

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ARQUITETURA
BRUNO ASSUNÇÃO OLIVEIRA**

**INSERÇÃO DA TAIPA DE PILÃO MECANIZADA COM
APILOAMENTO PNEUMÁTICO NO MERCADO DA
CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL NO BRASIL**

Belo Horizonte
2012

BRUNO ASSUNÇÃO OLIVEIRA

**INSERÇÃO DA TAIPA DE PILÃO MECANIZADA COM
APILOAMENTO PNEUMÁTICO NO MERCADO DA
CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL NO BRASIL**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Sustentabilidade Aplicada ao Ambiente Construído da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Sustentabilidade Aplicada ao Ambiente Construído.

Orientadora : Iraci Miranda Pereira

Belo Horizonte
2012

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais pelo exemplo e incentivo constantes em minha vida.

À Vernác Incorporadora Sustentável, em especial ao meu sócio e irmão Túlio Assunção por acreditar e potencializar nossos incentivos.

Ao Professor JoséRubens por me incentivar a concluir o curso.

À Professora Iraci Miranda Pereira pela valiosa orientação e atenção com os quais conduziu à realização deste trabalho.

Por fim, agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram na concepção desta monografia.

RESUMO

Neste trabalho pretende-se descrever o uso atual da técnica de construção com terra da taipa de pilão mecanizada com apiloamento pneumático, como um sistema tecnológico construtivo sustentável. São apresentados o histórico e a descrição da técnica desde o sistema vernacular, de apiloamento manual e fôrmas de madeira, até o uso mecanizado com sistema de fôrmas metálicas, amplamente utilizado na atualidade em edificações de concreto armado. São também apresentados os panoramas atuais brasileiro e mundial de utilização da taipa de pilão mecanizada. Ao fim, elaboram-se argumentos a partir das vantagens e desvantagens da construção em taipa de pilão mecanizada, que indiquem os potenciais e obstáculos para a inserção no mercado da construção contemporânea sustentável no Brasil.

Palavras-chave: Taipa de pilão, arquitetura de terra e construção sustentável.

ABSTRACT

This paper work aims to describe the current use of the technique of building with mechanized rammed earth with as a technological and constructive sustainable system. The historic and the description of that technic are presented from the vernacular system of manual rammer and timber formwork up to the mechanized use of it with the metallic molds system, widely used nowadays in buildings of reinforced concrete. Overviews of current Brazilian and worldwide use of mechanized framed soil are also presented. At the end, arguments about advantages and disadvantages of rammed soil construction in mechanized soil rammer are developed by indicating

The potentialities and difficulties of entering and difficulties of entering in the market of sustentable construction in Brazil.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Zigurate em Hur.....	11
Figura 2 Técnicas mais comuns de construções com terra crua: (A) taipa de pilão; (B) tijolos de adobe; (C) pau-a-pique.	11
Figura 3 Jateamento da mistura de terra.....	12
Figura 4 Apiloamento pneumático	12
Figura 5 Ruínas em Lonshan	14
Figura 6 Muralha da China	14
Figura 7 L'art de Batir	15
Figura 8 Casa em taipa de pilão.....	15
Figura 9 Projeto residencial.....	17
Figura 10 Residência Rauch	17
Figura 11 Colégio dos Jesuítas	18
Figura 12 Casa de taipa de pilão.....	20
Figura 13 Pousada em taipa de pilão	20
Figura 14 Taipal e pilão	22
Figura 15 Execução da taipa de pilão	23
Figura 16 Elevação das fiadas	23
Figura 17 Pilões manuais	24
Figura 18 Fechamento com tijolos.....	25
Figura 19 Janelas rasgadas	25
Figura 20 Erguendo uma nova parede.....	26
Figura 21 Corpo de prova.....	29
Figura 22 Corpos de prova	29
Figura 23 Mistura de terra estabilizada	30
Figura 24 Fundação	31
Figura 25 Montagem das fôrmas.....	31
Figura 26 Painéis para parede de concreto.....	32
Figura 27 Paredes de concreto	32
Figura 28 Painéis de taipa de pilão pneumática	33
Figura 29 Travessas verticais e horizontais.....	34
Figura 30 Quina de parede.....	34
Figura 31 Preenchimento das fôrmas.....	35

Figura 32 Pilão pneumático	35
Figura 33 Compressor de ar.....	35
Figura 34 Fôrma para as aberturas	36
Figura 35 Instalação de esquadrias.....	36
Figura 36 Chanfrado da janela	36
Figura 37 Viga sobre taipa de pilão	37
Figura 38 Cobertura apoiada sobre parede.....	37
Figura 39 Instalação elétrica externa.....	37
Figura 40 Instalação elétrica embutida.....	37

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. HISTÓRICO DO USO DA TAIPA DE PILÃO VERNACULAR E MECANIZADA	
14	
2.1. Uso no Mundo.....	14
2.2. O uso no Brasil.....	17
3. EVOLUÇÃO DA TAIPA DE PILÃO: DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS	
VERNACULAR E MECANIZADO.....	21
3.1. Processo de construção da Taipa de pilão vernacular.....	21
3.1.1. <i>Extração</i>	21
3.1.2. <i>Produção</i>	21
3.1.3. <i>Utilização</i>	22
3.1.3.1. <i>Fundação</i>	22
3.1.3.2. <i>Sequência de montagem do taipal</i>	22
3.1.3.3. <i>Preenchimento do taipal</i>	23
3.1.3.4. <i>Esquadrias e aberturas</i>	24
3.1.3.5. <i>Cintamento e cobertura</i>	25
3.1.3.6. <i>Hidráulica e elétrica</i>	25
3.1.3.7. <i>Acabamento</i>	26
3.1.4. <i>Manutenção e Reforma</i>	26
3.1.4.1. <i>Acréscimo de edificação</i>	26
3.1.4.2. <i>Abertura de vãos</i>	26
3.1.4.3. <i>Reparos de hidráulica e elétrica</i>	27
3.1.4.4. <i>Limpeza</i>	27
3.1.5. <i>Demolição e descarte</i>	27
3.2. Processo de construção com a Taipa de pilão mecanizada:	27
3.2.1. <i>Extração:</i>	28
3.2.2. <i>Produção</i>	28
3.2.3. <i>2.2.3. Utilização</i>	30
3.2.3.1. <i>Fundação</i>	30
3.2.3.2. <i>Sequência de montagem das fôrmas</i>	31
3.2.3.3. <i>Preenchimento das fôrmas</i>	34
3.2.3.4. <i>Esquadrias e aberturas</i>	35

3.2.3.5.	Cintamento e cobertura.....	36
3.2.3.6.	Hidráulica e elétrica	37
3.2.3.7.	Acabamento.....	37
3.2.4.	<i>Manutenção e reforma</i>	38
3.2.4.1.	Acréscimo de edificação	38
3.2.4.2.	Abertura de vãos.....	38
3.2.4.3.	Reparos de hidráulica e elétrica.....	38
3.2.4.4.	Limpeza	39
3.2.4.5.	Demolição e descarte	39
4.	CONCLUSÃO.....	40
5.	REVISÃO BIBLIOGRAFIA.....	42

1. INTRODUÇÃO

Há uma grande preocupação com os impactos causados pelos materiais construtivos, assim como um grande desconhecimento. Incontestavelmente, os impactos causados são responsáveis por vários danos ambientais e sociais (CAVALCANTE, 2011). A construção civil é responsável por 75% do que é extraído do meio ambiente (JOSÉ, 2010). De tudo do que se extrai da natureza, apenas 20% a 50% das matérias-primas naturais são consumidas pela construção civil (SCILLAG, 2010). De acordo com Elcio Carelli (2008) do total de resíduos produzidos nas grandes cidades, 60% tem origem na construção civil. Na atualidade, a escolha de técnicas construtivas que utilizem matéria prima renovável que gere o mínimo de resíduos e gastos energéticos no processo de construção, torna-se necessária para diminuir o impacto ambiental causado pelas construções.

