

ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO COM TERRA: FINALIZAÇÃO DO PROTÓTIPO EXPERIMENTAL EM BAMBU DA UFSC

EARTHBASE COVERING MORTARS: FINALIZATION OF THE UFSC BAMBOO EXPERIMENTAL PROTOTYPE

Alexandre Oliveira Vitor, Eng (UFSC); Sumara Lisbôa, MSc
(UFSC); Lisiane Ilha Librelotto, PhD (UFSC)

PALAVRAS CHAVE

Argamassa de revestimento; Terra; Protótipo; Bambu

KEY WORDS

Covering mortars; Earth; Prototype; Bamboo

RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a aderência e aplicabilidade de diferentes argamassas de revestimento com terra sobre as paredes de *bahareque* (técnica de construção mista) do protótipo de edificação modular em estrutura de bambu concebido como parte de um Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil. Partindo da caracterização do solo a ser utilizado como componente das argamassas de revestimento, o estudo proposto visa experimentar a utilização de aditivos estabilizantes à mistura com terra através da elaboração e aplicação de diferentes camadas de revestimento sobre as esteiras de bambu dos painéis de *bahareque*. Foram utilizadas duas camadas de revestimento: emboço, reboco e acabamento final com caiação. Como resultado, observou-se que a categorização do solo é de extrema importância para a elaboração de argamassas de revestimento com terra.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the adhesion and applicability between earthbase covering mortars and "bahareque" walls (mixed construction technique) of the modular bamboo prototype conceived as part of a Civil Engineering undergraduate thesis. Starting from the characterization of the soil to be used as a component of the coating mortars, the proposed study aims to experimente the use of stabilizing additives to mix with the soil throught diferent layers of coating on the bamboo mats of "bahareque" panels. Two layers of coating were used : scratch coat, plaster and whitewash finish. As result, it was observed that the categorization of the soil is extremely important for the elaboration of earthbase covering mortars.

1. INTRODUÇÃO

Este artigo apresenta a continuação de uma pesquisa aplicada que assume como tema a finalização e acabamento de um protótipo experimental em bambu, localizado no Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. O projeto e construção da estrutura, vedação vertical e cobertura foram objetos de Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil (VITOR, 2018). Neste artigo será apresentada a técnica de construção empregada para revestimento e acabamento final das paredes (estilo *bahareque*) dotando diferentes traços de argamassas. Toda a pesquisa foi desenvolvida com o intuito de promover o uso do bambu em construções que possam ser mais sustentáveis, no sentido de serem economicamente viáveis, socialmente justas e com menor impacto ambiental.

Por protótipo, entende-se o primeiro produto fabricado de uma mesma maneira, ou seja, o primeiro de um tipo. Desta forma, buscou-se a construção de um módulo habitacional, composto por diferentes espécies de bambu como elementos estruturais sobre fundação em madeira de eucalipto e painéis de vedação confeccionados na técnica conhecida como *bahareque*. Os revestimentos sobre os painéis foram realizados a partir de diferentes composições de argamassa com uso de terra, principal material, mais adições com fibra, cal e/ou cimento. A cobertura, por sua vez, utilizou lonas reaproveitadas de banners em PVC (policloreto de vinil), as quais foram colocadas sobre painéis de OSB (*Oriented Strand Board*).

O *bahareque*, técnica que utiliza prioritariamente o bambu como matéria prima para criar o sistema estrutural e de vedação interno e externo de uma parede, apresenta-se como opção mais sustentável para diversas tipologias habitacionais. Ao construir utilizando esta técnica, reduz-se a necessidade da utilização de materiais processados semelhantes àqueles convencionalmente empregados na construção civil, descarta-se a necessidade de alvenaria cerâmica para vedação, e diminui-se a quantidade de aço, cimento e areia empregados na construção (VITOR, 2018). No entanto, ainda é necessário se

realizar-se a vedação e acabamento das paredes, através de argamassas de revestimento.

As argamassas são materiais de construção constituídos por uma mistura íntima de um ou mais aglomerantes, agregados miúdos e água. Podem ser utilizados para fazer a conexão/ligação entre partes do edifício. Por exemplo, o assentamento de um bloco ou de uma cumeeira, rejuntamento ou preenchimento de juntas e fissuras, ou ainda como elementos de proteção para impermeabilização ou revestimento. Além dos aglomerantes e agregados, presentes nas argamassas, podem ainda ser adicionados produtos especiais, com a finalidade de melhorar ou conferir determinadas propriedades ao conjunto, como aditivos impermeabilizantes, plastificantes ou que lhe concedam propriedades de aderência, expansividade, resistência e flexibilidade.

As argamassas de revestimento convencionalmente usadas na construção são de base cimentícia, em geral compostas por cimento, areia em granulometrias diversas conforme o uso (finas, médias ou grossas), para constituir camadas de aderência (chapisco ou salpico), regularização (emboço) ou rebocos (grossos ou finos conforme a textura que se deseja imprimir ao acabamento).

Embora a construção civil disponha de três tipos de aglomerantes inorgânicos que podem ser utilizados na composição de argamassas (cimento, cal e gesso), o mais utilizado no sul do Brasil, em climas úmidos, é o cimento.

Nesta pesquisa propôs-se o uso de revestimentos não convencionais, utilizando o solo como elemento principal na composição do traço. Desta forma pretende-se avaliar a aderência e aplicabilidade entre os diferentes traços de revestimentos elaborados assim como o acabamento final dado as paredes.

O traço dos revestimentos corresponde à composição da mistura, representada pela proporção de uso dos materiais. Nesta pesquisa, o traço será realizado a partir de composições diversas de forma a obter o melhor resultado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Bahareque

A técnica do *bahareque* é amplamente empregada em países como Colômbia e Venezuela e seu uso faz parte da cultura construtiva da população. Na Colômbia, a técnica continua como um sistema presente em várias regiões do país.

Utilizado desde épocas remotas pelos povos indígenas das Américas para criar o sistema estrutural de uma parede (HIDALGO-LOPEZ, 1981), o *bahareque* é formado por colmos de bambu na vertical na qual se fixam, horizontalmente, esteiras de bambu (ou *esterillas de bambú*) com a parte interna voltada para o exterior da parede, para posterior aplicação de revestimento.

Este tipo de arquitetura é resultado dos conhecimentos passados de geração a geração e suas práticas, consideradas milenares, continuam a ser estudadas por profissionais contemporâneos. No âmbito científico, com o propósito de elucidar a potência construtiva do *bahareque* e evitar a correlação atribuída por algumas instituições oficiais como “mais apropriadas para os pobres”, a Norma Sismo Resistente NSR 98 (*Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica - AIS*, 2012) incorporou-o ao tema de requisitos mínimos para desenho e construção de habitações de um e dois pisos. Adicionalmente, desde o ano 2012, a norma de *bahareque* cimentado é difundida por meio do Manual de construção sismo resistente de habitações da AIS.

