

Universidade Federal da Paraíba
Centro de Tecnologia
Departamento de Arquitetura e Urbanismo
Formulário de Estágio Supervisionado I

PROCESSO CONSTRUTIVO DO PAINEL MONOLÍTICO DE SOLO-CIMENTO

Orientadora: Germana Rocha

Alunos

José Barbosa de Carvalho Segundo
Pedro Rafael Pontes Neto

João Pessoa

2021

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	3
2. ARQUITETURA EM TERRA.....	4
2.1. TAIPA DE PILÃO	5
3. OBJETIVO	6
4. PROCESSO DE PRODUÇÃO DO PAINEL MONOLÍTICO SOLO- CIMENTO E PROTOTIPAGEM.....	6
4.1. CARACTERIZAÇÃO DO SOLO – JAZIDA.....	6
4.2. MISTURA.....	10
4.3. FÔRMAS.....	12
4.4. COMPACTAÇÃO.....	14
5. CONCLUSÃO	16
6. REFERÊNCIAS	17

1. INTRODUÇÃO

As discussões científicas e sociais, a nível local e global, sobre as necessidades das atuais e futuras gerações versam sobre conceitos de sustentabilidade no que se refere às questões energéticas, ambientais e socioeconômicas. Os processos de industrialização trouxeram uma grande desordem no meio urbano, acarretando inúmeras dificuldades à qualidade de vida humana, pensando-se a longo prazo. O excesso na geração de resíduos e poluentes, decorrentes da industrialização, são fatores que não agregam valor e prejudicam a vida nas cidades (Corrêa; Mendes; Tonoli, 2012).

Conforme apontado por Villaça (2012), a construção civil é uma das atividades produtivas mais impactantes ao meio ambiente, com elevados impactos na extração de grandes quantidades de matérias-primas não-renováveis, de altos consumos energéticos e elevadas emissões de gases responsáveis pelo efeito de estufa, além de ser causadora de uma enorme poluição que degrada os ecossistemas do planeta. Em contrapartida, a lógica desenfreada do desperdício nas obras acentua a necessidade de se repensar os processos da cadeia construtiva atualmente em vigência, e propor soluções tecnológicas que promovam espaços construídos em harmonia com a natureza.

Os modelos lineares de produção não são mais viáveis. É necessário pensar alternativas que considerem todo o processo de construção e descarte do edifício, pensando em uma economia circular que investigue o reequilíbrio entre a natureza e o artificial. À vista disso, buscando-se atender aos requisitos de sustentabilidade e ecoeficiência do cenário atual, diferentes iniciativas vêm ocorrendo. Os setores produtivos vêm buscando modos de produção e desenvolvimento, onde haja menos pressão sobre os recursos naturais.

Segundo Pinheiro (2002) o uso das novas tecnologias traz mais opções de técnicas e de materiais capazes de gerar ganhos de eficiência e diminuição do impacto e dos custos das construções. Para tal, se faz necessário estar atualizado com o mercado, bem como atento às expectativas de empresas, profissionais do setor, e centros de pesquisa, sempre buscando formas de melhorar o gerenciamento de técnicas e processos.

Nessa perspectiva, a terra, esquecida após as Revoluções Industriais e constituindo um dos materiais mais abundantes na natureza, torna-se uma excelente estratégia para diminuir os problemas citados, ganhando destaque entre os materiais construtivos de menor impacto ambiental e máxima sustentabilidade. O solo, utilizado corretamente como matéria-prima, é capaz de produzir construções de qualidade, com economia e segurança (Corrêa; Mendes; Tonoli, 2012).

A biomimética é uma grande ferramenta do design regenerativo, ensinando e apontando materiais e soluções que tenham ciclo de vida seguros para o ecossistema. Nesse sentido, a arquitetura em terra é uma solução que

otimiza a terra, recurso natural em abundancia, e oferece diversos benefícios ao meio ambiente, como nos ensina o pássaro João de Barro e as casas bandeirantes (Queiroz; Rattes; Barbosa, 2017).

Materiais que priorizam o mínimo de impacto ambiental e a maximização da sustentabilidade compõem o atual modelo do setor de construção. Neste universo do emprego de novos materiais o solo se mostra uma importante matéria-prima a ser explorada. Utilizado desde o início da civilização, acabou sendo esquecido com a descoberta do cimento, material que apesar de facilitar e potencializar a indústria da construção, é responsável por graves danos ao meio ambiente (Villaça, 2012).

