

Diretrizes para a prototipagem de um Pannel de vedação em bambu e terra, utilizando a técnica de pau-a-pique

Guidelines for the Prototyping of a Bamboo and Earth Sealing Panel using the wattle and daub Technique

Sumara Alessandra Silva Lisbôa, mestranda, UFSC - arquitetasumara@gmail.com

Lisiane Ilha Librelotto, Dra. Eng., UFSC - lisiane.librelotto@gmail.com

Resumo

A técnica de pau-a-pique tem sido utilizada em construções desde a era colonial em todo território nacional. Por utilizar a terra e bambu em sua confecção, materiais com baixa energia incorporada, a técnica apresenta grande potencial para a construção sustentável. Após três séculos sendo empregada em processos de construção artesanal, a partir do ano de 1960, a técnica foi aprimorada em painéis pré-moldados. Apesar da tentativa de vários arquitetos em direcionar esta técnica para construção racionalizada, a mesma voltou a ser empregada em modelos artesanais. As construções com terra (como o Adobe) e com bambu estão em processo de regulamentação nacional pela ABNT e por isto esperam-se novos produtos no mercado. O objetivo deste artigo é buscar informações para a prototipagem de painel em pau-a-pique. Para isto, se utiliza de referencial teórico com informação sobre painéis em bambu e terra, bem como normatizações internacionais àquelas com detalhes construtivos importantes. Como resultado, obtiveram-se diretrizes para o desenvolvimento de painel protótipo a fim de contribuir futuramente com a elaboração de normatizações nacionais e aumentar as possibilidades para sistemas de vedação vertical dentro do paradigma da sustentabilidade.

Palavras-chave: Construção com terra; Bambu; Pau-a-pique; Pannel de vedação

Abstract

The technique of wattle and daub has been used in constructions since the colonial era throughout the national territory. By using earth and bamboo in their construction, materials with low energy incorporated, the technique presents great potential for sustainable construction. After three centuries being used in artisanal construction processes, from the year 1960, the technique was improved in pre-molded panels. Despite the attempt of several architects to direct this technique to the rationalized construction, it was again used in handmade models. The constructions with earth (like Adobe) and with bamboo are in process of national regulation by the ABNT and for this reason new products are expected in the market. The purpose of this article is to seek information for panel prototyping in wattle and daub. For this, it is used a theoretical reference with information on panels in bamboo and earth, as well as international normatizations to those with important constructive details. As a result, guidelines have been obtained for the development of a prototype panel in order to contribute in the future to the elaboration

of national standards and to increase the possibilities for vertical sealing systems within the sustainability paradigm.

Keywords: *Earth construction; Bamboo; Wattle and daub; Sealing panel*

1. Introdução

1.1. Contexto

A origem da técnica pau-a-pique é desconhecida. No Brasil acredita-se ser uma fusão de conhecimentos de construção com terra crua dos índios guaranis, portugueses e africanos, sofrendo aprimoramentos após a imigração dos japoneses. Também ficou conhecida com outros nomes como taipa de sebe, taipa de mão, taipa de sopapo ou barro armado.

A construção com terra crua no Brasil perdurou durante quatro séculos em processos de confecção artesanal. Durante a era colonial tanto o sistema construtivo em taipa de pilão como a técnica de pau-a-pique, ora para uso em vedações externas ora para vedações internas, foram utilizadas em diversas regiões, como por exemplo: casas de “barões de café”; sedes governamentais; e, até mesmo em simples casas rurais.

Segundo PINHEIRO et al. (2016) “[...] em muitos países o advento de novas tecnologias construtivas no século XIX, gerou o declínio do uso das tecnologias em terra crua.” No Brasil criou-se uma cultura construtiva bastante difundida para o uso do concreto como material estrutural e da alvenaria cerâmica tradicional como principal componente para vedação interna e externa das edificações. VON KRÜGER (2000) comenta que essa cultura não sofreu nenhuma concorrência significativa de outro material e técnicas construtivas.

Mas estudos indicam, durante as décadas de 1930 e 1940, o retorno das tecnologias em terra crua no mundo inteiro. PINHEIRO et al. (2016) relatam que “[...] durante a segunda guerra mundial, alguns países europeus como França e Alemanha recorreram ao uso da terra como material de construção acessível de baixo custo.” Cabe também destacar o surgimento de painéis para vedações devido grande deficiência habitacional e da necessidade de construções mais rápidas no pós-guerra.