Segundo a norma, o *bahareque* cimentado é um sistema estrutural de muros que se baseia na fabricação de paredes construídas com colmos de bambu e/ou madeira, revestido com reboco de argamassa de cimento sobre esteiras de bambu (AIS, 2001).

Para Hays e Matuk (2003) o *bahareque* trata-se de uma técnica mista de construção com terra e possui diversas modalidades construtivas. Buscando diferenciar os tipos de *bahareque*, os autores sugerem sua classificação quanto ao sistema construtivo da estrutura principal e da estrutura auxiliar. Por estrutura principal, entende-se aquela que suporta as cargas exigidas pela

construção e as transferem para a fundação, tais como o peso da cobertura e a sustentação dos batentes de portas e janelas. Enquanto que a estrutura auxiliar trata-se de um conjunto de peças destinadas a fechar os vãos e a sustentar o revestimento, podendo ser necessária ou não a instalação de peças intermediárias que conectem a estrutura principal à auxiliar.

Portanto, de acordo com a classificação proposta por Hays e Matuk (2003) para o Manual de Técnicas Mistas do PROTERRA, o *bahareque* construído por Vitor (2018) é interpretado como um sistema associado de painéis modulares pré fabricados em bambu, sendo composto por uma estrutura principal dotada de pilares e vigas como elementos estruturais e estrutura auxiliar com o fechamento das paredes com elementos horizontais de bambu justapostos (no caso, esteiras de bambu) fixados sobre moldura vertical. A figura 1 ilustra o sistema de fixação das esteiras de bambu sobre a moldura vertical da estrutura e a figura 2 mostra a estrutura edificada em técnica mista proposta por Vitor (2018).

Segundo o autor, a fixação das esteiras de bambu sobre a estrutura auxiliar foi feita apenas na camada exterior das paredes com o intuito de protegê-las contra intempéries e, por fins didáticos, evidenciar o método construtivo ao interior do protótipo.

Figura 01 – Fixação das esteiras de bambu.



Fonte: Vitor, 2018

Figura 02 – Estrutura edificada em técnica mista por Vitor (2018)



Fonte: Autores, 2019

Tabela 01: Espessura mínima e máxima do revestimento segundo a NBR 13.749

| Revestimento | Espessura (mm) |
|----------------|---------------------|
| Parede interna | $5 \leq e \leq 20$ |
| Parede externa | $20 \leq e \leq 30$ |

Fonte: ABNT, 2013

As argamassas de revestimento no estado fresco devem ter adequada aderência ao substrato e facilidade de acabamento superficial. A trabalhabilidade, outra propriedade de suma importância, está ligada ao fato da retenção de água durante o amassamento até o contato com a superfície absorvente. Isto pois, segundo Silva (2007), a capacidade de retenção de água interfere na trabalhabilidade assim como no estado de endurecimento. Portanto a argamassa deve ser preparada misturando entre si os materiais ainda secos e umedecendo a massa progressivamente, sendo recomendado repouso prévio à aplicação para melhorar o desempenho quanto sua aderência.

2.2. Argamassas de revestimento

O termo argamassa refere-se à mistura homogênea de agregados e água, podendo conter adições de estabilizantes. Devido à necessidade de apresentar características como conforto térmico, proteção contra as intempéries e boa aparência estética, as argamassas devem ser elaboradas cuidadosamente para um bom desempenho de suas funções.

Dentre diferentes tipos de argamassas, neste trabalho somente será elucidada a de revestimento, que conforme a norma NBR 13.749 (ABNT, 2013) serve para tetos e paredes, como revestimento de camada única, ou para chapisco, emboço e reboco.

Tradicionalmente as argamassas são constituídas por três camadas, sendo elas o chapisco, o emboço e o reboco. O chapisco tem a função de facilitar a aderência do emboço à superfície e o emboço, por sua vez, corrige pequenas irregularidades e impermeabiliza a estrutura para posterior aplicação do reboco.

Para o uso em paredes a norma prevê espessuras mínimas e máximas (Tabela 1). Quando houver necessidade de empregar revestimento com espessura superior a 3 cm, devem-se tomar os cuidados necessários para prover e garantir a aderência do revestimento.

2.3. Caracterização do solo para elaboração das argamassas de revestimento à base de terra

No âmbito da engenharia, solo é o termo genérico aplicado a todo material da crosta terrestre e carece da classificação quanto às suas propriedades físicas, químicas e mineralógicas. Já na Arquitetura e Construção com Terra - ACT, terra é uma denominação dada a toda a produção arquitetônica que emprega o solo como a principal matéria prima, tendo sido categorizado ou não quanto às suas propriedades (Neves et al., 2009). Para facilitar a compreensão neste trabalho será adotado que, uma vez categorizado o solo conforme algumas de suas propriedades, passa-se a denominá-lo como terra.

No Brasil, o sistema de classificação granulométrica é estabelecido pela norma NBR 6.502 (ABNT, 1995), e as principais características de cada grupo estão exemplificadas no quadro 1.

Quadro 01 - Classificação granulométrica do solo, de acordo com a NBR 6.502 (ABNT, 1995)

| Dimensão dos grãos d (mm) | Classificação das partículas | Características principais |
|---------------------------|------------------------------|---|
| $2 \leq d \leq 20$ | pedregulho | Elemento inerte e resistente |
| $0,06 \leq d < 2$ | areia | Elemento inerte, sem coesão |
| $0,002 \leq d < 0,06$ | silte | Sem coesão, diminui a resistência da areia |
| $D < 0,002$ | argila | Possui forte coesão, sem estabilidade volumétrica pois se expande na presença de água |

Fonte: Neves et al., 2009

Tratando sobre argamassas de revestimento com terra, os pedregulhos têm função de aumentar a resistência da massa e diminuir a utilização dos outros grãos na mistura. As areias, por sua vez, por possuírem menor diâmetro que os pedregulhos, ocupam parte dos vazios da argamassa e, quando em contato com materiais aglutinantes e água, tornam-se parte da mistura e criam resistência. Já o silte é um material indesejado nas argamassas de revestimento pois diminuem a resistência da areia. Quanto ao comportamento das argilas, por possuírem propriedades aglutinantes que, quando em contato com água, aumentam o volume do material tornando a argamassa mais trabalhável durante sua manipulação e aplicação, gera rigidez à mistura e aglutina os demais grãos conforme a perda de água para atmosfera. A fragilidade das argamassas surge conforme a evaporação da água da mistura e retração do volume, gerando superfícies mal acabadas (DA PONTE, 2012).

Assim sendo, é desejável que a argamassa de terra seja elaborada de maneira correta com a finalidade de minimizar a formação de fissuras após o processo de cura e a posterior infiltração de água nas paredes.

Neves et al. (2009) salientam que a quantidade e o tipo de argila são os principais responsáveis pelos movimentos de retração e expansão conforme a variação da umidade. Nas paredes de terra, por sua vez, estes movimentos provocam fissuras e a ocorrência de manifestações patológicas internas e/ou superficiais, permitindo a penetração de água que contribuem para a perda da resistência do material e consequentemente para a degradação da parede.