2. ARQUITETURA EM TERRA

Em todas as civilizações, a construção em terra sempre esteve presente, sendo devidamente adaptadas técnica e culturalmente ao longo da História a fim de atender às necessidades do homem e de seu ambiente construído. No Brasil, as construções utilizando terra constituem a grande maioria da arquitetura colonial, trazida pelos portugueses e africanos, tendo em vista que não se tem nenhuma evidência de construções desse tipo sendo realizadas por índios nativos (Neves, 1995).

De acordo com Heise (2004), a reavaliação do uso da terra como material de construção é de extrema importância frente aos desafios que os países em desenvolvimento vêm enfrentando, notadamente porque uma das principais causas do grande déficit habitacional está diretamente associada à falta de recursos financeiros da população para se investir em construções feitas por métodos tradicionais, e, portanto, mais dispendiosas.

Ressalva-se, no entanto, que é importante conhecer as características químicas e físico-mecânicas da terra, enquanto matéria-prima reciclável, no âmbito dos processos construtivos da arquitetura com terra, avaliando-se quais os benefícios que este material pode proporcionar ao ambiente construído em estudo (John, 2000).

Houben e Guillaud (1994) apontam que as técnicas de construção com terra podem ser classificadas em 12 grandes grupos, organizados conforme os princípios construtivos que os definem, sendo eles: terra escavada, terra como preenchimento, terra compactada, terra como recobrimento, terra manipulada, terra empilhada, terra recortada, terra moldada, terra extrudada, terra escorrida, terra palha, pau a pique.

Segundo essa classificação, a terra compactada pode ser utilizada de duas diferentes maneiras: tijolos prensados (manual ou mecanicamente); Taipa de pilão, ou terra apiloada entre dois pranchões de madeira (manual ou mecanicamente).

2.1. TAIPA DE PILÃO

A taipa de pilão consiste, basicamente, em uma tecnologia que utiliza a terra apiloada dentro de formas chamadas taipais, obtendo-se como resultado uma parede maciça e monolítica (VASCONCELLOS, 1979). Essa tecnologia evoluiu e hoje é reconhecida como painel monolítico de terra estabilizada com cimento. Entre todas as técnicas aplicadas na construção com terra, o painel monolítico de solo-cimento é aplicável em diversas situações, otimizando a qualidade espacial e se integrando ao meio ambiente sem grandes impactos.

Trata-se de uma alternativa tecnológica cujo processo de produção otimiza a preservação dos recursos naturais, de maneira que não se agrida o meio ambiente. Através deste processo produtivo pode-se construir objetos arquitetônicos que preservem a harmonia do meio natural, cultural e artificial em que se localizam (Sato; Brasil, 2012).

A vantagem básica de se construir com o método da taipa de pilão é a utilização do próprio solo em sua forma natural ou com aditivos (quando não se dispõe de um solo com as características desejadas), tendo-se o solo como material quase exclusivo nesse tipo de construção. Na presença de um solo argiloso é possível de se aplicar essa técnica e, com o avanço tecnológico, pode-se obter uma estrutura mais resistente, durável e moderna (Ferrão, 2003).

O sistema construtivo em taipa está retornando à realidade dos construtores no Brasil, com algumas adaptações relativas ao clima e tipo de solo, visto que não se pode utilizar qualquer tipo de solo para a construção da taipa. O solo deve ter uma granulometria adequada, ser limpo de matéria orgânica e composto basicamente de 65% a 70% de areia e 35% a 30% de argila, para um bom desempenho no edifício construído (Ferrão; Heise, 2001).

Segundo Heise (2004), algumas das vantagens de se empregar o sistema construtivo de painéis monolíticos de solo-cimento, que podem ser listadas, são: utilização de equipamentos e procedimentos simples para a execução do painel; pouca diversidade de materiais e poucas operações no canteiro; redução de gastos com transporte de materiais; tecnologia acessível que pode ser incorporada também por uma mão de obra não especializada.

Nesse mesmo viés, Schiller et al (2012) afirmam que a contribuição da taipa de pilão, para a sustentabilidade e indústria da construção, parte de suas características térmicas, como reguladora de temperatura e umidade dentro do espaço construído, à sua reduzida demanda de energia para fabricação, transporte, instalação na obra e para processos de construção.

Por fim, Gonzáles (2006) ressalta, ainda, como benefícios do painel monolítico solo-cimento, as mínimas emissões dos gases de efeito estufa, o baixo impacto ambiental e sua alta reciclabilidade. Isso complementado por sua potencial acessibilidade econômica e social para a conquista de uma melhor

qualidade de vida com durabilidade, habitabilidade e segurança para seus ocupantes.