No panorama internacional se evidenciam os arquitetos como Le Corbusier, com o projeto de casas em blocos de terra comprimida e taipa em Marseille na França, Rasan Fathi e suas obras no Egito, Frank Lloyd Right que propôs casas em taipa nos EUA e Fabrizio Carola, que nas décadas de 1970 e 1980, projetou e executou inúmeras obras na África em terra crua.

No cenário nacional destacam-se os arquitetos Lúcio Costa que projetou a Vila Operária de Monlevade em 1936, com uso de paredes em pau-a-pique nas habitações, porém não foi executado. Já Acácio Gil Borsoi executou um conjunto habitacional em pau-a-pique racionalizado, o Cajueiro Seco, em 1960, o qual inspirou, em 1975, o projeto habitacional em Camurupim, Sergipe, de Lina Bo Bardi.

Em 1985, novamente a técnica em pau-a-pique recebe atenção com a publicação do manual “Taipa em painéis modulados”, tendo como um dos autores o arquiteto Zanine Caldas. Esta publicação será detalhada no decorrer do artigo, assim como outros exemplos,

os quais mostram a confecção de painéis racionalizados em pau-a-pique juntamente ao sistema estrutural utilizando bambu roliço.

1.2. Método

Para esta pesquisa utilizou-se a pesquisa bibliográfica para obter as diretrizes para o desenvolvimento de painel protótipo em pau-a-pique. Buscou-se como fundamentação a coleta de dados em normas técnicas brasileiras e algumas normas internacionais, além de outras fontes científicas no portal CAPES, com a análise e interpretação ao tema proposto.

2. Painéis de Vedação Vertical e Sustentabilidade

As vedações caracterizam-se como um dos principais subsistemas das edificações e servem de suporte e proteção às instalações prediais criando condições de habitabilidade e segurança. Para RAMOS (1997 apud VON KRÜGER 2000, p. 6)

Os painéis de vedação são aqueles projetados e solucionados para substituir as alvenarias numa construção, podendo ser autoportantes ou não, isolantes acústicos ou não, e isolantes térmicos ou não, mas sempre estanques à umidade e à chuva.

Quando submetidos à Norma Brasileira de Desempenho Edificações Habitacionais NBR 15.575 (ABNT, 2013), Parte 4 sobre Sistemas de Vedações Internas e Externas, os painéis de vedação deverão cumprir exigências como: segurança contra incêndio; segurança no uso e na operação; estanqueidade; desempenho térmico; desempenho acústico; desempenho lumínico; além de questões associadas à durabilidade e manutenibilidade, a saúde, ao conforto antropodinâmico e a adequação ambiental.

O desenvolvimento de novos sistemas de vedação em âmbito nacional deve seguir todas as recomendações da NBR 15.575– 4 (ABNT, 2013) a exemplo das destacadas a seguir:

- O painel interage com a estrutura no papel de contraventamento, e também com componentes, elementos e sistemas da edificação como: caixilhos, esquadrias, estruturas, coberturas, pisos e instalações;
- O painel exerce outras funções como: capacidade de fixação de peças suspensas, capacidade de suporte a esforços de uso, etc.;
- Aplicado a habitações somente até cinco pavimentos, a altura do painel é definida em projeto, com largura mínima de 1,20m;
- Falhas, fissuras e descolamentos são toleráveis no painel, sem que comprometam o estado de utilização (estado de limite-último), neste caso são imprescindíveis manutenções preventivas.

Esta norma é utilizada como um procedimento de avaliação de desempenho de sistemas construtivos e deve ser aplicada em conjunto a outras normas prescritivas específicas. Por exemplo, de acordo com a Norma Brasileira de Desempenho Térmico de Edificações NBR 15.220 (ABNT, 2005), Parte 3 sobre o Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social, devem ser previstas em zonas subtropicais vedações internas pesadas para o inverno, e externas leves e refletoras para o verão.

Outro exemplo, dentro das possibilidades de racionalização da construção pode-se pensar a confecção do painel em dois modelos de produção: pré-fabricado ou pré-moldado.