As análises para identificar a composição de um solo são subdivididas em testes em nível de

campo e ensaios laboratoriais. Atuando de maneira complementar, ao realizar ambas análises o resultado é garantido e apropriado para comparar as características entre os tipos de terra disponíveis na região. Enquanto que os ensaios de laboratório são geralmente quantitativos e com resultados numéricos precisos, os testes expeditos, realizados em campo, apresentam resultados essencialmente qualitativos (NEVES et al., 2009, p. 30).

Para identificação da amostra de terra, Neves et al. (2009) descreve os seguintes testes em nível de campo:

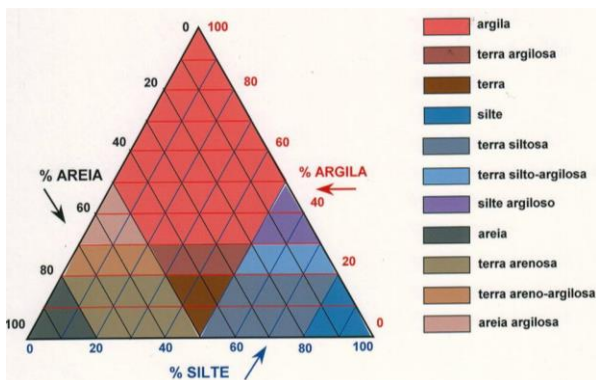
- Tátil-visuais – avalia o tamanho das partículas, cor e brilho por meio do toque e da aparência;
- Queda de bola – avalia a propriedade de coesão;
- Vidro – avalia a composição do solo através da sedimentação diferenciada de seus constituintes;
- Cordão – avalia a coesão e a plasticidade do solo em um determinado estado de umidade;
- Fita – relaciona a plasticidade com o tipo de solo;
- Exsudação – avalia a plasticidade do solo em função de sua capacidade de reter água;
- Resistência seca – auxilia na identificação do tipo de solo em função de sua resistência.

Os testes recomendados em nível de campo permitem, para determinadas situações, algumas conclusões iniciais sobre o solo em análise. Autores como Minke (2001), Torgal e Jalali (2009) e Rezende (2012) complementam sobre a necessidade de avaliar os testes de campo em conjunto aos ensaios laboratoriais a fim de se obter

maior precisão na categorização do solo disponível no local.

Os ensaios laboratoriais de composição granulométrica compreendem as análises de peneiramento e de sedimentação conforme a norma NBR 7.181 (ABNT, 2017), determinando respectivamente, a quantidade porcentual das partículas que passam ou que são retidas em peneiras de aberturas normalizadas e a velocidade de decantação das partículas de solo dispersas em água em função da variação da densidade da solução. A partir destes ensaios calcula-se as proporções na amostra e, com base na Figura 3, confirma-se a classificação realizada por meio dos testes em nível de campo.

Figura 03 – Diagrama de classificação dos solos



Fonte: Aid et al. (s/d) e Moran (1984) adaptado por Neves et al., 2009

Tratando-se de argamassas para revestimento, a categorização do solo é essencial para melhor compreensão de sua função aglutinante, para isso é necessário correlacioná-la com sua plasticidade para determinar, com segurança, a necessidade ou não da adição de estabilizantes na mistura. Para definir o solo segundo seu grau de umidade, o pesquisador Atterberg desenvolveu ensaios que

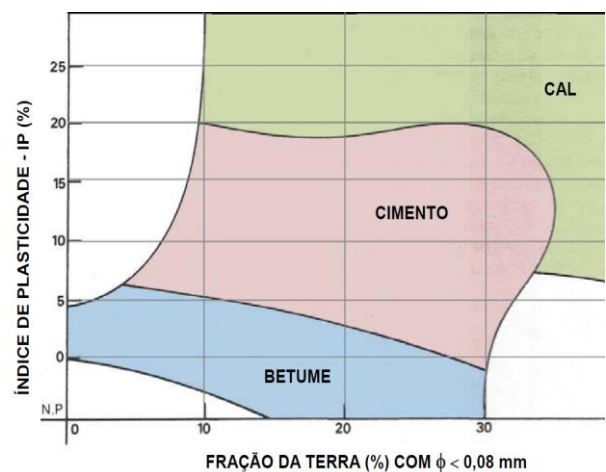
consistem em medir o grau de umidade do solo nos diversos estados de consistência para definir se é líquido, plástico ou sólido.

Através da análise da figura 4 pode se observar que o índice de plasticidade (IP) está entre os limites de plasticidade (LP) e de liquidez (LL), ou seja, o índice de plasticidade do solo é determinado a partir da diferença entre os limites de liquidez, pela norma NBR 6.459 (ABNT, 1984), e de plasticidade, pela norma NBR 7.181 (ABNT, 2017), a fim de se determinar o intervalo que compreende o índice de plasticidade do solo.

Segundo Neves et al. (2009) os limites de liquidez e de plasticidade dependem geralmente da quantidade e do tipo de argila presente no solo.

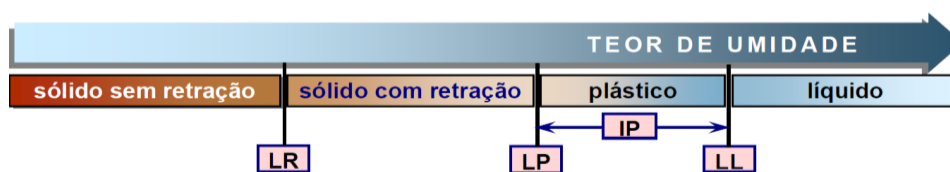
Conforme determinado pelos estudos de Houben & Guillaud (1995), a necessidade do uso de betume, cimento ou cal a serem utilizados como aditivos pode ser determinada através da relação entre a plasticidade e a granulometria do solo (Figura 5).

Figura 05 – Seleção do tipo de estabilizante em função do IP e da porcentagem de solo passante pela peneira de 0,08 mm



Fonte: Houben & Guillaud (1995) adaptado por Neves et al., 2009.

Figura 04 – Estado do solo em função do seu teor de umidade



Fonte: Neves et al., 2009

2.4. Argamassas de revestimento de terra

Partindo das definições apresentadas para as argamassas de revestimento quanto às suas propriedades e funções, ao se trabalhar com revestimentos de terra deve-se levar em consideração algumas de suas particularidades, tais como:

- Kanan (2008) sugere sua aplicação em camadas finas de argamassa, podendo o emboço ter até no máximo 1,5 cm de espessura e o reboco entre 0,5 e 0,2 cm;
- Torgal e Jalali (2009) documenta que a espessura dos revestimentos das construções em terra varia entre 1,5 a 3 cm, executados em uma, duas ou três camadas;
- Neves et al. (2011) recomenda um sistema de revestimento composto por duas camadas sobrepostas: emboço com terra passante pela peneira de 5 mm e fibras vegetais com comprimento entre 5 e 10 cm; reboco com terra passante pela peneira de 2mm e fibras com comprimento menor que 3 cm;
- Neves et al. (2011) constata a necessidade de umedecer as paredes entre as aplicações das camadas para melhor aderência.