Legenda: Casa projetada pelo escritório Dust Architects com paredes de solo-cimento. Fonte: Revista Online Casa Vogue

3. OBJETIVO

Tomando como universo de análise a construção com terra, a pesquisa propõe estudar o processo de construção do painel monolítico de solo-cimento (taipa de pilão), identificando e descrevendo as atividades envolvidas na sua produção. O objetivo desta pesquisa, portanto, é resgatar o uso dessa tecnologia milenar e fomentar a sua difusão, mais uma vez, no rumo da arquitetura e construção civil.

4. PROCESSO DE PRODUÇÃO DO PAINEL MONOLÍTICO SOLO-CIMENTO E PROTOTIPAGEM

4.1. CARACTERIZAÇÃO DO SOLO – JAZIDA

O solo é constituído por matérias orgânicas e por minerais variados que se depositam na porção mais superficial da crosta terrestre (especificadamente na parte superior do regolito). Dependendo da sua composição, granulometria e estrutura irá apresentar comportamentos diferentes, necessitando a análise e a caracterização do tipo de solo que será utilizado na construção.

Para construção do monolítico de solo-cimento existe uma grande variedade de terras aptas para o uso, nesse sentido, há uma série de parâmetros que norteiam a escolha do solo ideal. Em todos os casos é necessário descartar a capa vegetal mais superficial e garantir uma jazida livre de matéria orgânica.

Para Heise (2004), o solo adequado para o monolítico solo-cimento seria composto por 25% de solo argiloso e 75% de solo arenoso. Já Corral (2008), define os seguintes pré-requisitos:

“Máximo agregado de areia 80% (ótimo de 55% a 75%);

Máximo agregado de limo 30% (ótimo 0% a 28%);

Máximo agregado de argila 50% (ótimo 15% a 18%);

Deve passar por uma peneira de 4,8 mm.”

Soma-se a análise, o limite de plasticidade, responsável por determinar a porcentagem de umidade que limita os estados plásticos e semissólidos do solo, permitindo verificar a capacidade de coesão da mistura e sua trabalhabilidade. O uso do solo com plasticidade correta evita trincas e grandes reduções de volume no monolítico solo-cimento (retração volumétrica devido a perda de umidade). Para Corral (2008), o limite de plasticidade deve ser inferior a 18%.

Logo, a primeira etapa para construção com terra é realizar a caracterização do solo. Para isso, existem duas metodologias principais, a primeira é a análise de laboratório, na qual a amostra de terra é submetida a ensaios que revelam com precisão suas propriedades físicas e mineralógicas; enquanto a segunda são os testes de campo que entregam resultados menos precisos, mas requerem menos recursos e tecnologias empregadas.

Os ensaios de laboratórios são recomendados por se obter melhor resultado com o uso mínimo de cimento, porém, os ensaios de campo mostram-se suficientes para a escolha correta do solo, sendo amplamente utilizados devido a sua praticidade e acessibilidade.

Considerando o escopo do trabalho, essa pesquisa optou por realizar os testes de campo, visto que o objetivo é assessorar uma comunidade que não terá acesso a laboratórios de análise de solo. Deve-se ter em vista, também, o pouco volume de construção, que conseqüentemente leva ao reduzido uso do cimento.

Os procedimentos de identificação, mediante ensaios simples de campo utilizados nessa pesquisa, foram o ensaio da garrafa de sedimentação e o ensaio da caixa.

O ensaio da garrafa de sedimentação é utilizado para avaliar de forma aproximada a granulometria da amostra. Para esse teste será necessário um recipiente transparente com fundo plano e corpo reto (sem afunilamentos).

As etapas do ensaio seguem as recomendações de Neves, et al. (2010):

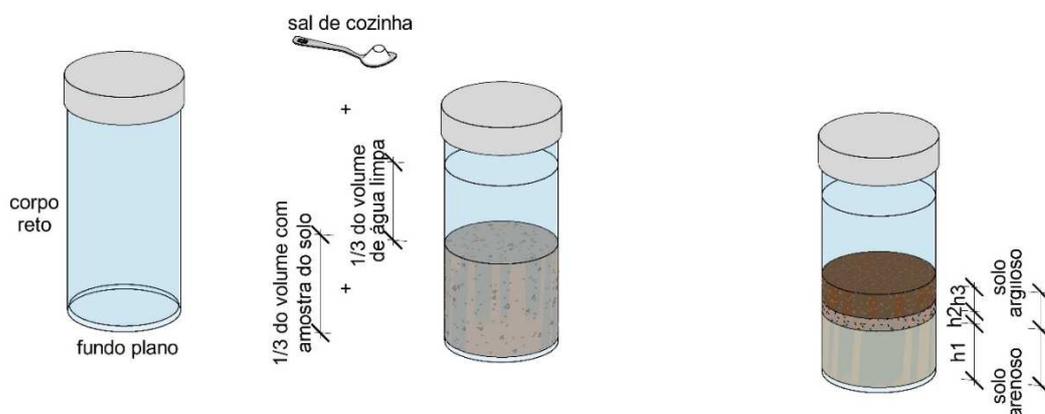
1 – Preencha 1/3 do volume do recipiente com água limpa;