Os impactos causados por um material construtivo se iniciam na extração, transporte e emprego da matéria-prima e prosseguem na produção, no transporte do produto final, na utilização, na manutenção, na limpeza, na demolição e no descarte.

A terra é o material construtivo mais antigo utilizado em todo o mundo. Existem exemplos milenares de construções com terra (Figura 1). De acordo com o grupo CRAterre (DETHIER e POMPIDOU, 1982), os barros propícios à construção com terra constituem cerca de 74% da crosta terrestre e de toda a população mundial, 40% vive em habitações de terra. Além de ser um recurso abundante, a terra é renovável, facilmente acessível, não é combustível nem tóxica. Nas construções a terra pode ser extraída próxima ao local, minimizando os custos para transporte entre a extração, produção e local de uso. A alvenaria de terra é ótima reguladora térmica, as paredes grossas garantem a inércia térmica necessária para que se tenha uma temperatura constante dentro do ambiente, tanto em climas quentes ou frios, secos ou úmidos. Como não existe queima na transformação da terra em alvenaria, a construção com terra não acumula gastos energéticos consideráveis no processo de construção.

Figura 1 Zigurate em Hur

Fonte: www.horahistoria.blogspot.com



Fonte:

www.lmce.ep.usp.br/people/hlinde/Estruturas/ur.htm

Construções com terra são aquelas cujas paredes são feitas de barro cru ou misturado (pedriscos, fibras vegetais, cal, etc.), geralmente socado, acomodado ou moldado sob a forma de tijolos crus, sem cozimento. Segundo Jean Dethier (1982), em todo o mundo foram inventariados cerca de vinte métodos tradicionais de construção com terra crua, além das diversas variantes regionais. Como exemplos de técnicas mais comuns temos a taipa de pilão, o adobe e o pau-a-pique (Figura 2).

Figura 2 Técnicas mais comuns de construções com terra crua: (A) taipa de pilão; (B) tijolos de adobe; (C) pau-a-pique.

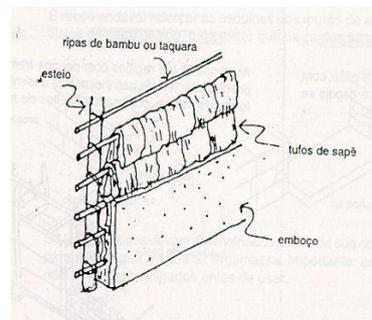
(A)

Fonte: www.arq.ufsc.br



(B)

Fonte: www.arq.ufsc.br



(C)

Fonte: www.arq.ufsc.br

Indira Gandhi, Primeira Ministra da Índia em 1980, declarou em entrevista para a revista Nature:

Todos os edifícios modernos acarretam grandes gastos de energia. Ainda mais, tem o inconveniente de serem quentes no verão e frios no inverno. Não é o caso das arquiteturas tradicionais. Técnicas novas são necessárias, mas também é preciso conservar as antigas, que reúne conhecimento acumulado pelos habitantes, para melhor adaptar-se às exigências do clima, do meio e dos modos de vida. Não se pode conservar tudo, porque a vida

evolui, mas é preciso adaptar e aperfeiçoar os conhecimentos. (apud DETHIER, 1982)

A arquiteta Márcia Macul, da ONG Curadores da terra, citou em entrevista para a revista Isto é:

A construção com terra e outros materiais ecológicos não é uma recomendação romântica. É a vanguarda. Adotá-los é uma forma de diminuir o uso de recursos naturais e uma saída, se quisermos sobreviver sobre o planeta. E esse é o desafio das novas gerações. (KLINKE, 1999)

Atualmente, no cenário mundial da construção com terra, a técnica da taipa de pilão mecanizada vem alcançando mercado principalmente nos Estados Unidos e Austrália. Existem variações no uso da técnica mecanizada dentre as quais podemos citar o PISE e o apiloamento pneumático. O PISE é uma técnica desenvolvida pelo arquiteto David Easton e utiliza o jateamento da mistura de terra para erguer as paredes (Figura 3). O apiloamento pneumático, como o próprio nome diz, utiliza pilões com funcionamento pneumático para compactar a terra (Figura 4). O uso mecanizado, a utilização de fôrmas pré-fabricadas, a estabilização das paredes com cimento (solocimento) e o avanço das normatizações e legislações tem fortalecido a aceitação e inserção da técnica no mercado destes países.

Figura 3 Jateamento da mistura de terra



Fonte: www.abcterra.com.br/construcoes/easton.html

Figura 4 Apiloamento pneumático



Fonte: www.web.mit.edu/masonry/rammed/compaction.html

No Brasil não existem exemplos de empresas que construam com a técnica mecanizada, ainda é usual o processo manual da técnica vernacular, o mercado é pequeno e fragilizado pela falta de mão-de-obra e profissionais especializados. As normas e legislações para construção com terra se restringem ao tijolo de solocimento e a restauração do patrimônio histórico.

Esta monografia pretende discorrer sobre a técnica mecanizada com apiloamento pneumático. As poucas informações consolidadas, a inexistência de empresas que construam com taipa de pilão mecanizada com apiloamento pneumático, a oferta de todo o maquinário necessário, além das experiências positivas no exterior, abrem precedente para a atualização dos conhecimentos e aprofundamento dos estudos sobre a taipa de pilão mecanizada no Brasil.

Frente a estas questões, este trabalho tem como objetivo descrever o histórico do uso da taipa de pilão no Brasil e no mundo, e o cenário do uso da técnica na atualidade, diagnosticando potenciais e entraves, com a finalidade de agrupar informações que incentivem a inserção e inovação da taipa de pilão mecanizada com apiloamento pneumático no Brasil, como um sistema tecnológico que visa a sustentabilidade na construção.

Será apresentado um histórico da técnica vernacular e mecanizada, o cenário mundial e brasileiro, a descrição das técnicas vernacular e mecanizada e por fim a conclusão do autor.

2. HISTÓRICO DO USO DA TAIPA DE PILÃO VERNACULAR E MECANIZADA

2.1. Uso no Mundo

Evidências do uso da taipa de pilão tem sido encontradas em sítios arqueológicos nas culturas Yangshao e Longshan (**Figura 5**), ao longo do Rio Amarelo na China, que remonta a cinco mil anos a.C. Por volta de dois mil anos a.C., a taipa de pilão era comumente usada para paredes e fundações na China, grande parte da muralha da China foi construída em taipa de pilão (**Figura 6**).

Figura 5 Ruínas em Lonshan



Fonte: www.archeolog-home.com

Figura 6 Muralha da China



Fonte: www.blog.builddirect.com

Nos primórdios do uso da terra como material construtivo, a taipa foi utilizada como uma conversão eficiente de um recurso disponível em uma parede de proteção que iria manter saqueadores fora da aldeia. Normalmente, começou a ser utilizada também nas habitações. O método da taipa de pilão manteve-se praticamente inalterado durante milhares de anos.