Segundo autores como Neves et. al, Garzón e Hays e Matuk, o solo ideal que não necessita de adições para ser utilizado como argamassa de revestimento pode possuir as seguintes composições granulométricas:

- Entre 70 e 80% de pedriscos e areias finas, entre 15 e 55% de silte e entre 20 e 30% de argila (NEVES ET. AL, 2009);
- 2% de areia grossa, 76% de areia fina, 13% de silte, 9% de argila e 3% de fibras (GARZÓN apud NEVES E FARIA, 2011);
- $\pm 50\%$ de areia fina, ± 30 de silte e entre 7 e 19% de argila (HAYS E MATUK, 2003).

No entanto, quando a terra carece em quantidade de argila e areia, e não é possível compensá-la com o solo local, é necessária a incorporação de estabilizantes à mistura. Produtos cimentícios como o cimento e a cal podem ser adicionados à argamassa para suprir

necessidades aglutinantes tanto quanto para aumentar a resistência mecânica e diminuir a permeabilidade do produto final. Cabe aqui ressaltar que o uso do cimento ou da cal melhora a resistência, o acabamento e a impermeabilidade da parede (GARZÓN, 2008).

Torgal e Jalali (2009) defendem que a incorporação de cimento, cal ou betume à mistura devem seguir uma regra. Por exemplo no caso do cimento, que só deverá ser acrescentado para solos com composição entre 50% e 75% de areias e britas e baixas percentagens de argila (inferiores a 20%).

Nas argamassas de terra é comum realizar a adição de diversos materiais (fibras vegetais, esterco de vaca, cal, cimento, etc.) para melhorar tanto as propriedades da mistura no estado úmido, quanto no estado seco, podendo citar a adequação da consistência e da trabalhabilidade para aplicação, a garantia de suas propriedades aglutinantes durante a aplicação em seu estado fresco, a aquisição das propriedades mecânica de resistência desejáveis; e, a permeabilidade do produto final em seu estado seco. Com isto, obtém-se aumento da resistência final das argamassas à intempéries e conseqüentemente maior durabilidade à parede.

Durante o processo de cura das camadas de revestimento recém aplicadas, o efeito da retração pode ocasionar fissuras, o que facilita a entrada de umidade na parede. A incorporação de adições auxilia no controle das retrações, na absorção e difusão da umidade e, portanto, na diminuição da quantidade de fissuras provocadas durante o processo de cura.

Antes do surgimento do cimento, atrelado à facilidade que seu uso trouxe ao mercado, a cal era um dos materiais mais importantes na composição das argamassas, tanto para aplicação direta na construção quanto para sua aplicação em revestimentos e preservação das alvenarias tradicionais. Os rebocos e acabamentos antigos à base de cal contribuem para a aparência estética da edificação como também para a conservação da alvenaria, protegendo-a contra intempéries e possibilitando a manutenção periódica do revestimento.

Em comparação às argamassas à base de cimento, aquelas elaboradas com cal são menos rígidas e possibilitam que ações de dilatação

proveniente de outros materiais (por exemplo a madeira) sejam dissipadas, funcionando como uma estrutura articulada de juntas capazes de absorver deformações sem trincar a argamassa. No caso de construções ao estilo enxaimel, Manfred Gerner recomenda a utilização de argamassa à base de cal para o assentamento e preenchimento das alvenarias devido à sua capacidade em absorver tensões ocasionadas pela dilatação da estrutura em madeira, enquanto que aquelas elaboradas à base de cimento poderiam fissurar quando expostas ao mesmo tipo de ação.

Historicamente, a cal é utilizada como aglomerante básico no tratamento das superfícies porosas das paredes de terra. A pesquisadora Kanan (2008) relata sobre as vantagens dos revestimentos com incorporação de cal:

- Boa porosidade e permeabilidade devido ao grande volume de poros, os quais secam rápido sem reter umidade, deixando a parede respirar e impedindo a condensação da umidade nos ambientes;
- Resistência mecânica compatível e processo de cura mais lenta, permitindo mais flexibilidade com todo tipo de alvenaria;
- Aparência e conservação do edifício, impedindo a deterioração do esqueleto ao absorver a agressão das intempéries;
- Alta durabilidade, atuando como material de sacrifício às agressões e processos de deterioração, possibilitando a manutenção periódica;
- Característica de manejo, por ser um material atóxico e mais ecológico em sua produção quando comparado ao cimento.

Kanan (2008) em sua investigação de argamassas antigas à base de cal aérea conseguiu determinar um traço, proporção do aglomerante e agregado, com volumes que variam entre 1:4 a 1:3 (cal:agregado), mas dependendo da função poderia ser mais rico em cal (1:2 a 1:0,5). “Sendo os agregados constituídos de grande quantidade de finos (partículas menores que 0,075mm) compostos de argilas, siltes, ou componentes hidráulicos, bem como proporções relativamente altas de grãos maiores que 4mm.” (KANAN, 2008, p.38)

Contrariamente à cal, o emprego do cimento na composição da argamassa de revestimento pode ser danoso quando aplicado em sistemas tradicionais, construídos à base de terra, devido à incompatibilidade de suas propriedades. O potencial causador de futuras trincas está associado à aderência momentânea da argamassa de cimento sobre o substrato de terra e seus diferentes coeficientes de dilatação e retração (OLENDER, 2006). Outro fator responsável por tal incompatibilidade está estreitamente ligado ao fato das paredes tradicionais (aquelas construídas de tijolos artesanais, adobe, taipa, etc.) serem higroscópicas, ou seja, capazes de absorver a umidade do ar e regulá-la com a umidade ambiente. Neste caso, o uso do cimento gera maior impermeabilidade às argamassas devido à maior parte do volume dos poros ser formada por microporos, provocando maior retenção de partículas de água no interior das paredes e gerando manchas de umidade. No entanto, a incorporação de cimento às argamassas de revestimento tende a ser benéfica quando em conjunto aos sistemas construtivos atuais (tijolos de alvenaria, blocos de concreto, etc.).

2.5. Pinturas à base de cal

Para a proteção final de paredes e revestimentos com terra, recomenda-se a utilização da calagem pois este tipo de pintura à base de cal não sela a superfície, possibilitando a troca natural de ar e vapor d'água das estruturas com o meio ambiente (NEVES e FARIA, 2011). Diferentemente das pinturas comerciais sintéticas, as pinturas minerais à base de cal e silicatos não criam filme impermeável, ou quase ínfimo, permitindo que as superfícies transpirem e não acumulem umidade em seu interior (BEZERRA, 2010).

No entanto, ao utilizar tintas de silicato deve-se certificar que ela seja pura e não possua aditivos que alterem sua permeabilidade (KANAN, 2008). Caso a impossibilidade de trocar umidade com o ambiente seja imposta sobre as paredes ou argamassas de terra, manchas de umidade tornam-se visíveis devido à condensação da água em sua superfície, podendo comprometer a durabilidade da parede.