2 – Adicione 1/3 do volume do recipiente com o solo, que deve estar seca ao ar livre e peneirada de partes maiores que 4,8mm;

3 – Adicione uma colher de chá de sal de cozinha (cloreto de sódio) para agir como defloculante e dificultar a formação de aglomerados de partículas;

4 – Misture aproximadamente por 3 minutos e deixe descansar por 30 minutos. Repita a operação e deixe descansar novamente.

5 – Por fim, faça as medições das camadas observadas. O pedregulho e a areia fina estarão na base do recipiente (partículas mais pesadas), na sequencia estará o limo (fragmento menor que a areia fina e maior que argila) e por fim, a argila. Caso exista alguma matéria orgânica ela flutuará na superfície da água.



Fonte: Elaboração dos autores seguindo as recomendações de Neves, et al. (2010).

O ensaio da caixa quantifica a retração linear, relevando de forma aproximada o seu comportamento quanto a retração volumétrica. A retração na terra é decorrência do tipo e da quantidade de argila no solo que trabalha retraindo e expandido de acordo com a variação de umidade. Esses movimentos podem provocar trincas e fissuras internas que comprometem a durabilidade do sistema.

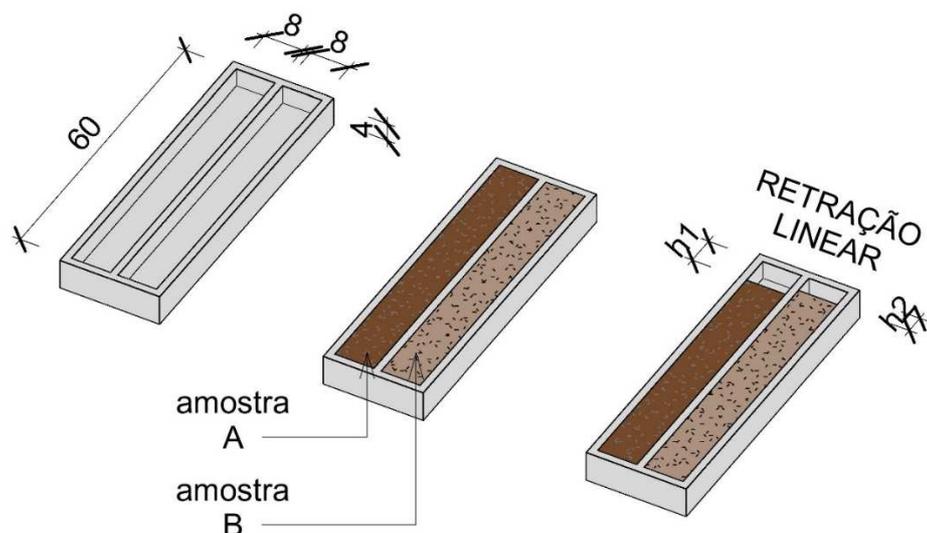
As etapas do ensaio seguem as orientações apresentadas por Neves, et al. (2010):

1 – Misture uma porção do solo com água até que o solo comece a aderir a colher de pedreiro. A amostra de solo deve estar seca ao ar livre e peneirada de partes maiores que 4,8mm;

2 – Coloque a mistura em uma caixa, compactando com a colher de pedreiro para não deixar vazios. A caixa deve ter 8cm de largura, 4cm de profundidade e 60cm de comprimento;

3 – Deixar a caixa protegida do sol e da chuva durante sete dias;

4 – Medir a retração linear.



Fonte: Elaboração dos autores seguindo as recomendações de Neves, et al. (2010).

Com objetivo de colaborar com o projeto do pavilhão do Coco de Roda Novo Quilombo, as amostras de terra foram coletadas em possíveis jazidas próximas ao terreno de construção. Para garantir um solo que solicite a menor quantidade de correções possíveis, foram selecionados dois pontos para retiradas das amostras com intuito de comparar os resultados. O ponto “A” está localizado a uma latitude aproximada de 7°20'S e 34°50'W e o ponto “B” está localizado a uma latitude aproximada 7°20'S e 34°48'W. Em ambos os locais foram retirados aproximadamente 15kg de terra em pontos livres de matéria orgânica. Para caracterização da terra foi utilizado o teste da garrafa, que descartou a amostra do ponto “A”, devido à alta porcentagem de solo argiloso. A terra da amostra “B” se demonstrou apta para a tecnologia e por isso foi avaliada no teste de retração linear.