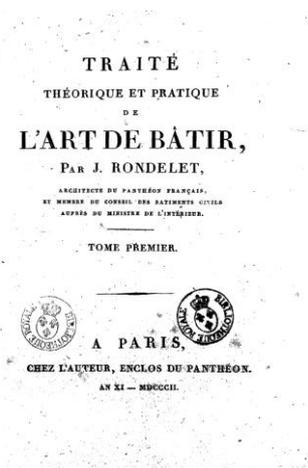
De acordo com o Laboratório de Pesquisa Histórica Rhone-Alpes¹ (2011), a partir de 1785, o construtor e mestre pedreiro François Cointeraux (1740 - 1830), considerado o pioneiro da arquitetura de terra moderna, promoveu ativamente a técnica de origem vernacular, conhecida na França como *Pisé* (terra batida ou taipa de pilão). Suas publicações da *Ecole d'Architecture Rurale*, publicado em Paris em 1790-1791, foram rapidamente traduzidos em sete idiomas. As publicações atraíram a atenção de arquitetos importantes, como Henry Holland (1745-1806) na Inglaterra, Thomas Jefferson (1743-1803) nos Estados Unidos, David Gilly (1748-1808) na Alemanha e Nicolai L'ov (1751-1803) na Rússia, fundador de uma florescente escola

¹ http://www.inha.fr/IMG/pdf/Cointeraux_Call.pdf

de arquitetura de terra em Tiukhili perto de Moscou. Através das suas publicações, Cointeraux gerou um interesse quase universal para este material, tão barato quanto era abundante, e encorajou a sua adaptação à arquitetura rural ou residencial. No entanto, nunca conseguiu popularizar sua utilização ampla e duradoura na França. Suas numerosas publicações não conseguiram a aceitação esperada com as instituições em causa. Cointeraux é representante de uma cultura de invenção e renovação, muito característico da primeira revolução industrial e do nascimento da arquitetura moderna.

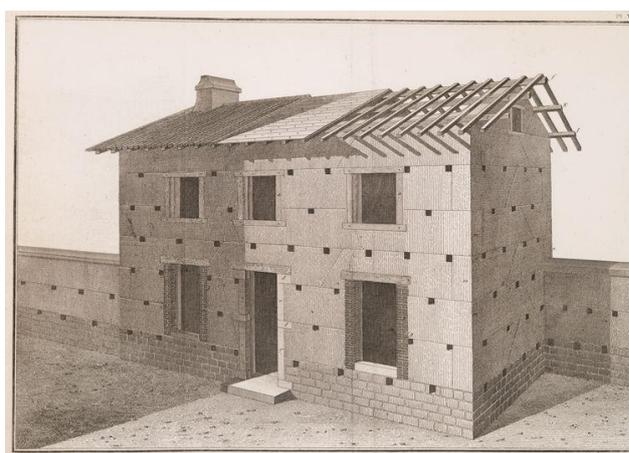
Entre 1802 e 1817, o arquiteto Jean Rondelet (1743-1829) lançou o *Traité Théorique et Pratique de l'Art Bâtir* (Teoria e Prática da Arte de Construir), uma série de 10 livros em cinco volumes (**Figura 7 e 8**) que, pretendia criar uma ciência da construção, tratando o edifício do ponto de vista estrutural e construtivo, sem abordar a questão da composição arquitetônica e ornamentos. Esta teoria teve o mérito de fornecer soluções adequadas com clareza do método proposto e ferramentas de design de fácil aplicação. A taipa de pilão é descrita nestas publicações (RONDELET, 1804). Os legados do tratado ficaram em evidência até o século XX, quando a estrutura reforçada com pilares de concreto e vigas tornou-se predominante, por razões de economia e rapidez de execução.

Figura 7 L'art de Batir



Fonte: www.books.google.com.br

Figura 8 Casa em taipa de pilão



Fonte: RONDELET, 1804

No início do Século XX, os arquitetos Le Cobusier e Frank Loyd Wright projetaram edifícios com a alvenaria de taipa de pilão. Após a Primeira e Segunda Guerra, na Europa, a taipa foi vista como uma opção a escassez de material de construção.

O arquiteto egípcio Hassan Fathy (1900-1989) foi um dos maiores defensores da arquitetura de terra no Século XX. Ele demonstrou em várias construções que a arquitetura de terra pode ser combinada com estilo de construção ambientalmente e socialmente consciente. Em 1977 ele fundou o *International Institute for Appropriate Technology*. Em 1980, Fathy ganhou o prêmio Aga Khan para a arquitetura, fazendo citação em especial à investigação das “casas climaticamente eficiente dos mamelucos e otomanos no Cairo.

Desde a década de 70, com a crise energética e os movimentos ambientalistas, a taipa de pilão vem passando por um renascimento. Foi reavivada na Austrália por David Oliver, na Alemanha por Martin Rauch, nos Estados Unidos por David Easton, na França com a fundação do Centro de Tecnologias Alternativas CRAterre, na Índia com a criação do *Auroville Building Centre/ Earth Unit*, entre outros exemplos.

David Oliver, um arquiteto Australiano de Queensland, gastou uma parte significativa de sua vida profissional ao estudo da taipa de pilão, ele é reconhecido como um dos líderes mundiais na tecnologia da taipa de pilão (**Figura 9**). Na Europa, Martin Rauch é considerado um dos pioneiros das modernas aplicações técnicas e criativas para a construção de taipa de pilão (**Figura 10**). Para construir de forma eficiente para o mercado norte-americano, David Easton desenvolveu fôrmas sofisticadas e ferramentas que diminuem o tempo de construção e os custos trabalhistas. O Centro Internacional para a construção com terra CRAterre, fundado em 1979 por iniciativa de estudantes da Escola de Arquitetura de Grenoble, é hoje referência no estudo da construção com terra no mundo. Em 1989, o *Auroville Building Centre/ Earth Unit* foi fundado pelo governo da Índia, o desenvolvimento do centro evoluiu para a formação do *Auroville Earth Institute* a partir de 2004, atualmente é considerado uma referência na pesquisa e difusão da construção com terra, incluindo a taipa de pilão.

Figura 9 Projeto residencial

Fonte: <http://www.eartharchitecture.org/index.php?/archives/994-Rammed-Earth-With-a-Veneer-of-Science.html>

Figura 10 Residência Rauch

Fonte: <http://www.treehugger.com/sustainable-product-design/martin-rauch-builds-his-dream-house-rammed-earth-of-course.html>

Na Austrália o EBAA (*Earth Building Association Austrália*) iniciou sua formação em 1991, e hoje tem membros que incluem construtores, empreiteiros especializados, comerciantes, fabricantes especializados, fornecedores, arquitetos, designers, consultores, educadores e estudantes, e tem como foco principal a regulamentação da construção com terra na Austrália, bem como informar sobre este assunto aos seus membros e ao público em geral. Nos Estados Unidos o NAREBA (*North American Rammed Earth Builders Association*), uma entidade sem fins lucrativos, também tem como meta a divulgação de informações sobre a taipa de pilão, estabelecimento de pesquisas e ensino, além de fomentar a discussão e criação de normas para este tipo de construção.

Com a evolução da engenharia, inovação no design e a criação de normatizações, a taipa de pilão vem encontrando espaço de mercado mesmo no território sísmico da Califórnia. Os construtores do oeste da Austrália capturam até 20% do mercado imobiliário em muitas áreas.

2.2. O Uso no Brasil

No Brasil, antes da chegada dos portugueses, os índios não usavam terra para construir. Seus abrigos eram estruturas de paus roliços e vedação de palhas e folhagens, sendo certamente os portugueses que aqui introduziram as técnicas de construção com terra crua. Os escravos africanos também contribuíram para difusão do uso da terra crua, uma vez que eles faziam uso dessas técnicas no seu país de origem (MILANEZ, 1958).