As pinturas à base de cal, tal como a caição, além de não bloquear a capacidade higroscópica das paredes, apresentam qualidades notáveis quanto à proteção a intempéries como a chuva e a abrasão física, além de agirem de forma eficaz para a eliminação de fungos e bactérias patógenas e o desenvolvimento de colônias de insetos nas estruturas.

A caição é uma pintura cujo aglutinante é a cal e sua preparação é feita a partir da dissolução de cal fina em água. Para que as partículas de cal se fixem, penetrem e sejam absorvidas pelo substrato poroso é necessário que a caição seja aplicada em várias camadas finas para que se consolide com o substrato e ajude-o a se preservar.

Kanan (2008) recomenda a aplicação de no mínimo 7 demãos da solução, sendo que a quantidade ideal para um melhor acabamento é de 10 camadas de caição. Ainda segundo a autora, as primeiras aplicações devem ser feitas sobre o substrato previamente umedecido e mais diluídas que as outras demãos, para que o suporte absorva melhor a cal e ajude na fixação da solução à superfície.

Igualmente à utilização de cal como aditivo na composição de argamassas para revestimento, é de crucial importância a seleção adequada da matéria prima. Recomenda-se a utilização da cal quanto mais pura e fina possível, assim como evitar o uso de cal antiga e mal conservada pois a sua exposição ao meio ambiente, em contato com o ar, altera suas características adesivas e compromete sua durabilidade.

Para dar cor à pintura de cal, devem ser utilizados pigmentos compatíveis com o alto pH da cal, resistentes à luz e à ação corrosiva do ar poluído. Para tanto, os pigmentos mais apropriados para caições são aqueles preferencialmente de origem mineral, inorgânicos e livres de sais solúveis e outras impurezas que modifique suas características originais.

Desde os tempos antigos, as argilas foram utilizadas como matéria prima para a produção de pigmentos inorgânicos naturais sendo sua coloração dada por meio dos óxidos de ferro e outros minerais presentes na composição das argilas, podendo citar o vermelho, o marrom e o amarelo ocre. Bezerra (2010) destaca que pelo fato de a cal ser um pigmento branco, os tons resultantes serão pastéis e suaves. Para tanto, não

se deve tentar compensar esta característica, pois caso se ultrapasse em 10% a quantidade de cal, a película resultante não terá coesão suficiente e poderá ser facilmente removida pelo simples atrito da mão.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa científica de possíveis composições para argamassas de revestimento com terra sobre esteiras de bambu, ou bambu planificado, foi prática e experimental através da elaboração e aplicação de seis traços de argamassas distintas e pintura à base de cal para vedação e acabamento de um protótipo em estrutura de bambu desenvolvido por Vitor (2019). A pesquisa identificou composições e técnicas mais apropriadas à elaboração de argamassas para revestimento, avaliando a vedação e o acabamento do protótipo.

Foi realizado um levantamento bibliográfico sobre a técnica construtiva *bahareque* para fechamento das paredes, bem como o emprego de argamassas para revestimento, a categorização do solo e posterior incorporação do mesmo à mistura. Os principais autores que contribuíram com o trabalho foram Jorge Morán Ubdia (2015) em seu manual construtivo de bahareque, Neves et al. (2009) para definições e procedimentos de categorização do solo, Neves e Faria (2011), Torgal e Jalali (2009), e Neves et al. (2009) para as pesquisas sobre os diferentes estabilizantes e composições de argamassas para revestimento à base de terra, Maria Isabel Kanan (2008) para explicações sobre argamassas e revestimentos à base de cal.

3.1. Materiais e técnicas

Os materiais e técnicas utilizadas para a aplicação das argamassas de revestimento sobre as paredes do protótipo foram fundamentais para a agilidade e o bom desenvolvimento do trabalho proposto. A metodologia de elaboração e aplicação do revestimento seguiu os estudos presentes no referencial teórico deste trabalho como também investigações no campo da práxis desenvolvido pelos autores.

O solo utilizado para a composição das argamassas para revestimento estava disponível no Departamento de Arquitetura e Urbanismo/UFSC e a origem deste solo é desconhecida. Este mesmo solo também foi alvo da pesquisa de Vendrami et. al (2018) e de Lisboa (2019), com ensaios de granulometria e plasticidade realizados no laboratório de solo da Empresa Iguatemi Consultoria e Serviços de Engenharia Ltda. e no Laboratório de Solos, Água e Tecidos Vegetais da UFSC.

Adotou-se para composição da argamassa, aglomerantes e estabilizantes, areia média a fina, cimento CII, cal CH-III e fibras vegetais. As fibras vegetais foram coletadas no local, provenientes de podas de gramados, e os demais materiais comprados em lojas de construção. A cal CH-III foi selecionada devido ao seu elevado grau de pureza e composição granulométrica fina. Para as etapas do emboço e do reboco que adotaram a cal em sua composição, foi realizada mistura prévia de um dia, saturando a solução por 24 horas e garantindo melhor desempenho de suas propriedades aglutinantes.

O período de secagem adotado foi de 7 dias entre a aplicação do emboço e do reboco. Já para o acabamento final com caiação, o período de secagem foi de 14 dias.

Adotou-se o uso de pó xadrez, disponibilizado pela Materioteca/UFSC, para pigmentação das paredes, sendo este apenas adicionado à mistura de cal e água para a aplicação da sétima demão.

Os materiais utilizados para a preparação e aplicação da argamassa de revestimento foram: broxa, carrinho de mão, enxada, balde para padronização de medidas, masseira plástica, betoneira, desempenadeira, colher de pedreiro, esponja e pano.

4. RESULTADOS

4.1. Caracterização do solo para elaboração das argamassas de revestimento de terra

A composição do traço do emboço e do reboco exigiu estudos minuciosos de caracterização do solo através de testes de campo e ensaios laboratoriais. Fundamentais para quantificação da presença de argila, estes procedimentos foram

realizados com o intuito de definir a necessidade ou não do uso de estabilizantes na mistura para diminuir a retração da terra e o posterior aparecimento de fissuras no revestimento das paredes.

O resultado dos ensaios realizados por Vendrami et. al (2018) definiram o solo como terra argilo siltosa, arenosa ou areno argilosa, com plasticidade de média a alta. Ainda segundo as autoras, a análise granulométrica indicou presença significativa de areia (69%), pouco silte (18%) e argila (13%), que conforme o diagrama trilinear de classificação dos solos (Figura 1) trata-se de solo arenoso.

Vendrami et. al (2018) também realizaram a caracterização mineralógica desse solo por difratograma de raios-X, através do Departamento de Ciência e Solo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, indicando a presença de argila caulinita, de mica e quartzo. A argila caulinita, por definição, são geralmente estáveis em presença de água e possuem capacidade aglutinante baixa.

Partindo desta categorização proposta pelas autoras e, para complementar e confirmar a classificação desse solo, foram realizados novos testes de campo e laboratoriais no Labrestauro/MATEC.