Teste da garrafa:

1 – Amostra do ponto “A”

Solo Arenoso 50%

Solo Argiloso 50%



2 – Amostra do ponto “B”

Solo Arenoso 75%

Solo Argiloso 25%



Fonte: Autores

4.2. MISTURA

Após a caracterização e seleção do solo, a próxima etapa é quantificar o volume de cimento que será adicionado na mistura para execução do monolítico solo-cimento. A estabilização com cimento objetiva solidificar as partículas do solo, melhorando sua resistência à deformação e compressão simples. O cimento também dificulta a absorção da água pela argila, diminuindo a variação volumétrica com a perda e absorção de umidade.

As normas de dosagem das misturas de solo-cimento recomendadas pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) baseiam-se nos métodos de dosagem da Portland Cement Association (PCA), devido a uma grande comprovação de seus resultados em um grande número de obras executadas e em uso.

A Portland Cement Association, 1986, recomenda o teor de cimento em função classificação do solo pelo método estabelecido pela “American Association of State Highway and Transportation Officials” (AASHTO), como podemos observar na Tabela 1 disponibilizada pela ABCP:

TABELA 1- Teor de cimento para o ensaio de compactação

Classificação do solo segundo a AASHTO (M 145)	Teor de cimento em massa (%)
A1-a	5
A1-b	6
A2	7
A3	9
A4	10
A5	10
A6	12
A7	13

Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland

A determinação da quantidade adequada de cimento fundamenta-se na análise do comportamento de corpos de prova com diferentes conteúdos de cimento. Em geral, são ensaiados três teores, diferindo do teor médio de 2 pontos porcentual. Segundo Heise (2004) o processo envolve identificar e classificar os solos, escolhendo um teor de cimento para cada cenário. Após realizar o teste de compactação, são escolhidos os teores de cimento para o ensaio de durabilidade, realizado através do processo de molhagem e secagem, e por fim a escolha do teor de cimento de acordo com os resultados do ensaio.

A porcentagem da mistura tem ainda como variante o projeto do painel de solo cimento, sua altura, comprimento, largura e sua função (estrutural ou vedação), que devem ser levados em conta para quantificação correta do material, considerando ainda que ao ser compactada, a mistura reduz em 60% o seu volume inicial. Para estudos realizados fora do laboratório, os ensaios de

campo não são precisos no quesito classificação dos solos, sendo necessário trabalhar com valores conservadores de dosagem.

Os processos propostos são o ensaio da caixa, onde se pretende identificar o nível de retração do solo, e o ensaio do vidro, onde se busca observar os percentuais dos grãos do solo. Neste trabalho, devido à ausência de laboratório disponível para tais estudos, optou-se pelo uso dos ensaios de campo citados. Para realização do processo de mistura, recolheu-se uma porção dos dois tipos diferentes de solos retirados *in loco* para testagem dos ensaios, que após secarem ao ar livre foram fragmentados em pedaços menores devido à compactação rígida obtida com seu armazenamento; em seguida foram peneirados com peneira de ordem 0,48mm.

Para definição da porcentagem de cimento na mistura, o ensaio da caixa, de acordo com Neves, et al, não deve apresentar retração linear superior a 20mm, tratando-se da fabricação de blocos de solo-cimento. Os resultados e os volumes recomendados podem ser vistos em Neves, et al, na tabela a seguir elaborada por Patrício Cevallos de acordo com sua experimentação prática.

Retração (em mm)	Cimento (volume)	Terra (volume)
Menor que 12	1	18
Entre 12 e 25	1	16
Entre 25 e 38	1	14
Entre 38 e 50	1	12

Legenda: tabela de retração linear. Fonte: NEVES, et al (2010)

De acordo com os resultados obtidos através do ensaio da caixa para este trabalho, observou-se uma retração linear de 13mm, sendo então adotada a proporção de 1 volume de cimento para 16 de terra.



Legenda: Figura 1: Caixa construída nas dimensões indicadas por Neves, et al (2010).

Figura 2: Resultado do ensaio da caixa. Fonte: Autores

Com a mistura de solo e cimento homogênea, o fator a ser considerado em sequência é a umidade, pois esta deve ser suficiente para reação adequada das partículas do solo com o cimento, possibilitando o assentamento correto na fôrma, para assim compactar adequadamente. Se a mistura for seca, a compactação será prejudicada; se a mistura for molhada, as partículas de argila presentes no solo darão início a um processo de expansão, prejudicando também a compactação.