Segundo Corona e Lemos (CORONA e LEMOS, 1972), o termo taipa, genericamente empregado, significa a utilização de solo, argila ou terra como matéria-prima básica de construção. A origem, provavelmente árabe do vocábulo, entrou para a língua portuguesa por influência mourisca.

De acordo com Rubens Borba de Moraes, os primeiros registros da técnica da taipa de pilão no Brasil se dão na época do Brasil Colônia. Sua primeira aplicação foi no Rio de Janeiro quando da passagem da frota de Martin Afonso de Souza em Abril de 1531. Martim Afonso de Souza comandou a expedição que partiu de Lisboa, em dezembro de 1530, composta por cinco navios, com uma tripulação de aproximadamente quatrocentas pessoas. Coube a esta expedição fundar a primeira vila no Brasil, a Vila São Vicente, em 22 de janeiro de 1532, além de outros núcleos de povoamento como Santo André da Borba do Campo e Santo Amaro. Pero Lopes de Souza, incumbido do diário da expedição, relata em suas anotações:

Como fomos dentro mandou o Capitam fazer huma casa forte, com cerca por derredor, e mandou sair a gente em terra, e por em ordem para fazermos cousas de que tínhamos necessidade. (OLIVIERI & VILLA apud AVILA, 2012)

Em 1549, em São Vicente, Manoel da Nóbrega pedia para a metrópole que lhe mandassem "*officiais*" que façam taipa, numa referência à taipa de pilão. Em 1554, José de Anchieta faz construir, em taipa de pilão, o Colégio dos Jesuítas da Companhia de Jesus, onde ao redor iniciou-se a construção das primeiras casas de taipa que dariam origem ao povoado de São Paulo de Piratininga (figura 13), onde hoje se encontra a atual cidade de São Paulo.

Figura 11 Colégio dos Jesuítas



Fonte: <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/sao-paulo/sao-paulo-18.php>

Toda a arquitetura Colonial foi construída através de métodos construtivos do velho mundo. Dividiam-se basicamente duas vertentes: uma popular e outra erudita.

A erudita, representada pelos engenheiros militares, principalmente para construção de fortificações, desenvolveu formas de representação projetual arquitetônica. Os conhecimentos eram transmitidos através de “Aulas” e “Tratados” segundo modelo da Aula de Lisboa. A vertente popular, representada pelos Mestres de Ofício transmitiam conhecimentos acumulados durante séculos de forma oral e prática para os seus aprendizes. Técnicas construtivas vindas de Portugal sofreram lenta transformação por falta de uma devida evolução. A taipa de pilão sobreviveu forte até a era industrial.

Após o período Colonial (1800-1850) a mão de obra da construção continuava a depender do trabalho escravo. Todavia, na Corte, a presença da Missão Cultural Francesa e a fundação da Academia de Belas artes favoreceram o emprego de construção mais refinada. Entre 1850 e 1900, a decadência do trabalho escravo, a imigração europeia e o desenvolvimento do trabalho remunerado possibilitou o aperfeiçoamento das técnicas construtivas. A crescente exportação do café facilitou o acesso a equipamentos importados que possibilitaria aos construtores o uso de novas técnicas.

Segundo (SCHMIDT, 1946), a taipa de pilão entrou em decadência no Brasil a partir de 1940, porque o tijolo maciço comum apresentava maior rapidez de construção e custos menores. A mão de obra, formada por taipeiros, começa a desaparecer, dando lugar aos pedreiros, cuja formação profissional era mais rápida.

A taipa de pilão teve grande importância na construção das cidades no Brasil. Nas cidades históricas são numerosos os exemplos de edificações remanescentes.

Atualmente, como exemplos dos representantes do uso da taipa de pilão temos Paulo Montoro (**Figura 12**), fundador do ABC Terra (Associação Brasileira de Construtores com Terra), Paulo Sérgio Ortiz (**Figura 13**) fundador do CEPA (Centro de Pesquisas e Estudos Ambientais), Mauricio Venâncio da Venâncio Arquitetura, o IPEC (Instituto de Permacultura do Cerrado), o TIBA (Tecnologia Intuitiva e Bio-Arquitetura), os Curadores da Terra/ONG Verdever, entre poucos outros. As Universidades desempenham um tímido papel no estudo da taipa de pilão e normalmente abordam a reconstrução e reforma da arquitetura histórica. Notam-se algumas teses que citam a taipa de pilão mecanizada. A formação de mão de obra especializada é irrisória e se constitui em suprir o mercado de restauração e ao ensino básico da técnica nos centros de estudos de bioconstrução e ONGS.

Figura 12 Casa de taipa de pilão

Fonte: http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_2004-1/arq_terra/proj-8.htm

Figura 13 Pousada em taipa de pilão

Fonte: <http://www.cepa.tur.br/hospedagem.htm>

Seminários, conferências e congressos, que discutem o uso da arquitetura com terra, são cada vez mais frequentes no Brasil. Em 2006 foi realizado, na cidade histórica de Ouro Preto, o I Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil, (TERRA BRASIL, 2006). O evento reuniu profissionais e pesquisadores do país, Portugal, Estados Unidos, México, Argentina e Colômbia. Em 2008, foi realizado em São Luiz do Maranhão na UEMA (Universidade Estadual do Maranhão), o VII Seminário de Ibero-americano de Construção com Terra e o II Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil (TERRA BRASIL 2008). O III Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil (o TERRA BRASIL 2010) foi realizado na UFMS (Universidade Federal do Mato Grosso) e o IV Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil (TERRA BRASIL 2012) será realizado em Fortaleza com o tema Cultura Popular e Conhecimento Científico.

Apesar de pequeno, a partir da década de 90, é crescente o resgate da construção com taipa de pilão em construções residenciais unifamiliares, porém ainda é predominante o uso da técnica vernacular, sendo notado em alguns casos o uso de fôrmas metálicas e peneiras vibratórias para o preparo da terra. A taipa de pilão mecanizada, da forma que é feita no exterior, é inexistente no Brasil.

3. EVOLUÇÃO DA TAIPA DE PILÃO: DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS VERNACULAR E MECANIZADO

3.1. Processo de Construção da Taipa de Pilão Vernacular

A *taipa de pilão* vernacular é uma técnica construtiva que tem como característica comprimir manualmente a terra em camadas sobrepostas, dentro de fôrmas de madeira tipo sanduíche (taipal), formando uma parede monolítica. O processo de construção da taipa de pilão vernacular é dividido nas seguintes etapas descritas nos Itens 3.1.1 a 3.1.5.

3.1.1. Extração

A extração da terra é feita próxima ou no local da obra. No processo de extração a terra geralmente é extraída a partir de 80 centímetros de profundidade ou até que não haja presença de matéria orgânica misturada ao solo. A extração é manual e as ferramentas utilizadas para a extração são pá, enxada e picareta. O transporte da terra até o local da construção é feito de maneira manual através de carrinho de mão ou recipientes como baldes.

3.1.2. Produção

Não é qualquer tipo de terra que pode ser usada para a construção da parede de taipa de pilão. Recomendam-se testes, antes do início da produção, para identificar a composição e resistências da terra. Estes testes são realizados no próprio canteiro de obra. Os testes mais comuns são o do bolo, de resistência seca, do cordão, da fita, da caixa e do vidro. Conhecendo as características da terra é possível definir o tipo de estabilização e suas dosagens.