Para a realização das análises de solo conforme a NBR 6.457 (ABNT, 1986), primeiramente o solo passou pelo processo de homogeneização e desagregação dos torrões com auxílio de uma enxada, quarteando o montante de solo até a obtenção de 2 kilogramas de amostra. Desta quantia separou-se 500 gramas da amostra para os ensaios de campo e o restante foi peneirado, na malha de 2 milímetros, seco em estufa a 60 graus Celsius por 24 horas e posteriormente encaminhada à empresa contratada para a realização dos ensaios de granulometria e plasticidade.

A amostra submetida aos testes de campo tátil-visuais, conforme Neves et al. (2009), não apresentou matéria orgânica e indicou a presença de areia pela aspereza, silte pela suavidade e aspecto de talco ao bater as mãos, argila pela cor marrom, poucos brilhantes e também pela necessidade de lavar as mãos para retirada do material. Quanto aos demais testes de campo (Figura 6), ao se realizar o teste de queda de bola

foi possível perceber boa coesão de maneira a definir a amostra como terra argilosa e, pelos testes de cordão, fita, exsudação e resistência seca, indicou-se uma terra siltosa própria para a produção de adobes e terra compactada, com

Figura 06 – Ensaio de campo: queda de bola, cordão, fita e resistência seca



Fonte: Autores, 2019

necessidade do uso de aglomerantes.

A análise granulométrica foi realizada em dois diferentes laboratórios, ambos baseados na norma NBR 7.181 (ABNT, 2017). O ensaio de granulometria por sedimentação foi realizado no Laboratório de Solos, Água e Tecidos

Vegetais/UFSC e, por peneiramento, no Laboratório da Empresa Iguatemi Consultoria e Serviços Ltda. Gerando como resultado, presença significativa de areia (69%) e quantidades representativas de silte (18%) e argila (13%), conforme Quadro 2. Comprovando, portanto, a

Quadro 02: Composição granulométrica do solo pela norma NBR 7.181 (ABNT, 2017)

| Partículas do solo | % |
|---------------------|-----|
| Cascalho fino | 3 |
| Areia grossa | 16 |
| Areia média | 22 |
| Areia fina | 28 |
| Silte + Argila fina | 18 |
| Argila | 13 |
| Total | 100 |

Fonte: Lisboa, 2019

classificação realizada por Vendrami et al. (2018).

Segundo a classificação geral dos principais autores apresentados no referencial teórico, a necessidade ou não da incorporação de aditivos estabilizantes à mistura da argamassa pode ser representada em função da composição granulométrica do solo. O quadro 3, a seguir, subdivide os solos que necessitam e os que não necessitam de estabilizantes, em comparação ao solo em análise.

Observa-se, através do Quadro 3, que o solo em análise possui quantidade em areia próxima ao estabelecido por Neves et al. e Garzón para solos sem necessidade da adição de estabilizantes, porém não contempla os índices de silte ditos

Quadro 03: Resumo da classificação granulométrica do solo pelos ensaios realizados e segundo a classificação geral dos principais autores

| Classificação geral do solo conforme granulometria | | Composição (%) | | | |
|--|------------------------------|----------------|---------|---------|---------|
| Tipos de solo | Referência | | Areia | Silte | Argila |
| Solo em análise | Granulometria | peneiramento | 69 | 31 | |
| | | sedimentação | 69 | 18 | 13 |
| Solo ideal sem necessidade de estabilizantes | Hays e Matuk (2003) | | ± 50 | ± 30 | 7 - 19 |
| | Neves et al. (2009) | | 70 - 80 | 15 - 55 | 20 - 30 |
| | Garzón (Neves e Faria, 2011) | | 78 | 13 | 9 |
| Solo com necessidade de estabilizantes | Torgal e Jalali (2009) | | 50 - 75 | < 20 | |

Fonte: Lisboa, 2019

como ideais por Hays e Matuk e de argila, por Neves et al. e Garzón.

Aqui cabe ressaltar a necessidade dos dados de limite de liquidez e plasticidade em conjunto com a caracterização granulométrica para definir, com exatidão, a necessidade ou não da incorporação de aditivos estabilizantes à mistura da argamassa.

Para tanto, foi solicitado à mesma empresa privada que fizesses os ensaios laboratoriais de

Figura 07 – Ensaio de plasticidade realizado em empresa privada



Fonte: Lisboa, 2019

plasticidade, determinando o Limite de Liquidez em 37% e o Limite de Plasticidade em 25% e a diferença entre eles, o índice de Plasticidade, em 12% para o solo em análise. Tratando-se de uma terra silte-argilosa marrom. (Figura 7)

A partir dos dados obtidos para o solo em análise quanto ao Índice de Plasticidade (12%) e da porcentagem de solo passante pela peneira de 0,08 mm (31%) analisa-se o diagrama de classificação dos solos (Figura 3) proposto por Neves et al. (2009), tendo como resultado que o estabilizante ideal para compor esta argamassa de revestimento é o cimento. Torgal e Jalali (2009) também indicam o cimento quando o solo apresenta baixas porcentagens de argila (inferiores a 20%) e variação entre 50% e 75% de areias e britas (Quadro 2).

Pela Escola Nacional de Obras Públicas da França (Hays e Matuk, 2003), o índice de plasticidade recomendado para a composição de argamassas de revestimento está entre 4 e 11% e devido ao fato do solo analisado carecer de quantidade em argila e materiais finos segundo

duas referências, a estabilização com cal apresenta-se como uma boa solução pois ele também é um aglomerante de partículas finas.

4.2. Elaboração e aplicação das argamassas para revestimento sobre as paredes do protótipo experimental da UFSC

Com o propósito de vedar as paredes do protótipo experimental da UFSC, as argamassas para revestimento foram elaboradas e aplicadas em duas camadas distintas. Previamente à aplicação da primeira camada, a parede foi chapiscada com mistura de cal e água, de consistência líquida, de maneira a proteger a superfície da parede de bambu contra mofo e facilitar a aderência da mistura à mesma. A segunda camada foi aplicada sobre a primeira e o acabamento final sobre a segunda respeitando um período de 120 horas entre cada aplicação sendo que, a primeira camada foi umidificada previamente à aplicação da segunda.

Para tanto, os painéis do protótipo foram subdivididos de maneira a possibilitar a experimentação de quatro tipos de revestimentos.

4.2.1. Primeira camada, emboço

Para a primeira camada foram experimentadas duas composições de argamassa de terra, ora estabilizado ora com cal e fibra, ora com cimento e fibra. Tanto para a elaboração do emboço estabilizado com cal quanto com cimento, a terra foi peneirada em peneira com abertura de malha de 5 mm e as fibras cortadas em comprimentos não superiores a 10 cm.

a) Traço em volume 1:6:1 (cimento, terra analisada, fibra)

A argamassa à base de terra estabilizada com fibra e cimento foi realizada misturando-se 1 parte de cimento para 6 partes de solo e 1 parte de fibra com apenas o suficiente de água para obter-se uma mistura de consistência pastosa conforme ilustrado pela Figura 8. A argamassa foi aplicada na metade dos painéis leste e oeste do protótipo com auxílio de desempenadeira e pá de pedreiro (Figura 9) e posteriormente texturizada para

facilitar a aderência da camada sobrejacente (Figura 10).

