizontal das placas e à inclinação dos apoios do perfil, que fazem com que as tábuas fiquem levemente rotacionadas, naturalmente fazendo com que a água proveniente da chuva seja rapidamente escoada para fora da residência, assim garantindo que a vedação fique em contato direto com a água durante um tempo menor.

Para melhor estudar essa solução de encaixes de vedação e subestrutura da vedação, foram realizados modelos em papel-cartão na escala 1:10 (Fig. 8) utilizando o software digital de desenho técnico AutoCAD (Fig. 9) para que pudessem ser executados com o auxílio da máquina de corte à laser Glorylaser GLC 1080 (Fig. 10) do Laboratório de Prototipagem Rápida da Universidade Presbiteriana Mackenzie.

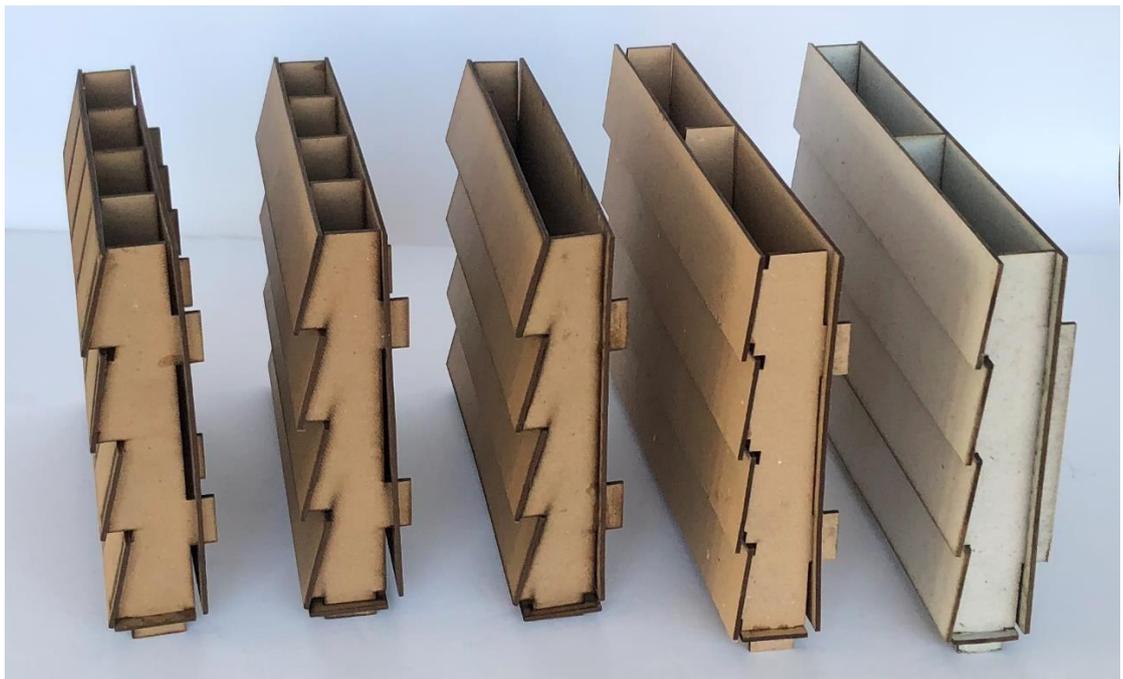


Fig. 8 – Modelos de encaixe de vedação e subestrutura da vedação em papel-cartão escala 1:10. Fonte: Autora.