A estabilização é feita em um espaço livre no canteiro de obra. A terra é colocada no chão e misturada, por pás e enxadas, com estabilizantes e água até formar uma mistura homogênea. Além da correção da quantidade de areia e argila, os estabilizantes mais comuns são o estrume de curral com fibras vegetais ou mesmo crina de animal, minimizando a possibilidade de rachaduras e fendas. Há, também, a tradição de se juntar ao barro sangue de boi como aglutinante (VASCONCELLOS, 1979). Normalmente a terra é estabilizada por dois trabalhadores que fazem um volume aproximado de 2 metros cúbicos por vez.

3.1.3. Utilização

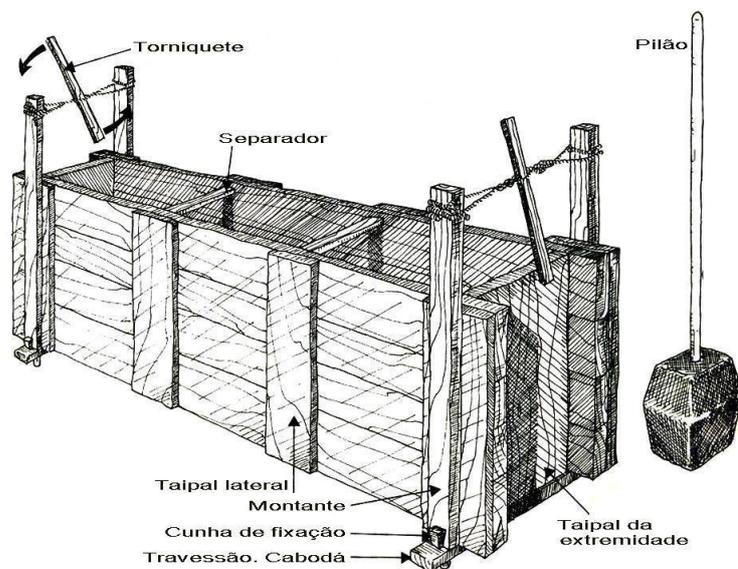
3.1.3.1. Fundação

As paredes de *taipa de pilão* vernacular devem ser construídas em cima de uma fundação sólida, geralmente formada por pedras encaixadas ou unidas por argamassa de terra. A fundação é construída como uma sapata corrida nivelada, onde toda a extensão das paredes de taipa de pilão se apoiam. Esta estrutura começa abaixo do solo e termina acima dele com um baldrame, evitando a ação da água por capilaridade nas paredes quando em contato direto com o solo. Podem ser colocados peças de bambu ou madeira fincados verticalmente no topo das fundações para melhorar a aderência da fundação com a parede e a estabilidade.

3.1.3.2. Sequência de Montagem do Taipal

O taipal é formado por duas pranchas compostas de tábuas presas por montantes, espaçadas por separadores e travessas que delimitam a largura da parede, o conjunto é fixado por cunhas em baixo e por torniquetes em cima (**Figura 14**). As extremidades são fechadas por tábuas laterais. Esta fiada é montada apoiando as travessas no topo da fundação e deve estar devidamente apumada e nivelada.

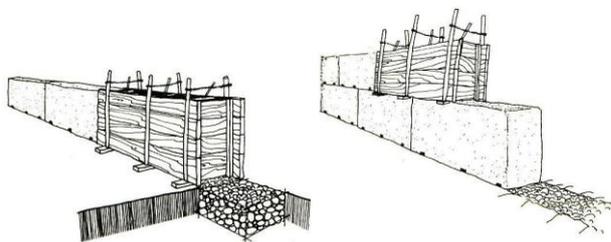
Figura 14 Taipal e pilão



Fonte: coisasdaarquitectura.wordpress.com

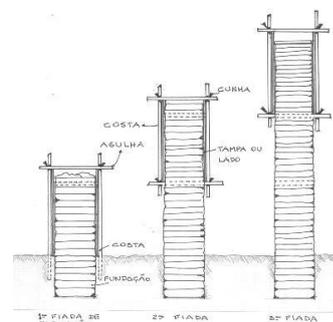
Depois de preenchida a primeira fiada do taipal, acima e em contato com o taipal cheio, é montado outro taipal seguindo os prumos e níveis do taipal inferior. Observam-se montagens deslocando o mesmo taipal, porém isto não garante a prumada correta da parede. O processo de preenchimento e apiloamento é repetido até que o novo taipal esteja completo. O taipal inferior é desmontado retirando primeiro os torniquetes, depois as cunhas, as tábuas laterais e as fôrmas, as travessas podem ou não ser retiradas. O taipal inferior é então remontado na posição superior ao taipal preenchido e este processo segue sucessivamente até alcançar a altura desejada para a parede (**Figura 15 e 16**).

Figura 15 Execução da taipa de pilão



Fonte: coisasdaarquitectura.wordpress.com

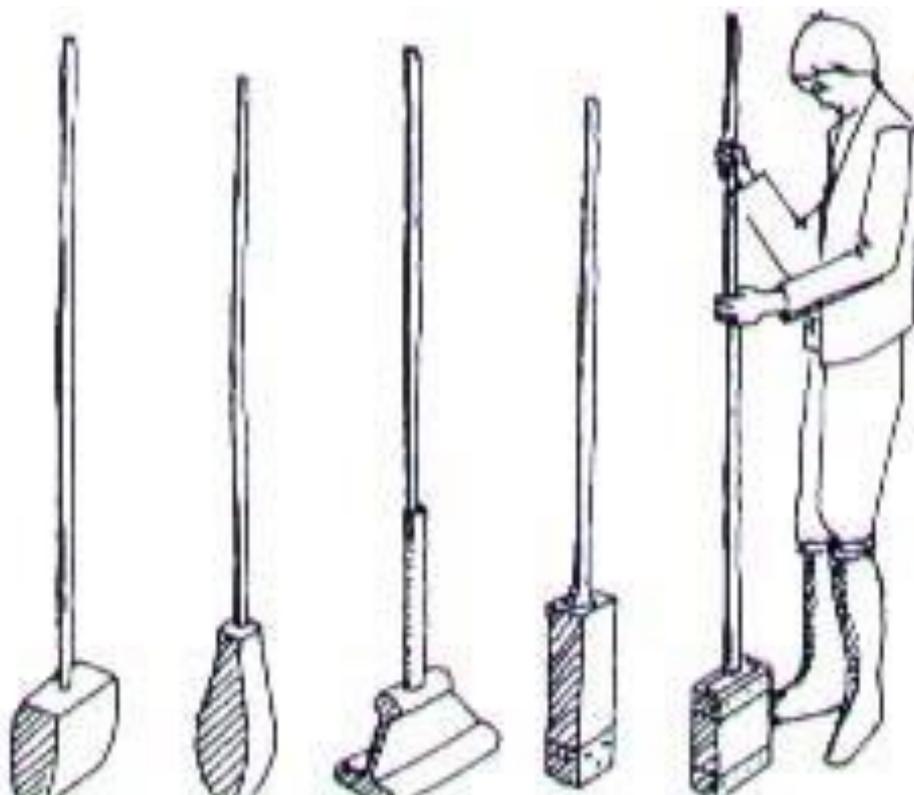
Figura 16 Elevação das fiadas



Fonte: www.arq.ufsc.br

3.1.3.3. Preenchimento do Taipal

O transporte da terra até o taipal é feito de maneira manual através de carrinho de mão e recipientes como baldes que despejam a terra no vazio entre os taipais até completar a altura de 15 cm. A partir daí a camada de terra é comprimida por golpes feitos por um pilão manual. O pilão é um bloco feito de material pesado e resistente conectado a um cabo também resistente. O bloco pode variar de forma de acordo com a utilização no centro ou no canto das paredes (**Figura 17**).