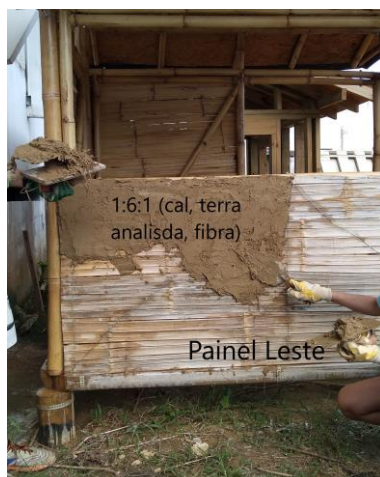
b) Traço em volume 1:6:1 (cal, terra analisada, fibra)

A mistura foi realizada em duas etapas de maneira a respeitar o período de hidratação da cal. Primeiramente hidratou-se 1 parte de cal e 3 partes de solo com água suficiente para saturar a solução e cobri-la com uma película de água de aproximadamente 2 centímetros. Após repousar por 24 horas, a segunda etapa da mistura foi realizada adicionando-se 3 partes de solo, 1 parte de fibra e apenas o suficiente de água para obter uma argamassa de consistência pastosa conforme

ilustrado pela Figura 11. A argamassa foi aplicada na outra metade dos painéis leste e oeste do protótipo com auxílio de desempenadeira e pá de pedreiro (Figura 12) e posteriormente texturizada para facilitar a aderência da camada sobrejacente (Figura 13).

Durante o processo de secagem da primeira camada houve menor retração no emboço estabilizado com cimento e fibra. Vale destacar que uma forte chuva atingiu o painel leste durante o processo de secagem do emboço e aquele estabilizado com cal voltou ao seu estado plástico não apresentando nenhuma manifestação patológica enquanto que, o emboço com cimento deste mesmo painel já estava endurecido.

Figuras 08, 09 e 10 – Elaboração, aplicação e texturização do emboço a base de terra estabilizado com cimento e fibra



Fonte: Autores, 2019

Figuras 11, 12 e 13 – Elaboração, aplicação e texturização do emboço a base de terra estabilizado com cal e fibra



Fonte: Autores, 2019

4.2.2. Segunda camada, reboco

Para a segunda camada foram experimentadas duas composições de argamassas, à base de terra e à base de areia, ambas estabilizadas com cal. Para a elaboração dos dois tipos de reboco, a terra e a areia foram peneiradas em peneira com abertura de malha de 2 mm e a mistura realizada em duas etapas respeitando o período de hidratação da cal de 24 horas.

a) Traço em volume 1:3 (cal, terra analisada)

A mistura foi realizada com 1 parte de cal para 3 partes de solo e apenas o suficiente de água para

obter-se uma mistura de consistência pastosa. A argamassa foi aplicada na integridade do painel oeste do protótipo e posteriormente desempenada com auxílio de desempenadeira de madeira (Figuras 14 e 15).

b) Traço em volume 1:3 (cal, areia de média a fina)

A mistura foi realizada com 1 parte de cal para 3 partes de areia e apenas o suficiente de água para obter-se uma mistura de consistência pastosa. A argamassa foi aplicada na integridade do painel leste do protótipo e posteriormente desempenada com auxílio de desempenadeira de metal (Figuras 16, 17 e 18).

Figuras 14 e 15 – Aplicação do reboco a base de terra na integridade do painel oeste do protótipo



Fonte: Autores, 2019



Fonte: Autores, 2019

4.2.3. Acabamento final, pintura à base de cal.

Conhecida como caiação, a pintura à base de cal foi elaborada misturando-se 10 litros de água para 2 quilogramas de cal, totalizando 8 camadas de aplicação. Para tanto, respeitou-se o intervalo de 30 minutos entre cada demão. A pigmentação foi realizada apenas na oitava e última demão da caiação, conferindo duas colorações distintas, cada qual para cada painel.

A pigmentação das paredes do painel oeste foi dada adicionando-se 10 gramas de pó xadrez bege à solução de água e cal (10:2). A sequência ilustrativa de caiação e coloração final conferida às

paredes do painel oeste podem ser visualizadas através das figuras de 19 a 21.

Devido a exposição do painel oeste à intempéries e a ocorrência de chuvas durante o processo de secagem do revestimento, o painel ainda encontrava-se úmido durante a execução da caiação.

Para a pigmentação das paredes do painel leste adicionou-se 5 gramas de pó xadrez bege e 5 gramas de pó xadrez vermelho à solução de água e cal (10:2). A sequência ilustrativa de caiação e a coloração final conferida às paredes do painel leste pode ser visualizada através das figuras de 22 a 24.

Figuras 19, 20, 21 – Pigmento, caiação e coloração final do painel oeste



Fonte: Autores, 2019

Figuras 22, 23 e 24 – Pigmento, caiação e coloração final do painel leste



Fonte: Autores, 2019

4.3. Discussão dos resultados

Dos quatro diferentes tipos de composições para revestimento analisados durante sua elaboração, aplicação e secagem, quando comparadas entre si, as argamassas que utilizaram cimento para estabilização apresentaram secagem mais rápida do que as estabilizadas com cal. No entanto, não houve diferenças significativas quanto à aparição e propagação de pequenas fissuras ocasionadas pela retração da argamassa de terra, constatando a presença destas fissuras em ambos tipos de emboço. Já para a segunda camada de revestimento, o reboco, houve disparidades no aspecto final e acabamento das argamassas devido a diferente exposição às intempéries. O reboco do painel oeste, preparado com terra e cal, foi exposto à chuva ocasional durante o período de cura, resultando na aparição de manchas de umidade em toda parte inferior da parede. O reboco preparado com areia e cal resultou, no painel leste, em revestimento áspero, esfarelento e com secagem mais rápida quando comparado ao reboco preparado com terra e cal.

Devido ao fato do painel oeste ter sido mais exposto à chuva, o período de cura para o emboço e para o reboco deveriam ter sido o suficiente para garantir uma boa secagem homogênea dos revestimentos, sem apresentar umidade excessiva antes a aplicação da camada ou pintura seguinte. Este fato foi comprovado observando-se o resultado final da caiação sobre as paredes do painel leste que, por ter sido feita sobre reboco ainda úmido, verificou-se o aparecimento de manchas de umidade sob a pintura e rachaduras finas presentes na última demão da pintura à base de cal, fator este que prejudicou a adesão da pintura sobre o revestimento. Os autores correlacionam esta falha ao insuficiente, e necessário, período de secagem do reboco à base de terra antecedente à caiação, constatando que o tempo de aplicação entre as camadas que utilizam cal e/ou terra deve ser maior que as que utilizam cimento e/ou areia.