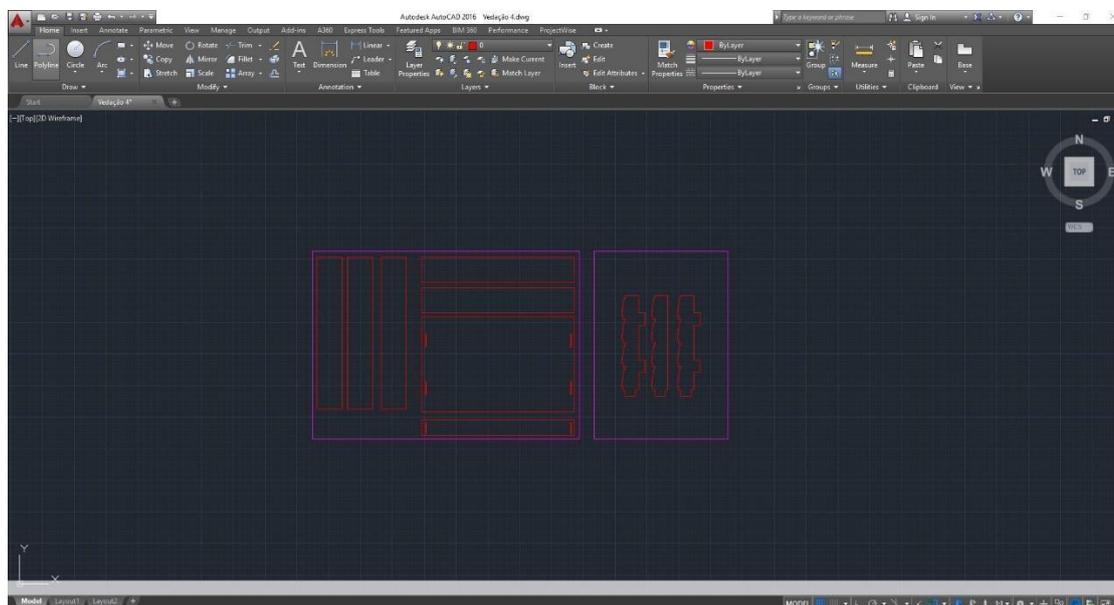


Fig.9 – Modelagem de encaixes de vedação e subestrutura da vedação utilizando o software digital de desenho técnico AutoCAD. Fonte:

Autora.

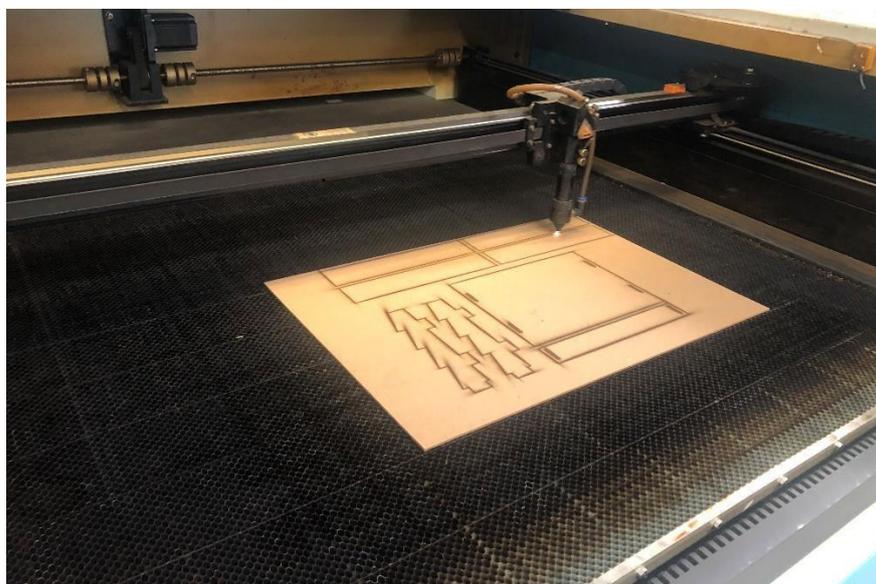
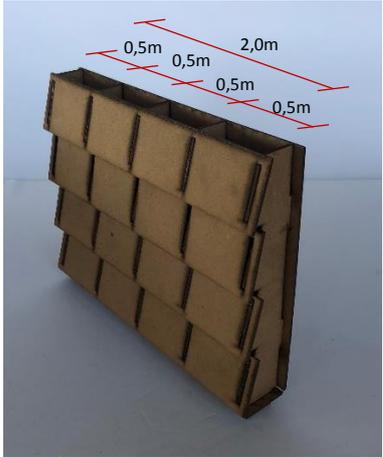
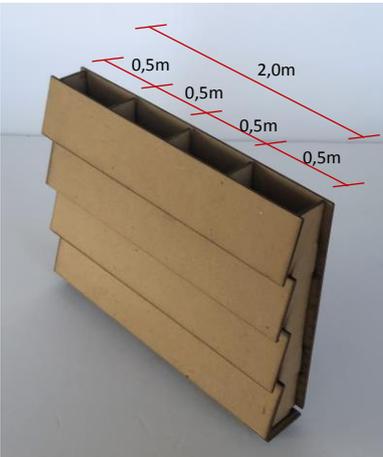
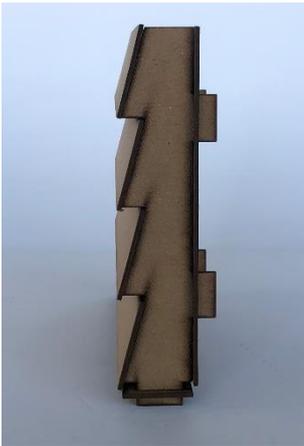