Figura 17 Pilões manuais

Fonte da imagem: Minke, 2000

O apiloamento é feito primeiro nos cantos e depois no centro. Este processo é finalizado ao escutar um som metálico produzido pela batida do pilão na terra. A terra pilada fica com cerca de 10 centímetros de altura. Para receber a camada superior são feitas ranhuras no topo da camada pilada melhorando a aderência entre elas. Este processo é repetido até preencher todo o taipal. As camadas, piladas uma sobre a outra, se transformam em uma parede monolítica e auto portante.

3.1.3.4. Esquadrias e Aberturas

As janelas de peitoris (**Figura 18**) são as mais comuns, nelas o peitoril é construído com a taipa de pilão. As janelas rasgadas (**Figura 19**) são as janelas abertas que tem o vão aberto desde a verga até o piso, o parapeito vazado da janela pode ser preenchido por tijolos de adobe ou tábuas de madeira.

Figura 18 Fechamento com tijolos

Fonte: www.arq.ufsc.br

Figura 19 Janelas rasgadas

Fonte : www.arq.ufsc.br

O rasgo é quase sempre de chanfro, isto é, não se faz normal ao alinhamento das paredes e sim em diagonal, aumentando a luz pelo lado de dentro (VASCONCELLOS, 1961).

Os marcos de madeira das esquadrias são robustos e resistentes para suportar as cargas da alvenaria fazendo as funções de verga, contraverga e montante. Os marcos são afixados por chumbadores embutidos em rasgos feitos na parede e assentados com argamassa similar à mistura da qual é feita a parede.

3.1.3.5. Cintamento e Cobertura

Normalmente não existe cintamento das paredes no modo vernacular, a estrutura do telhado se apoia em vigas de madeira, e estas vigas se apoiam sobre o topo das paredes autoportantes, de modo a transferir homogeneamente a carga do telhado.

3.1.3.6. Hidráulica e Elétrica

Atualmente na construção no vernacular, normalmente, a hidráulica e a elétrica é instalada externamente às paredes, e em raros casos é embutida dentro da taipa de pilão durante a construção.

3.1.3.7. Acabamento

As paredes são, no geral, revestidas por argamassa compondo o emboço de barro, completado ou não por reboco de cal e areia. Vez por outra, argamassa-se o barro com estrutura de curral, para sua maior consistência e para proporcionar melhor ligação entre o maciço de barro e o revestimento de cal e areia (VASCONCELLOS, 1961). Quando não há cal faz-se o uso da tabatinga. Empregam-se, ainda, como revestimento, azulejos lisos e tábuas. A pintura das paredes são comumente feitas com cal (caiação) ou com tintas de origem vegetal e mineral.

3.1.4. Manutenção e Reforma

3.1.4.1. Acréscimo de Edificação

Para se construir uma parede nova em contato com uma parede já erguida, são feitas ranhuras na parede existente, na superfície de contato, para que se crie aderência entre as duas paredes (figura 22). Usa-se também deixar peças de madeira ou bambu na parede existente para “chumbar” à nova parede. Não é comum edificar um novo andar sobre as paredes existentes.

Figura 20 Erguendo uma nova parede



Fonte : www.arq.ufsc.br

3.1.4.2. Abertura de Vãos

Pela característica auto portante da parede de taipa de pilão é necessário o escoramento e reforço estrutural no local da abertura do vão, para que a construção

não entre em colapso. As aberturas de vãos devem seguir a lógica estrutural da construção, reforçando com vergas e contravergas os vãos e aberturas criados.

3.1.4.3. Reparos de Hidráulica e Elétrica

A manutenção da parte hidráulica e elétrica, no caso de instalações embutidas, pode ser feita da mesma forma que na alvenaria de tijolo, quebrando a parede sobre a instalação. Depois de solucionado o problema, o rasgo na parede é fechado com argamassa feita de barro.

3.1.4.4. Limpeza

A alvenaria de taipa de pilão, como todas as alvenarias de terra crua, não possuem eletricidade estática que acumulam partículas de poeira por polaridade. A limpeza das paredes é simples e pode ser feita passando um pano úmido com água nas paredes. Não se deve usar nenhum produto de limpeza que cause reação química em contato com as paredes.

3.1.5. *Demolição e Descarte*

O processo de construção das paredes de taipa de pilão vernacular, quando se usa somente a terra crua e fibras, não transforma o estado da matéria prima inicial, sendo assim, no final da vida útil da construção, as paredes demolidas voltam ao estado original da matéria prima e podem ser descartadas sem impacto ao ambiente.

3.2. Processo de Construção com a Taipa de Pilão Mecanizada

A taipa de pilão mecanizada se diferencia da técnica vernacular pela troca dos taipais tradicionais pelo sistema de fôrmas do concreto armado, o uso de máquinas no processo de transporte, produção, montagem e apiloamento da terra. O processo de construção da taipa de pilão mecanizada é dividido nas seguintes etapas descritas nos Itens 3.2.1 e 3.2.4.

3.2.1. *Extração:*

A extração da terra para o uso na taipa de pilão mecanizada pode ser feita no local da construção, fornecida por terceiros ou por uma jazida conhecida. No Estado de Minas Gerais, o SINDUSCON (Sindicato da Indústria da Construção Civil em Minas Gerais) através da bolsa de recicláveis² possui um banco de terras onde pode-se cadastrar oferta e demanda por terra. É importante calcular o rendimento das ofertas de terra para suprir o volume necessário à construção. A extração é feita por máquinas escavadeiras e o transporte da terra até o local da construção é feito por tratores e/ou caminhões.

3.2.2. *Produção*

Como na técnica vernacular é necessário que se conheça o solo a ser utilizado, apesar de grande variedade de solo servir para a construção com taipa de pilão mecanizada nem todos são propícios. No Brasil a identificação e caracterização dos solos são feitas por meio de ensaios laboratoriais, análise granulométrica e limites de consistência (figuras 23 e 24), normalizados pela ABNT:

- a) Análise granulométrica: normalizados pela NBR 7181:1984.
- b) Limites de liquidez: normalizados pela NBR 6459:1984.
- c) Limites de plasticidade: NBR 7180:1988.
- d) Limite de contração: NBR 7183:1982.
- e) Compactação do solo: NBR 7182:1988.
- f) Compressão simples: NBR 12770:1992.

² www.bolsadereciclaveis.com.br

Figura 21 Corpo de prova

Fonte :

<http://ocepaeaarquiteturamterra.blogspot.com/2010/01/ignorancia-sobre-as-taipas-sao-luiz-do.html>

Figura 22 Corpos de prova

Fonte: próprio autor, 2011

As normatizações das estabilizações em construções com terra no Brasil se restringem aos tijolos de terra estabilizados com cimento (solocimento).

Nos Estados Unidos e Austrália existem normatizações para construções de taipa de pilão mecanizada. Estas normas definem as resistências necessárias para uma parede de taipa de pilão mecanizada. As estabilizações físicas (controle de granulometria), mecânicas (apiloamento pneumático) e químicas (solo-estabilizante) são calculadas a partir destes valores. O cimento é o estabilizante químico mais aceito, por sua abrangência e testes consolidados em todo o mundo.

Quando necessário, a terra é peneirada por máquinas que definem a granulometria esperada. Definido os estabilizadores, volumes e granulometria da terra, todos são colocados em um local livre para que se realize a estabilização da terra (**Figura 23**). Os componentes são então misturados em grande quantidade por um pequeno trator até que fique homogênea. Normalmente são produzidos cerca de 10 metros cúbicos por vez.