Segundo a Norma Brasileira Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-moldado NBR 9.062 (ABNT, 2006) estes dois modelos de produção se diferenciam da seguinte forma:

- Elemento pré-fabricado é aquele executado fora do local de utilização definitiva na estrutura, com controle de qualidade menos rigoroso, devendo ser inspecionados individualmente ou por lotes, através de inspetores do próprio construtor, da fiscalização, do proprietário ou de organizações especializadas, dispensando-se a existência de laboratório e demais instalações congêneres próprias;

- Elemento pré-moldado, executado industrialmente, mesmo em instalações temporárias em canteiros de obra, sob condições rigorosas de controle de qualidade, sendo inspecionadas as etapas de produção compreendendo em ao menos confecção da armadura, formas, o amassamento e lançamento do concreto, armazenamento, transporte e montagem. Devendo ser registrado por escrito em documento próprio onde esteja claramente indicados a identificação da peça, a data de fabricação, o tipo de aço e de concreto utilizados, além das assinaturas dos inspetores responsáveis pela liberação de cada etapa de produção devidamente controlada.

SILVA (2011) fez um estudo para confecção de painéis em pau-a-pique utilizando a trama em bambu (*Bambusa vulgaris*). Neste, traz como princípios norteadores para o desenvolvimento do painel a modulação conforme normas brasileiras, com M=10 cm; a tolerância dimensional (diferença entre dimensões máximas e mínimas admissíveis); a tipificação (usando o menor número possível de tipos de painéis); e, os parâmetros de projeto [painéis abertos ou fechados, conforme NBR 5.731 (ABNT, 1982)].

De acordo com TEIXEIRA (2006) “[...] a parede ou a alvenaria tradicional é o elemento de vedação externa e interna mais usada no Brasil”, porém outras inovações tecnológicas de materiais e processos construtivos com painéis surgem no cenário nacional em busca a não agressão ao meio ambiente e utilização de recursos naturais renováveis de maneira eficaz.

NEVES (1998 apud VON KRÜGER 2000, p.27) citam o estudo do CEPED (Centro de Pesquisas e Desenvolvimento, Bahia) com argamassa celulósica (ou fibra de celulose de papel jornal e argamassa de cimento e areia) utilizada na fabricação de painéis de vedação vertical em edifícios para reduzir custos da habitação. MONETT&PECARARO (1993 apud VON KRÜGER 2000, p.27) pesquisaram painéis produzidos com argamassa de aglomerante de escória reforçados com fibra de coco para o uso em habitação popular, a partir de um convênio entre o Instituto de Pesquisa Tecnológica – IPT - e a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - USP.

Destas iniciativas na busca pela racionalização construtiva com materiais mais sustentáveis, no decorrer dos anos 2000, destacou-se o desenvolvimento da tecnologia de solo-cimento. O desenvolvimento da técnica em solo-cimento lhe conferiu características de resistência mecânica e durabilidade, e através de pesquisas desenvolvidas pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT/SP, entre outros centros, obtiveram-se normatizações principalmente aplicadas em tipologias residenciais e em conjuntos habitacionais.

Já a técnica de pau-a-pique, mesmo após alguns estudos para seu aprimoramento, voltou a ser empregada em modelos artesanais de construção caracterizando-se principalmente

pelo uso de materiais locais e baixa energia incorporada, e por isso com menor impacto ambiental.

Segundo CHEHEBE, GRAEDEL, JENSEN (1998, 1997 apud LIMA 2007, p.27) o impacto ambiental na construção civil pode ser medido por um instrumento denominado Avaliação do Ciclo de Vida – ACV – normatizado pela NBR ISO 14.040 (ABNT, 2014). Esta avaliação é conjunto de interações que um produto ou processo tem com o ambiente considerando a extração e a produção de materiais, a confecção, a distribuição, o uso, a reutilização, a manutenção, a reciclagem e a eliminação final do produto. Algumas empresas adotam este conceito buscando por melhorias na concepção do produto e nos processos adotando maneiras de minimizar os impactos ambientais, adquirir benefícios econômicos e vantagem competitiva.

Segundo LIMA (2007) “[...] no mundo dos negócios sustentáveis a ideia é expandir os aspectos econômicos para incluir as dimensões sociais e ambientais, criando produtos e/ou processos mais “verdes.”

Neste cenário, a seguir serão apresentados exemplos com o desenvolvimento de painéis racionalizados utilizando terra e/ou bambu ora em processo de produção industrial ora em modelos tradicionais, aplicados a projetos habitacionais e com enfoque na sustentabilidade. Na falta de normatização nacional, buscaram-se também exemplos em normatizações internacionais, não somente àquelas referentes à terra crua, mas também na aplicação de bambu.