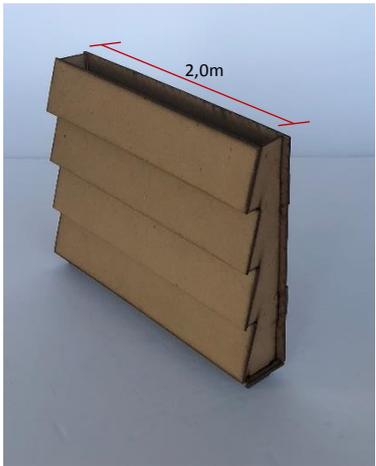
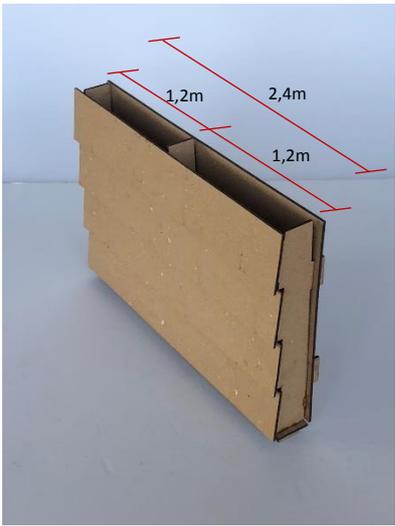
Fig. 10 – Máquina de corte à laser Glorylaser GLC 1080 executando modelo de vedação e subestrutura de vedação.

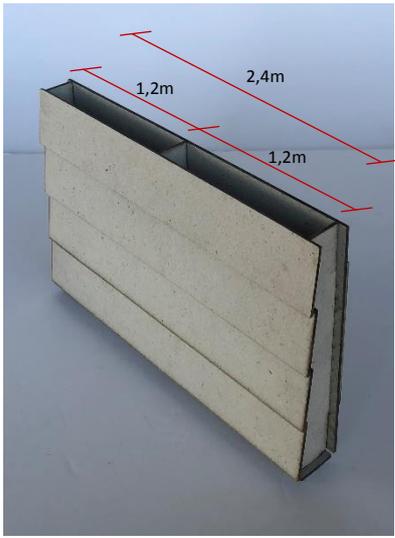
Fonte: Autora.

Para melhor analisar as diferenças entre os modelos executados, foi elaborada uma tabela (Tabela 1) com as características de cada um deles, a fim de chegar nas melhores condições de reprodutibilidade e eficiência no modelo final.

Tabela 1 – Análise dos modelos de vedação e subestrutura da vedação. Fonte: Autora.

Modelo	Perfil	Características
 <p data-bbox="379 1122 496 1153">Modelo 1</p>		<p data-bbox="1054 663 1436 824">Tábuas horizontais de 2 metros apoiadas em 5 montantes espaçados a cada 0,5m. Presença de encaixes na própria vedação.</p>
 <p data-bbox="379 1704 496 1736">Modelo 2</p>		<p data-bbox="1054 1261 1436 1357">Tábuas horizontais de 2 metros apoiadas em 5 montantes espaçados a cada 0,5m.</p>

 <p>2,0m</p> <p>Modelo 3</p>		<p>Tábuas horizontais de 2 metros apoiadas em 2 montantes.</p>
 <p>1,2m 2,4m 1,2m</p> <p>Modelo 4</p>		<p>Tábuas horizontais de 2,4 metros apoiadas em 3 montantes espaçados a cada 1,2 metros. Menor inclinação nos apoios. Existência de relevo responsável por afastar tábuas dos perfis.</p>

		<p>Tábuas horizontais de 2,4 metros apoiadas em 3 montantes espaçados a cada 1,2 metros. Ausência de relevo responsável por afastar tábuas dos perfis. Aumento do comprimento do encaixe traseiro do montante.</p>
<p>Modelo 5</p>		