Figura 23 Mistura de terra estabilizada



Fonte: próprio autor, 2011

3.2.3. Utilização

3.2.3.1. Fundação

Como na técnica vernacular, as paredes de taipa de pilão mecanizado não podem ter contato com o solo para evitar ações da água por capilaridade. É construída uma sapata corrida de concreto armado percorrendo toda a extensão ultrapassando o solo pelo menos 30 centímetros. Nesta base deixam-se esperas de aço para garantir a aderência com a parede e maior estabilidade, da mesma forma que na técnica vernacular (**Figura 24**). Acima da base, devidamente nivelada, é feita a montagem das fôrmas usadas no concreto armado (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Figura 24 Fundação

Fonte: http://jackshouse.rammedearthworks.com/2010_07_01_archive.html

Figura 25 Montagem das fôrmas

Fonte: http://jackshouse.rammedearthworks.com/2010_07_01_archive.html

3.2.3.2. Sequência de Montagem das Fôrmas

As fôrmas utilizadas no concreto armado são uma evolução do taipal vernacular, também constituem de placas, suportes e fixadores. No sentido de alcançar uma maior produtividade, a evolução deste elemento construtivo levou à

fabricação, modulação e normatização de componentes que possam ter um número elevado de reutilizações, serem de fácil montagem e desmontagem, tenham rapidez de execução, flexibilidade e adaptação a várias geometrias. São normalmente utilizados painéis de madeira, ferro, alumínio ou plástico e instrumentos de suporte e fixação metálicos.

No concreto armado as fôrmas são montadas externamente à extensão da sapata corrida, criando duas fôrmas paralelas, cujo vazio interno corresponde ao volume das paredes a serem construídas. Dentro das fôrmas são colocadas armações, e então o concreto é jateado por mangueiras para dentro delas preenchendo o vazio e formando a parede de concreto armado (**Figura 26**).

Figura 26 Painéis para parede de concreto



Fonte: www.selidomus.pt

Figura 27 Paredes de concreto



Fonte: www.selidomus.pt

As várias opções de fôrmas que temos no mercado são específicas para a construção de paredes de concreto armado. A utilização deste sistema para a construção com taipa de pilão necessita de pequenas adaptações, principalmente na sequência da montagem dos painéis. São mais frequentes duas sequências de montagem das fôrmas para a taipa de pilão mecanizada. O arquiteto e construtor Quentin Brunch (Rammed Earth Homes Inc.) utiliza o processo onde as fôrmas são montadas em toda a extensão e altura em apenas um lado da parede enquanto que do outro lado monta-se apenas a primeira fiada de fôrmas (Figura 28). Após ser preenchida a primeira fiada, monta-se sobre ela a segunda fiada. Preenchida a segunda fiada, a primeira fiada é desmontada e remontada na posição superior. Esta sequência termina quando se alcança a altura das formas opostas, construindo a parede desejada. Já David Easton (Rammed Earth Works) utiliza o processo de

montagem similar ao da técnica vernacular, subindo as formas ao mesmo tempo em que a parede ganha altura.

Figura 28 Painéis de taipa de pilão pneumática



Fonte: próprio autor, 2011

Nos dois processos a ligação entre os painéis correspondentes é feita por travessas metálicas, geralmente barras rosqueadas. Além de delimitar o volume da parede a ser construída, estas travessas prendem nas fôrmas perfis metálicos horizontais, verticais e inclinados, que auxiliam o nível e o prumo das paredes, e suportam a pressão exercida nas fôrmas durante a construção (Figura 29). As quinas das paredes são locais vulneráveis neste tipo de parede, para sanar uma possível patologia é colocado um perfil nos cantos das fôrmas para que a parede tenha um chanfro diminuindo a possibilidade de quebra da quina (Figura 30). De acordo com Quentin Brunch (2011), as juntas de dilatação são necessárias de 4 em 4 metros para evitar as rachaduras verticais. Estas juntas devem ser colocadas verticalmente nas fôrmas, seguindo a sequência de montagem. Quentin também constrói paredes de taipa de pilão com isolamento de poliuretano no centro da parede, em locais onde há acúmulo de neve sobre as paredes que possibilite um ponto de infiltração.

Figura 29 Travessas verticais e horizontais

Fonte:

http://jackshouse.rammedearthworks.com/2010_07_01_archive.html

Figura 30 Quina de parede

Fonte: próprio autor, 2011

3.2.3.3. Preenchimento das Fôrmas

Com a ajuda do trator e esteiras rolantes, são colocadas camadas de solo estabilizado com cerca de 20 centímetros de altura, homogeneamente entre as fôrmas (Figura 31). Em seguida utilizando um socador pneumático é feito o apiloamento da terra no mesmo sentido que na técnica vernacular. O socador pneumático é um equipamento metálico com a cabeça em borracha resistente e funciona através de pressão de ar exercida por um gerador (Figura 32 e 33). Como na técnica vernacular, é recomendado fazer ranhuras na face superior da camada compactada para melhor aderência da camada seguinte. O processo é repetido até preencher toda a altura da parede.

Figura 31 Preenchimento das fôrmas

Fonte: www.adobe-home.com

Figura 32 Pilão pneumático

Fonte: www.reitz.com.br

Figura 33 Compressor de ar

Fonte: próprio autor, 2011

3.2.3.4. Esquadrias e Aberturas

Como na técnica vernacular as aberturas de vãos, portas e janelas da taipa de pilão mecanizada podem ser de peitoril (janelas) ou rasgadas (portas, janelas ou vãos). As paredes de taipa de pilão são pouco resistentes à tração, o vão das esquadrias e aberturas devem ser reforçados por vergas e contravergas que podem

ser construídas de concreto, madeira ou aço. O espaço das esquadrias devem ser moldados por fôrmas que criam um vazio na parede (Figura 34).

Figura 34 Fôrma para as aberturas



Fonte: http://jackshouse.rammedearthworks.com/2010_07_01_archive.html

Como na forma vernacular, a instalação das esquadrias são chumbadas nas paredes em rasgos predefinidos na construção das paredes (Figura 35). É usual chanfrar a parede em 45 graus para melhor aproveitamento da luminosidade no interior da edificação (Figura 36). Os peitoris devem possuir pingadeiras e/ou caimentos para evitar infiltração da água da chuva.

Figura 35 Instalação de esquadrias



Fonte: <http://becgreen.ca/tag/rammed-earth-structures/>

Figura 36 Chanfrado da janela



Fonte: próprio autor, 2011

3.2.3.5. Cintamento e Cobertura

No topo das fôrmas, são construídas vigas armadas preenchidas de concreto. É criada assim, sobre a última camada de taipa, uma viga armada que cimenta a edificação e transfere a carga da cobertura para as paredes autoportantes (Figura 37 e 38).

Figura 37 Viga sobre taipa de pilão



Fonte: próprio autor, 2011

Figura 38 Cobertura apoiada sobre parede



Fonte: próprio autor, 2011

3.2.3.6. Hidráulica e Elétrica

Antes do preenchimento das fôrmas, a elétrica, hidráulica, tubos de calefação e arrefecimento podem ser colocados para ficarem embutidos (Figura 39 e 40). Durante o preenchimento das paredes ou podem ser colocados externamente à parede após a construção.