2.1. Taipa em Pannel Modulado

O sistema construtivo Taipa (termo reduzido de taipa de mão, também conhecido como pau-a-pique) em Pannel Modulado foi testado na construção de habitações na área rural da região de Carajás – PA, e posteriormente foi adaptado a Escola Rural Olhos d’Água do Distrito Federal em 1985 numa pesquisa entre Centro de Desenvolvimento e Apoio Técnico à Edificação em parceria com Ministério da Educação - CEDATE/MEC - e a fundação Centro de Desenvolvimento das Aplicações das Madeiras do Brasil - DAM.

A pesquisa gerou um caderno com o sistema construtivo em painéis pré-moldados em pau-a-pique e, sob uma ótica desmistificadora, é mostrado seu significado e importância da reinterpretção da técnica tradicional, aperfeiçoando-a e racionalizando-a, de forma a:

- Corrigir os problemas comuns de sua má utilização;
- Permitir seu emprego em larga escala;
- Aproveitar o material mais abundante em nosso território: a terra;
- Aproveitar resíduo de serraria;
- Reduzir tempo de construção;
- Favorecer a autoconstrução (montagem com pregos abolindo encaixes e uso de barreamento).

O processo construtivo se constitui em dois momentos básicos: na marcenaria e a construção no canteiro de obras. A elaboração dos painéis em madeira serrada se deu no primeiro momento, com a definição de três tipos básicos com 1m de largura x 2 m de altura, justificando melhor versatilidade, maior resistência e resultado visual. Também

foram desenvolvidas quatro variações dos tipos básicos: cego, porta, janela alta e baixa, com a relação das peças em madeira (dimensões e quantidades).

Para facilitar a aderência da argamassa em terra (barreamento), o treliçado (ou trama) em madeira foi elaborado com sarrafos verticais com seção de 2 cm x 2cm distanciados a cada 20 cm, e ripas em madeira horizontais de seção 2cm x 1 cm, colocadas alternadamente sobre uma face e outra do sarrafo, numa distância de 7,5cm uma das outras. (Figura 1)



Figura 1: Treliçado do painel cego. Fonte: CEDATE, 1985.

No segundo momento que compreende o canteiro de obras destacam-se alguns detalhes importantes como:

- Na fundação foram previstos buracos para travamento do painel;
- Instalação elétrica e Instalação Hidráulica feita com tubulação aparente e parede hidráulica;
- Cobertura com beirais de 1m;
- Tratamento das peças de madeira com óleo de carro e/ou produto específico contra insetos, menos nos locais de barreamento;
- Barreamento consiste na escolha do solo e preparação da argamassa de terra, sendo colocado após o telhado e feito em duas camadas - a segunda cobre todas as ripas e as fissuras da retração da terra da primeira camada;
- Reboco ou caiação: cimento ou cal, areia e saibro (1:3:5). (Figura 2)



Figura 2: Detalhe barreamento e reboco. Fonte: CEDATE, 1985.

2.2. Pannel estrutural pré-fabricado em bambu

De acordo com TEIXEIRA (2006) o pannel estrutural pré-fabricado em bambu foi iniciado no ano de 1981 e desenvolvido para produção de casas econômicas dentro do Projeto Nacional do Bambu de Costa Rica.

O projeto previu a construção de fábricas para a confecção dos painéis, as quais deveriam seguir as seguintes exigências:

- Proximidade das plantações de bambu, que já haviam sido implantadas de forma estratégica e às regiões e maior demanda habitacional;
- Possuir vias de acesso com topografia favorável ao produto terminado e ao abastecimento de matéria-prima;

TEIXEIRA (2006) comenta que, na Fábrica Limón em Costa Rica, a produção em grande escala ocorreu para construção de 10 casas por semana. Para cada unidade habitacional utilizavam-se 17 painéis, que por sua vez, necessitavam de 1.200 varas de bambu. No projeto arquitetônico foram previstos modelos de painéis diferenciados, com aberturas e demais necessidades. (Figura 3)