CONCLUSÕES

Composta por duas camadas de revestimento, emboço e reboco, mais acabamento final com

pintura à base de cal, o fechamento das paredes de *bahareque* possibilitaram melhoria da resistência mecânica, da impermeabilidade, da proteção contra as intempéries e uma boa aparência estética. A vedação, proteção e acabamento dado às paredes do protótipo foram bem sucedidas para os quatro tipos resultantes de revestimentos propostos, portanto, validando o uso do solo na composição de argamassas para revestimento quando devidamente caracterizado e estudado quanto a necessidade ou não de aditivos estabilizantes.

Para o solo em análise, a adição de fibras vegetais, cal e cimento melhorou as propriedades aglutinantes da argamassa de terra garantindo boa consistência e trabalhabilidade à mistura em seu estado úmido para aplicação sobre as paredes. A incorporação destes estabilizantes auxiliou no controle das retrações, na absorção e difusão da umidade e, portanto, na diminuição da quantidade de fissuras provocadas durante o processo de cura. Com isto, no estado seco, obteve-se aumento da resistência final das argamassas à intempéries e, conseqüentemente, maior durabilidade às paredes.

Devido a necessidade de um processo lento de cura, os revestimentos de terra, principalmente aqueles que empregam a cal, devem ser protegidos contra às intempéries através de, por exemplo, a utilização de lonas de proteção e/ou estratégias projetuais como o uso de beiral mais largo.

Sugere-se para trabalhos futuros no protótipo experimental em bambu da UFSC, a realização de estudos de conforto térmico, o acompanhamento dos efeitos higroscópicos nos diferentes tipos de revestimento experimentados neste trabalho e, testes de estanqueidade.

REFERÊNCIAS

VITOR, Alexandre. Oliveira. Proposta de Habitação de Interesse Social (HIS) em estrutura de bambu: projeto e construção de um protótipo experimental. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil. UFSC. Florianópolis, 2018.

HIDALGO-LÓPEZ, Oscar. *Bamboo the gift of the gods*. Bogotá: D´vinni Ltda., 2003. 71 p.

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. Manual de construcción sismo resistente de viviendas em bahareque encementado. Bogotá: la red de estudios sociales em prevención de desastres em américa latina, LA RED, 2012. 69 p.

HAYS, Alain; MATUK, Silvia. *Técnicas Mixtas de Construcción com Tierra*. Versão digitalizada. PROTERRA: *Tecnologías de Construcción con Tierra Subprograma XIV Tecnología para Viviendas de Interés Social*, CYTED, 2003. 350 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13.749: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Especificação. Rio de Janeiro, 2013. 8 p.

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 (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2011.

NEVES, Célia Maria Martins; FARIA, Obede Borges; ROTONDARO, Rodolfo; CEVALLOS, Patricio S.; HOFFMANN, Márcio Vieira. Seleção de solos e métodos de controle na construção com terra – práticas de campo. Rede Ibero-americana PROTERRA. 2009. Disponível: <<http://www.redproterra.org>> Acessado: 22 fev. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6.502: Norma Brasileira de Rochas e Solos. Rio de Janeiro, 1995. 18 p.

DA PONTE, Maria Manuel Correia Costa. Arquitetura de Terra: o desenho para a durabilidade das construções. Dissertação (Mestrado). Departamento de Arquitetura, Faculdade de Ciências e Tecnologia de Coimbra. Portugal. 2012. 298 p.

MINKE, Gernot. *Manual de construcción en tierra*. 1ª ed. Montevideo: Editorial Nordan-Comunidad. 2001. 222 p.

TORGAL, Fernando Pacheco; JALALI, Said. 2009. *Construção em Terra: algumas considerações sobre a selecção de solos*. In:

Conferência Engenharia 2009, 10. Covilhã, Portugal, 2009.

REZENDE, Marco Antônio Penido de. Taipa de pilão histórica: roteiro para reconstituição. *Arquiteturarevista* nº 2, v. 8, 2012: 101 - 107.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6.459: Norma Brasileira para Solo – Determinação do Limite de Liqueidez: terminologia. Rio de Janeiro, 1984. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7.181: Norma Brasileira para Solo – Análise Granulométrica: terminologia. Rio de Janeiro, 2017. 13 p.

Houben, Hugo; Guillaud, Hubert. *Traité de construction en terre. Marseille: Parenthèses / CRATerre*, 1995. 2. ed., 355 p. Tradução de Obede Borges Faria, em 16 ago. 2018.

KANAN, Maria Isabel. Manual de Conservação e Intervenção em Argamassas e Revestimentos à Base de Cal. Brasília: Iphan/Projeto Monumenta, 2008. 172 p.

NEVES, Célia Maria Martins; FARIA, Obede Borges. *Técnicas de Construcción com Tierra*. Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista e Rede Ibero-americana PROTERRA. Bauru. 2011. 79p.

GARZÓN, Lucia Esperanza. *Un barrio eco-sostenible – diseño modular de construcción mixta con tierra (sistema bahareque prefabricado)*. Proyecto experimental biotécnico 2008. In: Seminário Ibero-americano de Arquitetura e Construção com Terra, 7, Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil, 3, 2008, São Luiz. p. 455 – 465.

OLENDER, Mônica Cristina Henriques Leite. A Técnica do Pau-a-pique: subsídios para sua preservação. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Bahia. Salvador. 2006. 119 p.

NEVES, Célia Maria Martins; FARIA, Obede Borges. *Técnicas de Construcción com Tierra*. Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista e Rede Ibero-americana PROTERRA. Bauru. 2011. 79p.

BEZERRA, Ana Luísa Furquim. As Cores das Fachadas de Edificações Históricas pintadas a cal. Dissertação (Mestrado). Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2010. 139 p.

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

VENDRAMI, Julia May; LIBRELOTTO, Lisiane Ilha; DAL SOGLIO, Carolina Rodrigues. Análise de Desempenho Estrutural de Adobe. In: Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil, 7, 2018. Rio de Janeiro, 2018.

LISBOA, Sumara. Painel de Pau a Pique – Bambu e Terra – na Ilha de Santa Catarina. Dissertação (Mestrado). Programa Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina. 2019. 170p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6.457: Norma Brasileira para amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização: terminologia. Rio de Janeiro, 1986. 9 p.

Agradecimentos

Ao Laboratório de Restauro, Materiais e Técnicas Construtivas atuais e retrospectivas (Labrestauro / Matec) da UFSC e ao grupo de Pesquisa Virtuhab, pelo suporte e auxílio prestados em todo o processo de elaboração e aplicação dos revestimentos.

Agradecemos de coração aos amigos e amigas que participaram e prestaram ajuda durante as etapas de preparação dos materiais e aplicação do revestimento, trocando conhecimento e experiências no decorrer do trabalho voluntário.

A Michele Cristina Vieira pela disponibilidade e contribuição em todas as etapas práticas deste trabalho.