No experimento realizado para este trabalho, utilizou-se o processo visto em Heise (2004), proposto pelo australiano George F. Middleton em 1953, que consiste em verificar a umidade da mistura em um teste prático. Primeiro, deve-se formar com as mãos uma esfera feita de uma porção da mistura, apertando até que fique um volume endurecido. Em seguida, a esfera deve ser solta à 1m do solo no chão duro. Caso a “bolinha” se espatife em pedaços, a mistura está muito úmida; caso espatife sem conformações físicas, está muito seca; caso espatife em formato cônico ou piramidal, a umidade está ideal.



Legenda: Figura 1: "Bolinha" de solo, cimento e água para teste de umidade. Figura 2: "Bolinha" da mistura sendo lançada a 1 metro de altura. Figura 3: Resultado "A" umidade inadequada. Figura 4: Resultado "B" resultado adequado. Fonte: Autores

4.3. FÔRMAS

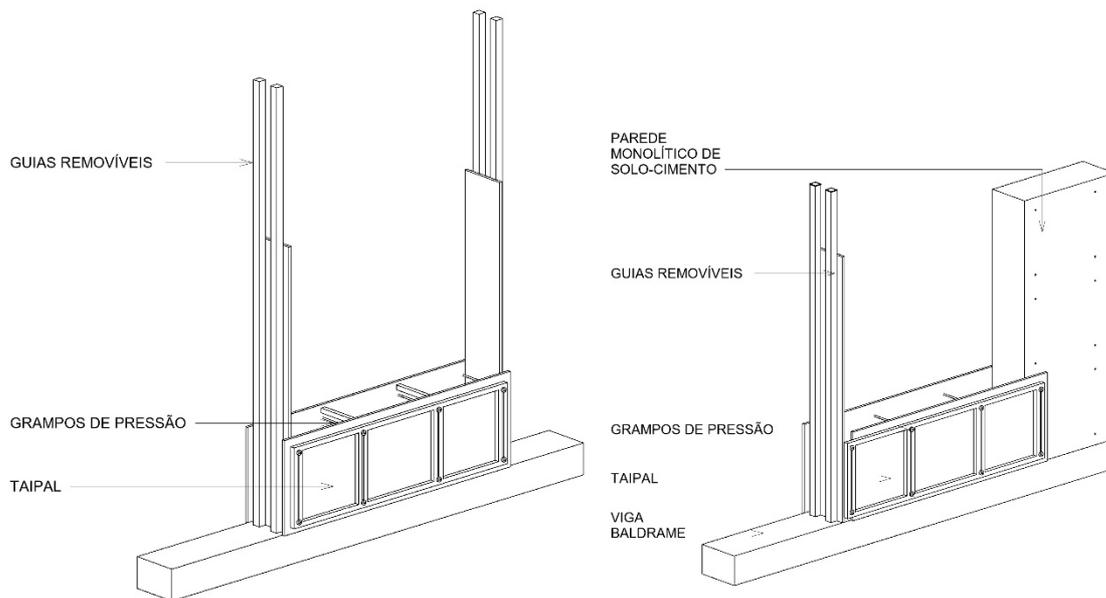
As fôrmas são de extrema importância para a qualidade e economia da obra. Para garantir a eficiência desse equipamento a estrutura da fôrma deve ser leve para ser transportada e rígida para não deformar durante o processo de compactação (HEISE, 2004). É recomendado que evite o uso ao máximo de grampos de pressão (similares aos das fôrmas de concreto) devido à complexidade do operário em desmontar e montar a estrutura.

Ademais, é interessante trabalhar com um sistema modular que permita a adaptação de acordo com o projeto e a tipologia, como também, possibilite a reutilização dessas estruturas no máximo de obras possíveis.