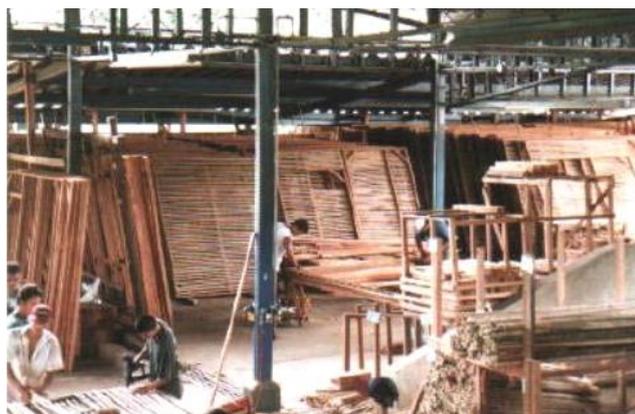


Figura 3: Fábrica Limón, Costa Rica. Fonte: Teixeira, 2006.

O processo foi descrito da seguinte forma:

- Produção dos painéis com formas metálicas ou de madeiras;
- Estrutura dos painéis com madeira e o fechamento com bambus roliços;
- Bambus, com dimensões entre 4 e 5cm de diâmetro, imunizados com substância hidrossolúvel, sendo mais utilizado o Boro pelo Método Boucherie;
- Grampeadores de ar comprimido para prender os bambus a estrutura em madeira, evitando pregos e a possibilidade de abrir pequenas fendas nas varas.

As principais vantagens com o desenvolvimento deste tipo de pannel em madeira e bambu foram o baixo peso, o qual equivale 35% do peso de uma parede similar com blocos de concreto com 12 cm de espessura, a facilidade de montagem e a grande capacidade estrutural para absorver força sísmica.

Os processos a melhorar, segundo TEIXEIRA (2006), seria diminuir o peso da moldura, substituindo a madeira pelo bambu, melhorar o sistema de fixação com encaixes e peças reajustáveis e projetar modelos de painéis mais adaptáveis.

2.3. Tsuchikabe

Tsuchikabe é uma técnica japonesa similar ao pau-a-pique, porém com paredes entre 5 a 7 cm de espessura, diferenciando-se num certo período histórico das paredes construídas no Brasil, que variavam entre 10 a 15 cm. No Japão se utiliza o auxílio de máquinas para misturar e transportar a terra, mas ainda trata-se de uma técnica artesanal. (Figura 4)



Figura 4: (Da esquerda para direita) Trama auxiliar, amarração da malha de preenchimento, barro que extravasa pelo verso do painel, primeira camada concluída após secagem parcial e retração da argila no Painel desenvolvido no “Canteiro Escola Técnica Japonesa” USP, São Carlos, 2013. Fonte: Joaquim, 2015.

2.4. Painéis de vedação Norma Peru E.100

Por meio do decreto supremo, em 3 de março de 2012, se aprovou a Norma de Bambu E.100, que estabelece as diretrizes técnicas para a concepção e construção de edifícios resistentes a sismos com bambu (gênero Guadua) no Peru.

Nesta norma encontram-se dois tipos de painéis de vedação similares ao estilo pau-a-pique. O tipo 1 trata-se de um painel com soleira de madeira na parte superior e inferior com espessura mínima de 35 e 25 mm, respectivamente. O tipo 2 trata-se de um painel com soleira de bambu, onde deve ser coberto com argamassa de cimento para apoiar as vigas superiores com pé-direito acima de 2,50m. (Figura 5)

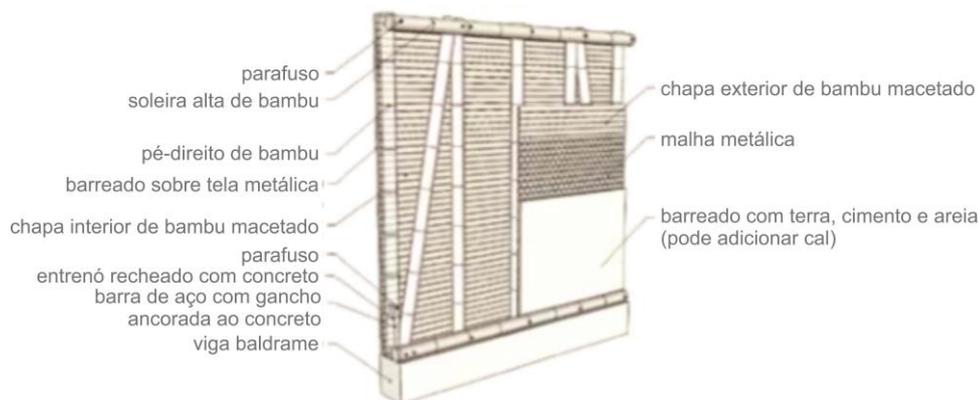


Figura 5: Painel de vedação - Tipo 2 Adaptado de Ubidia (2015).