Figura 39 Instalação elétrica externa



Fonte : www.adobe-home.com

Figura 40 Instalação elétrica embutida



Fonte: próprio autor, 2011

3.2.3.7. Acabamento

As paredes de taipa de pilão mecanizada são geralmente blocos monolíticos de solocimento, o que facilita a aderência de argamassa para revestimento cerâmico. A pintura é preferencialmente de tinta de origem natural, podendo ser utilizada tinta a base de água comum. Pode-se também revestir a parede com gesso ou massa corrida. Costuma-se salientar a cor da parede utilizando pigmentos na mistura com os estabilizantes. Uma das vantagens das paredes de taipa de pilão mecanizada é sua utilização conservando a aparência natural da terra, os acabamentos devem ser feitos apenas onde é necessário.

3.2.4. Manutenção e Reforma

3.2.4.1. Acréscimo de Edificação

Da mesma forma que na técnica vernacular, a construção de uma nova parede em contato com a antiga pode ser unida fazendo ranhuras e esperas. Atualmente utilizam-se malhas metálicas e juntas de dilatação na superfície de contato. O mais aconselhável são esperas de aço chumbadas na parede antiga, que atravessam juntas de dilatação localizadas em toda a superfície de contato entre as paredes.

Para a construção de andares superiores é necessário que o projeto estrutural suporte a nova carga. Caso seja possível, a nova parede é construída com o mesmo processo, sobre o cintamento da parede inferior.

3.2.4.2. Abertura de Vãos

Da mesma forma que a técnica vernacular, é necessário o escoramento e reforço estrutural no local da abertura do vão, para que a construção não entre em colapso. As demolições devem seguir a lógica estrutural da construção, reforçando com vergas, contravergas e montantes os vãos e aberturas criados.

3.2.4.3. Reparos de Hidráulica e Elétrica

A manutenção da parte hidráulica e elétrica, no caso de instalações embutidas, pode ser feita da mesma forma que na alvenaria de tijolo, quebrando a parede sobre a instalação. Depois de solucionado o problema, o rasgo na parede é fechado com argamassa feita de solocimento.

3.2.4.4. Limpeza

A alvenaria de taipa de pilão mecanizada possui eletricidade estática ao contrário da parede de terra crua da técnica vernacular. A limpeza também é simples e pode ser feita com pano, água e detergentes neutros.

3.2.4.5. Demolição e Descarte

A estabilização das paredes de taipa de pilão mecanizada transforma a matéria prima original, sendo assim, no final da vida útil da construção as paredes demolidas não voltam ao estado inicial da matéria prima. Porém como a proporção de estabilizante é normalmente 1/10 da quantidade de terra o descarte não causa maiores impactos. As paredes demolidas podem por exemplo serem usadas para aterros nas novas construções.

4. CONCLUSÃO

O caminho para a inserção da taipa de pilão mecanizada no Brasil, deve se basear nas experiências bem sucedidas, principalmente na Austrália e Estados Unidos, que comprovam a viabilidade da técnica. No Brasil há abundância de matéria prima, barata e de fácil acesso, além de disponibilidade das mesmas ferramentas, equipamentos e máquinas utilizadas no exterior. Isto viabiliza o uso da taipa de pilão mecanizada dentro do país mesmo que em construções pontuais.

A taipa de pilão mecanizada necessita de mão de obra especializada. A formação de mão de obra é deficiente mesmo na prática da técnica vernacular. O uso mecanizado da taipa de pilão facilita a formação de mão de obra, diminui o tempo de construção, o número de trabalhadores na obra e conseqüentemente o custo da obra. A inexistência de gastos energéticos consideráveis na transformação da matéria prima em alvenaria compensa as emissões de CO₂ produzidas pelo uso mecanizado. A pesquisa de projeto e fabricação de máquinas, que utilizem fontes renováveis de energia é importante para a evolução de qualquer processo construtivo sustentável.

A restauração do patrimônio histórico esta restrita ao uso dos processos manuais da técnica da taipa de pilão vernacular, a fim de garantir as características da construção original. Assim, a construção com a taipa de pilão mecanizada é incompatível para o mercado da restauração. O uso da taipa de pilão mecanizada sugere o mercado de novas construções.

Para que a técnica ganhe espaço no mercado nacional, como um sistema tecnológico sustentável, é primordial que se intensifiquem os estudos sobre a taipa de pilão mecanizada baseados nos dados consolidados e conhecimentos empíricos, adquiridos em milênios da taipa de pilão vernacular.

A consolidação de dados é essencial para a normatização do uso da técnica da taipa de pilão mecanizada no Brasil. A falta de normatização dificulta o crescimento da taipa de pilão mecanizada no mercado. São poucos os materiais construtivos aceitos nos financiamentos para a construção no Brasil, geralmente se restringem aos blocos de concreto, tijolos queimados, estruturas metálicas e de concreto armado. A taipa de pilão mecanizada é considerada um material construtivo alternativo. Para a aprovação do financiamento deste tipo de construção são necessários laudos

especiais e projetos detalhados, ao contrário dos materiais construtivos atuais, mesmo que vários também não possuam comprovações de suas características na origem. A escassez de profissionais especializados que analisam os processos aumentam a burocracia e o tempo da aprovação. A normatização é essencial para a garantia da qualidade e segurança da construção.

Diante do cenário atual, a inserção da taipa de pilão mecanizada no mercado da construção sustentável no Brasil é possível em pequena escala. Como no exterior, deve se inserir na construção de residências unifamiliares ou iniciativas independentes (empresas, ONGs, outros) que procurem novas formas de construção sustentável no país.

5. REVISÃO BIBLIOGRAFIA

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Determinação do limite e relação de contração de solos; prescrição de método - NBR 7183**. Rio de Janeiro, 1982.

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181 - Análise granulométrica; prescrição de método**. Rio de Janeiro, 1984.

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459 - Determinação do limite de liquidez; prescrição de método**. Rio de Janeiro, 1984.

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180 - Determinação do limite de plasticidade; prescrição de método**. Rio de Janeiro, 1988.

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182 - Ensaio de compactação; prescrição de método**. Rio de Janeiro, 1988.

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12770 - Determinação da resistência á compressão não confinada- método de ensaio; prescrição de método**. Rio de Janeiro, 1992.

CARELLI, E. D. **A Resolução Conama nº 307/2002 e as Novas Condições para Gestão dos REsíduos de Construção e Demolição**. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. São Paulo, p. 155. 2008.

CAVALCANTE, L. G. **Materiais Construtivos, Sustentabilidade e Complexidade: análise da relação entre especificação de materiais construtivos e desenvolvimento sustentável**. Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 219. 2011.

CORONA, E.; LEMOS, C. A. C. **Dicionário da Arquitetura Brasileira**. São Paulo: Edart São Paulo Livraria, 1972.

DETHIER, J.; POMPIDOU, C. G. **Arquitetura de Terra ou o Futuro de uma Tradição Milenar**. Rio de Janeiro: Avenir, 1982.

JOSÉ, A. D. A., 2010. Disponível em: <[HTTP://arnaldodopazao.blogspot.com/2010/01/osverdadeirosimpactosdaconstrucao.html](http://arnaldodopazao.blogspot.com/2010/01/osverdadeirosimpactosdaconstrucao.html)>. Acesso em: janeiro 2012.

KLINKE, A. Casa Verde. **Isto é**, n. 1558, agosto 1999.

MILANEZ, A. **As Técnicas de Estabilização do Solo a Serviço do Homem do Campo**. Ministério de Saúde. Rio de Janeiro. 1958.

OLIVIERI, Antônio C.; VILLA, Marcos A. **Livro cronistas do descobrimento**. 3ª ed. São Paulo: Ed. Atica. 2002.

RONDELET, J. **Traite Theorique et Pratique De L'art de Batir**. Paris: Biblioteque Royal, 1804.

VASCONCELLOS, S. **Arquitetura no Brasil: sistemas construtivos**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1979.