Para os três primeiros modelos executados, foram consideradas tábuas de vedação de dois metros, bem como a inclinação de 15° nos apoios dos perfis. Nos modelos 1 e 2, existem cinco montantes distribuídos ao longo dos dois metros. Nota-se que nesses dois modelos há maior estabilidade na fixação da vedação, enquanto no modelo 3 – sem montante central – as tábuas estão mais propensas a fletir. A inclinação dos encaixes se demonstrou excessiva, tendo em vista a formação de um pequeno vão sob cada dente do apoio, permitindo a passagem de água para dentro da residência, bem como da entrada de pequenos animais. Além disso, no modelo 1 foi proposta a execução de pequenos encaixes retangulares nas próprias tábuas e de um relevo nos perfis que atravessassem as tábuas, fixando-as. Esses encaixes se demonstraram de difícil execução no modelo, conseqüentemente representando uma complexidade excessiva para a reprodução destes na escala real (1:1), sobretudo considerando-se a escassez de instrumentos disponíveis à população ribeirinha. Em uma possível reprodução desse encaixe em escala real utilização uma máquina fresadora *CNC*, também haveria problemas, tendo em vista à dificuldade que as máquinas têm de cortar ângulos de 90°. Assim, optou-se por excluir esse encaixe da tábua no montante, preferindo-se o uso de pregos.

Na execução do modelo 4, foram utilizadas tábuas de 2,4 metros, respeitando a padronização de modulação do corte de madeira mais comumente utilizada Brasil. Para apoiar essas tábuas, foram inseridos três montantes, tendo em vista que os cinco montantes utilizados nos modelos 1 e 2 pareceram excessivos e os dois montantes utilizados no modelo 3 não garantiram estabilidade suficiente para a parede de vedação. Além disso, houve a

diminuição da inclinação dos apoios dos perfis para 3°, fazendo com que não houvesse mais um vão sob cada dente do apoio devido a esse espaço ser preenchido pela espessura da própria tábuas. No modelo 4 também houve a experimentação de adicionar um encaixe ao perfil responsável por afastar tábuas dos corpos dos perfis, gerando menor tensão superficial e evitando maior contato com a água, no entanto, novamente esse relevo se demonstrou de difícil execução.

A partir dessas características observadas, no modelo final, foi mantida a modulação das tábuas de 2,4 metros, a presença dos três montantes distribuídos ao longo da tábuas, bem como a inclinação dos apoios dos perfis em 3°. No entanto, foi excluído o relevo ao perfil responsável por afastar tábuas dos corpos dos perfis, garantindo a facilidade na execução do encaixe com as ferramentas disponíveis para a população ribeirinha, como a serra tico-tico e a serra circular.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dessa investigação teórica e da experimentação prática realizada por meio da confecção de modelos em papel-cartão cortados pela máquina de corte à laser foi possível desenvolver uma solução de encaixe de vedação que consegue manter as tábuas em um posicionamento horizontal sem que seja demasiadamente custosa financeiramente. Devido ao fato de as tábuas serem mantidas na horizontal e com uma leve inclinação, evita-se os altos custos com manutenção ao longo da vida dos ribeirinhos, bem como o desperdício de material e de mão-de-obra, tendo em vista que após a vedação ser parcialmente danificada pelas cheias dos rios, pode ter apenas suas peças inferiores facilmente substituídas, dessa forma, acaba por ser mais durável e por respeitar o ciclo do material. Além da maior durabilidade, as características do sistema proposto garantem a estabilidade dos painéis de vedação, maior qualidade construtiva devido à precisão durante sua fabricação e conforto interno nas residências, ocasionando em uma melhor qualidade de vida da população ribeirinha da Amazônia.

Ademais, a consideração na reprodutibilidade do desenvolvimento desse sistema encaixe da vedação fez com que este possa ser executado utilizando o maquinário de prototipagem rápida, fazendo-se valer da maior disponibilidade dessas tecnologias, sobretudo das máquinas de corte CNC, como também podendo ser produzido com o auxílio dos instrumentos locais disponíveis pela população ribeirinha, garantindo facilidade em sua confecção;

É importante ressaltar que por meio dessa investigação há também a fortificação do debate desse assunto na área acadêmica, visando uma maior inclusão da arquitetura ribeirinha como área de estudo de aplicação das tecnologias digitais, além de causar um envolvimento e rebatimento na construção ribeirinha da Amazônia.

6. REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos: Desempenho**. Rio de Janeiro, p. 63. 2013.
- BENOIT, Yves; PARADIS, Thierry. **Construction de maisons à ossature bois**. 2. ed. Paris: Eyrolles, 1992. 334 p.
- BRUGNERA, Ana Carolina. **Meio Ambiente cultural da Amazônia Brasileira dos modos de vida a moradia do caboclo ribeirinho**, 2015 268 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2015.
- CHING, Francis D. K. **Técnicas de Construção Ilustradas**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2017. 482 p.
- FABLAB LIVRE SÃO PAULO (São Paulo). Prefeitura de São Paulo. **Tecnologia de Fabricação Digital**. 2018. Disponível em: <<http://fablablivresp.art.br/nossas-maquinas>>. Acesso em: 18 jan. 2018.
- FUNDAÇÃO JOSÉ PINHEIRO (Minas Gerais). Governo de Minas Gerais. **Fundação João Pinheiro divulga primeiros resultados do Déficit Habitacional no Brasil relativos a 2015**. 2017. Disponível em: <<http://fjp.mg.gov.br/index.php/noticias-em-destaque/3930-fundacao-joao-pinheiro-divulgaprimeiros-resultados-do-deficit-habitacional-no-brasil-relativos-a-2015>>. Acesso em: 12 jan. 2018.
- FLÓRIO, Wilson; SEGALL, Mario Lasar; ARAÚJO, Nieri Soares. **A Contribuição dos Protótipos rápidos no processo de projeto em arquitetura**. In: Simpósio nacional de geometria descritiva e desenho técnico, 18., 2007, Curitiba. Anais... Curitiba: Graphica, 2007. 11 p. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/262638877_A_contribuicao_dos_prototipos_rapidos_no_processo_de_projeto_em_arquitetura?enrichId=rgreq-99b2131f665ce2fa2894bfeb51144f0f-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdIOzI2MjYzODg3NztBUzoxMDE1NDQ4NTkwMTMxMzVAMTQwMTlyMTU5MDAwMQ==&el=1_x_2&_esc=publicationCoverPdf>. Acesso em: 18 jan. 2018.
- LIMA, Fernanda. **O potencial das novas tecnologias digitais e suas implicações no desenvolvimento de projetos de habitação em madeira**. PIBIC, Iniciação Científica, CNPQ. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2010.
- MEIRELLES, Celia Regina Moretti et al. **Processo construtivo de habitação em madeira: Interfaces e rebatimentos nas populações ribeirinhas do Amazonas**. São Paulo: Adelpa Repositório Digital Mackenzie, 2015. 322 p.
- MEIRELLES, Célia Regina Moretti et al. **Tecnologia das construções em madeira: Adequação dos sistemas de fechamento e vedação**. São Paulo: Mackpesquisa, 2011. 290 p.
- MOLITERNO, ANTONIO. **Caderno de projetos de telhados em estruturas de madeira**. 4. Ed. São Paulo: Blucher, 2010. 419p.
- NUNEZ, Joseph Gabriel. **Prefab the FabLab: Rethinking the habitability of a fabrication lab by including fixture-based components**. 2010. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Arquitetura, Massachusetts Institute Of Technology, Massachusetts, 2010.

OLIVEIRA JUNIOR, Jair Antonio. **Arquitetura Ribeirinha dobre as águas da Amazônia:** o habitat em ambientes complexos. 2009. 204 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SASS, Lawrence; BOTHA, Marcel. ***The Instant House: A Model of Design Production with Digital Fabrication.*** In: International Journal of Architectural Computing, vol. 4, nº 4, p. 109-123, 2006.

SEELY, Jennifer C. K. **DIGITAL FABRICATION IN THE ARCHITECTURAL DESIGN PROCESS.** 2004. 77 f. TCC, Master of Science In Architecture Studies, *Massachusetts Institute Of Technology*, Massachusetts, 2004.

STAIB, Gerald; DÖRRHÖFER, Andreas; ROSENTHAL, Markus. **Components and Systems:** Modular Construction, Design Structure, New Technologies. Munique: Detail, 2008. 239 p.

Contatos: anacterzian@gmail.com e cerellesm@gmail.com