Segundo a Norma E.100, as uniões são diferentes em bambus em relação as madeiras. O uso de pregos e arames deve ser limitado, porque os primeiros causam rachaduras e os segundos não são resistentes. As uniões devem ser feitas com entalhes e montagens tradicionais, elementos metálicos e recheio de concreto. Para a confecção das tiras ou lascas em bambu para o treliçado (ou trama) do painel, a norma indica o uso de um conjunto de lâminas intercambiáveis, e posteriormente a limpeza a mão.

São 4 tipos de painéis de vedação mencionados na norma quincha, ipirti, romero e outros de várias composições. (Figura 6)



Figura 6: Tipos de painéis de vedação. Fonte: Ubidia, 2015.

a) Quincha

A origem deste painel é peruana, e possui trama em bambu com colmo macetado e revestido com argamassa feita com a mistura de esterco, terra e palha. Eis alguns detalhes técnicos importantes a serem salientados: o colmo macetado é preso na moldura principal com prego 1 1/1 polegadas, é permitido seiva de cactos na argamassa de revestimento e palhas com comprimento maior de 10cm. A argamassa deve ser aplicada com 2 cm de espessura, deixa-se secar por uma semana protegida pela incidência direta de sol e da chuva, cuidando com as atividades de “golpes” neste período. No reboco final não se utiliza palha, e o traço sugerido é 1:2 (esterco, terra com 70% argila +30% areia), podendo ser aplicado caiação para aumentar a proteção.

b) Ipirti

Este painel é originário da Índia, possui trama ortogonal com malha de galinheiro, revestida com argamassa. A trama é fixada junto à estrutura em bambu roliço, onde a estrutura é perfurada para receber “pregos” de madeira, e logo em seguida as tiras horizontais são amarradas junto a estes tacos. (Figura 7)



Figura 7: Detalhe dos “pregos” de madeira unindo as lascas do tramado a estrutura em bambu roliço. Fonte: Ubidia, 2015.

Posteriormente coloca-se a tela de galinheiro com arame galvanizado nº18 e aplica-se o revestimento feito com cimento e areia (1:3) ou a mesma mistura indicada na quincha.

c) Romero

Este painel de vedação possui também a função decorativa para o interior das construções devido a sua trama semi-ortogonal aparente. A confecção da trama é uma mistura entre a quincha e o ipirti, com tiras apenas na diagonal no lado exposto e a tela de galinheiro. Aplica-se o revestimento com cimento, cal e areia (1:1:3) sobre a tela e as tiras diagonais, depois de 8 dias outra camada de cimento e areia (1:3). Pode-se caiar e envernizar.

A aplicação destes painéis segue alguns passos:

- na fundação com sapata corrida, a viga baldrame deve possuir altura mínima 15 cm acima do solo e instalações de conectores metálicos para as colunas em bambu roliço;
- as instalações passam pelo piso, as elétricas podem ser embutidas e no caso de corte do bambu não exceder 1/5 de seu diâmetro, e as hidrosanitárias não podem ser incorporadas dentro dos elementos estruturais.

2.5. Argamassa de terra Norma Zimbábue SADCSTAN/TC1 SC5-001

O código deontológico padrão do Zimbábue para estruturas de terra compactada (Standars Association of Zimbabwe, 2001) determina diretrizes fundamentais para construção. A norma salienta alguns detalhes construtivos de suma importância para a durabilidade das construções, como: beirais amplos, alicerce alto e acabamento com reboco.

Determina-se que os níveis do chão, ao lado externo, devem ter no mínimo 15 cm acima do nível do terreno e 30 cm em áreas de pluviosidade acima de 1000 mm por ano e onde o nível do lençol freático está dentro dos 75 cm da superfície. Na parte interna e em áreas úmidas, as junções do chão e parede devem ser protegidas com rodapé sobrelevado.

A norma determina que nas aberturas, as vergas devem ser protegidas da água e de insetos, sendo preferíveis as cimentícias. Quando a distância entre as aberturas é menor que sua largura, as vergas devem ser contínuas respeitando a distância mínima de 60 cm entre as aberturas separadas.