Os componentes mínimos do sistema usual de fôrma são:

- Taipal
- Traves

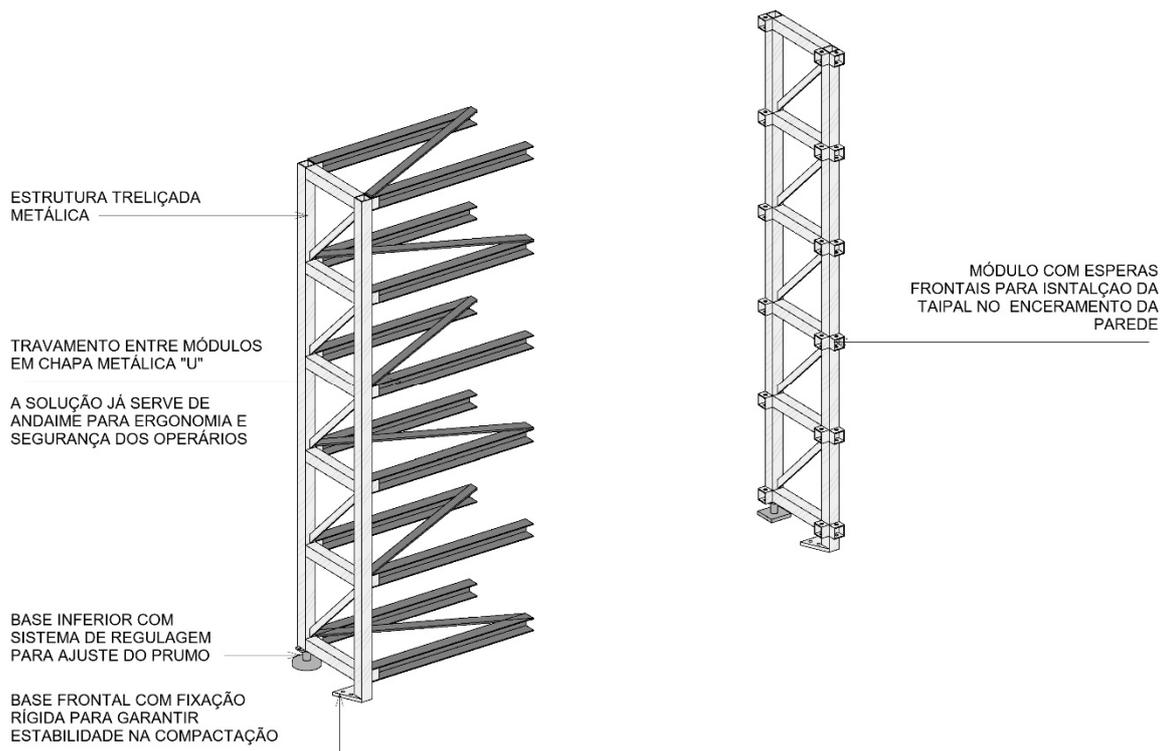
- Grampo de pressão
- Cunhas



Legenda: Sistema usual de fôrmas para construção da parede de taipa de pilão. Fonte: Elaboração pelos autores.

Profissionais que trabalham com a tecnologia do painel monolítico solo-cimento desenvolvem os seus próprios sistemas de fôrmas de modo mais eficiente, visto que o desempenho dessa estrutura é essencial para o rendimento da equipe no canteiro de obra e para qualidade da parede. Como exemplos de construtores que investigam a melhor maneira de estruturar o taipal, podemos citar Márcio Hoffmann, André Heise, Eduardo Salmar, Hélio Dias e Fernando Minto.

Cientes da complexidade de projetar um sistema próprio de fôrmas e das limitações da pesquisa, dado que o aprimoramento da estrutura só seria possível com a aplicação e o monitoramento dos resultados em obras executadas, buscamos investigar as soluções adotadas por outros construtores. Para isso, entramos em contato com arquiteto Me. André Heise, responsável pela empresa Taipal e importante pesquisador da tecnologia em questão, que nos orientou no desenho da estrutura sugerida a seguir:



Fonte: Elaboração pelos autores seguindo as orientações de André Heise.

4.4. COMPACTAÇÃO

Após a montagem da fôrma e preparo da mistura, a etapa seguinte é a compactação, na qual o painel será efetivamente executado. De acordo com Freire (1999, *apud* HEISE, 2004), a compactação é o ato de exprimir cargas dinâmicas sobre o solo, a fim de aumentar sua densidade e alcançar maior resistência. É, portanto, o processo que vai transformar a mistura em um monolito através do impacto.

Os equipamentos utilizados na fase de compactação podem ser de dois tipos: manual, objeto pesado como um soquete ou pilão; e mecânica, através de um equipamento específico para tal uso. Neste trabalho, devido ao tamanho do protótipo e à limitação de recursos, optou-se por utilizar o equipamento manual para compactação da mistura.



Legenda: Figura 1 e 2: Processo de compactação da mistura. Figura 3: Teste da barra de ferro.

Fonte: Autores

O processo deve ser minucioso, feito em camadas de no máximo 20cm e, de acordo com Heise (2004), as forças exercidas devem começar “pelos cantos da fôrma, correndo pelo centro até o outro lado, fazendo um ‘zigue-zague’ dentro da fôrma”. A compactação, ainda, deve ser distribuída de maneira uniforme, não sendo aconselhável compactar o mesmo local por muito tempo.