O solo utilizado na argamassa para estruturas em solo compactado deve ser livre de matéria orgânica, e deve ter entre 50-70% de pedriscos e areias finas, 15-30% de silte e 5-15% de argila de acordo com o Diagrama de Ferret.(Figura 8)

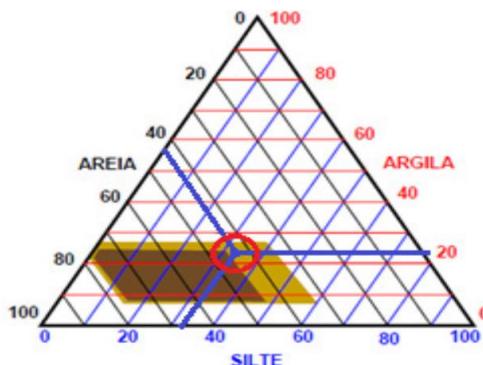


Figura 8: Diagrama de Ferret. Fonte: Standars Association of Zimbabwe, 2001.

O tratamento das superfícies inclui caiação, cola de PVA e óleo de linhaça ou até mesmo reboco com argamassa de lama e combinações variadas de cimento, areia, cal, gesso, betume. E, quando houver fissuras no reboco estas não devem ter mais 3 mm de largura e 75 mm de comprimento, e não deve exceder 20% do metro quadrado, devendo ser reparadas ou rebocadas.

3. Principais diretrizes para proposição do painel protótipo

Ao estudar os exemplos aplicados a confecção de painéis de vedação observou a determinação de uma padronização dimensional, e por isso estima-se a medida entre 1,50 m de largura por 2,50 m de altura e a espessura mínima, a qual cumpra funções quanto ao desempenho térmico e acústico, aproximada a 10 cm. Esta determinação modular obedece a norma para modulação em 10 cm.

Percebe-se a necessidade controlar a variação dos painéis em 3 tipos básicos: cego, porta, janela alta e baixa, a fim de reduzir o número de tipos e promover a construtividade, o que significa facilitar a etapa de execução e a manutenibilidade.

É recomendável o uso de molduras em bambu tratado em substituição a madeira, para aliviar o peso do painel. Para o uso de bambu nas molduras devem-se utilizar uniões conforme a Norma E.100 para evitar o surgimento de fendas. As uniões devem ser feitas com entalhes e montagens tradicionais, elementos metálicos e recheio de concreto para apoiar as vigas superiores com pé-direito acima de 2,50m.

Nas molduras aplica-se o tramado duplo e ortogonal com lascas de bambu na horizontal e vertical no sistema tipo “sanduíche” fixado com pequenos “pregos” feitos também em bambu.

O preenchimento interno do painel com argamassa de terra deverá ser realizado *in loco* com a extração do solo local sendo colocado após o telhado. O uso e a valorização do solo local é uma característica na forma de construir com terra, mais sustentável, pois diminui custos de material e transporte. Para a argamassa de preenchimento observou-se diversas misturas com diferentes estabilizantes porém sempre se faz necessária a adição de palha, pois além de propiciar maior resistência à argamassa também reduz a quantidade de terra e por consequência o peso final do painel.

Para o revestimento indicam-se diversas misturas e a aplicação de pelo menos duas camadas, percebe-se que a primeira camada recobre o tramado e as retrações, as quais são comuns em argamassa em terra, e a segunda camada permite a regularização da superfície para o acabamento final. Esta etapa de acabamento também exige a disponibilidade do solo local, reunindo assim a demanda do material para o preenchimento interno dos painéis.

Algumas soluções não foram possíveis de serem estudadas pela falta de referencial, deixando a possibilidade para estudos futuros, como por exemplo, a união entre o painel e estruturas roliças em bambu as quais não são uniformizadas e também a instalação de vergas e contravergas, pois a na Norma E.100 indica artefatos pré-moldados cimentícios os quais possuem tempo de secagem diferente da argamassa de terra e tempo de vida útil diferenciado.

4. Considerações finais

Este artigo buscou diretrizes para a viabilidade construtiva de um painel de vedação em estilo pau-a-pique, com o emprego de materiais abundantes em todo território nacional, como o bambu e a terra, de forma a possibilitar a coordenação modular e sua incorporação em construções mais sustentáveis.

Quanto à adequação ambiental os painéis de vedação em pau-a-pique podem ser considerados como material alternativo, 100% reutilizável, com componentes locais, inseridos em processo de produção limpo, com uso de energia renovável e sem adição de resíduos.

Sob o viés sócio-econômico os painéis de vedação projetados de forma modular possibilitam a aplicação mais eficiente dos materiais com a eliminação do retrabalho e a minimização do desperdício e assim melhorando a gestão da qualidade construtiva. Esta racionalização construtiva visando um processo descentralizado e com baixo custo e favorecendo a igualdade de gênero com uma tecnologia apropriada no uso de materiais tradicionais, e de ferramentas e equipamentos simples.

Com a pré-fabricação do tramado em bambu e posteriormente a etapa de fechamento com argamassa em terra moldado *in loco*, pode-se caracterizar este painel de vedação com processos de produção mistos. Este processo permite facilitar a produção do tramado em ambientes adequados para sua confecção, e também solucionar questões de transporte devido ao peso final do painel.

Percebe-se também, na grande maioria dos exemplos citados, que a durabilidade do painel está associada principalmente ao emprego de revestimento, como também beiral amplo e alicerce alto, numa linguagem comum costumam-se dizer que as construções em terra devem ter “chapéu, botas e casaco” para a proteção das intempéries e com isto obter uma vida longa.

Com isto este painel poderá substituir a alvenaria tradicional desde que responda às características de resistência mecânica e durabilidade, entre outros quesitos, cumprindo normas desempenho e prescritivas específicas.

Por fim, o surgimento de novos produtos e sistemas comprometidos com a sustentabilidade exige a capacitação técnica de profissionais, principalmente para o retorno de materiais e técnicas tradicionais em conformidade as normatizações aplicadas em tipologias residenciais e em conjuntos habitacionais.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Brasileira Coordenação modular da construção: terminologia NBR-5731. Rio de Janeiro, 1982. 3p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Brasileira de Desempenho Térmico de Edificações NBR 15.220:3. Rio de Janeiro, 2003. 23 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Brasileira Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-moldado NBR 9062. Rio de Janeiro, 2006. 42 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Brasileira de Desempenho Edificações Habitacionais NBR 15575:4. Rio de Janeiro, 2013. 63 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Brasileira Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e Estrutura NBR ISO 14040: 2009 versão corrigida: 2014. Rio de Janeiro, 2014. 10 p.

CENTRO DE DESENVOLVIMENTO E APOIO TÉCNICO À EDUCAÇÃO. Taipa em painéis modulados. Ministério da Educação. Brasília, 1985.

CÓDIGO DEONTOLÓGICO PADRÃO DO ZIMBÁBUE - Estruturas de Terra Compactada (Standards Association of Zimbabwe, 2001)

JOAQUIM, Bianca dos Santos. Terra e Trabalho: o lugar do trabalhador nos canteiros de produção da Arquitetura e Construção com Terra. Dissertação de Mestrado para o Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2015.

LIMA, Angela Maria Ferreira. Avaliação do Ciclo de Vida no Brasil – inserção e perspectivas. Dissertação de Mestrado para a Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2007.

PINHEIRO, Levi Teixeira; Rangel, Barbara; Varum, Humberto Salazar Amorim. Construção em terra crua contemporânea: mapeamento dos escritórios e construtoras no Brasil e em Portugal. In: II Congresso Luso-brasileiro de Materiais de construção sustentáveis. João Pessoa, 2016.

SILVA, Deir Nazareth Andrade Costa da. A Viabilidade Técnica e Econômica do Uso do Bambu: a Utilização do “Bambusa Vulgaris” como Entramado nas Construções em Taipa. Dissertação de Mestrado para Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2011.

TEXEIRA, Anelisabete Alves. Painéis de Bambu para Habitações Econômicas: avaliação de Desempenho de painéis revestidos com argamassa. Dissertação de Mestrado para a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília. Brasília, 2006.

UBIDIA, Jorge Morán. Manual de Construcción: Construir con Bambú “caña de guayaquil”. Red Internacional de Bambú y Ratán INBAR. Terceira edição adaptada para Perú. Peru, 2015.

VON KRÜGER, Paulo Gustavo. Análise de painéis de vedação nas edificações em estrutura metálica. Dissertação de Mestrado para Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2000.