Deve-se finalizar a compactação após ser atingido um nível tal de densidade na mistura que ofereça o máximo de resistência a uma barra de ferro 3/8”, impedindo-a de perfurar o bloco. Ainda, é possível admitir o fim da compactação quando o equipamento utilizado não deixar mais marcas na superfície ou emitir um som seco ao bater.

Após o processo de compactação, as fôrmas já podem ser retiradas para serem reutilizadas. É importante ressaltar que as fôrmas devem ser limpas para garantir o máximo aproveitamento dos pranchões de madeira. Ademais, é importante ressaltar a importância do processo de cura para a resistência final do monolítico solo-cimento, visto que o cimento precisa hidratar e reagir quimicamente com as partículas.



Legenda: Figura 1: Processo de destorar e peneira as amostras de terra. Figura 2: Construção da caixa para o teste de retração e preparação das fôrmas. Figura 3 e 4: Construção dos travamentos do taipal para compactação. Fonte: Autores



Legenda: Figura 1: Montagem da estrutura das fôrmas. Figura 2: Processo de compactação. Figura 3: Resultado da prototipagem. Fonte: Autores

5. CONCLUSÃO

O estudo do processo de construção do painel monolítico de solo-cimento foi um exercício essencial para compreender a cadeia de produção dessa técnica. Entretanto, existem diversas formas de serem executadas, desde processos artesanais até produções especializadas. O presente trabalho não objetiva esgotar o assunto, visto que não se trata de um material convencional no mercado, mas sim apropriar-se inicialmente da tecnologia para enriquecer futuramente com novas investigações e estudos de casos.

A prototipagem possibilitou o contato mais aproximado com a complexidade da construção do painel monolítico de solo-cimento, como também, ilustrou o processo estudado a partir de revisão bibliográfica. Por fim, é importante destacar o painel como uma tecnologia de fácil aplicabilidade para mercado da construção civil que apresenta diversas vantagens para o meio ambiente, visto que otimiza os recursos naturais e diminui a emissão de poluentes.



Legenda: Resultado da prototipagem. Fonte: Autores

6. REFERÊNCIAS

ABCP. Estudo Técnico: Dosagem das Misturas de Solo-Cimento, Normas de Dosagem. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 1986

ARGOLLO FERRÃO, A.M. “**Técnicas de construção com solo cimento**”. Texto apresentado na disciplina IC-034-A. FEC-Unicamp. Campinas, 2003.

ARGOLLO FERRÃO, A.M.; HEISE, A.F. “**O processo construtivo de painéis de taipa de solo-cimento na construção de uma residência em Campinas, SP**”. In: II Encontro Nacional e I Encontro Latino Americano de Edificações e Comunidades Sustentáveis, 2001, Canela-RS. Anais. Porto Alegre, RS, ANTAC / NORIE-CPGEC, Escola de Engenharia da UFRGS, 2001, p. 109-110.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Construção de paredes monolíticas com solo-cimento compactado**. 3.ed. São Paulo, ABCP, 1998. (BT-110)

CORRAL, José Toirac. **El suelo-cemento como material de construcción**. Ciencia y Sociedad, Vol. XXXIII, Núm. 4, octubre-diciembre, 2008. Instituto Tecnológico de Santo Domingo, República Dominicana.

GONZÁLES, F. D. **Geometrias da Arquitetura de terra: A sustentabilidade Geométrica das construções em Terra Crua**. 2006. Lisboa: Universidade Lusíada Editora.

HEISE, André Falleiros. **Desenho do processo e qualidade na construção do painel monolítico de solo-cimento em taipa de pilão**. (Dissertação de mestrado apresentado à Comissão de pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas). Campinas, 2004.

JOHN, Wanderley M. “**Construção e desenvolvimento sustentável**”. Qualidade na construção / Sinduscon / SP, Ano III, no. 23, p.34-44, 2000.

Natália Queiroz; Rafael Rattes, Rodrigo Barbosa. **Biônica e Biomimética no contexto da complexidade e sustentabilidade em projeto**. Série [designCONTEXTO] Ensaios sobre Design, Cultura e Tecnologia Design & Complexidade. Editora Edgard Blücher Ltda, 2017.

VERALDO, Ana Carolina. **Análise do processo construtivo de taipa mecanizada**: estudo de caso da sede do canteiro experimental da UFMS. (Trabalho de Conclusão Final de Curso do Mestrado Profissional apresentado na Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul). Campo Grande, 2015.