

REFLEXÕES SOBRE A SUSTENTABILIDADE DA ARQUITETURA DE TERRA E SUA IMPORTÂNCIA PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL

Thaís Márjore Pereira de Carvalho¹, Wilza Gomes Reis Lopes², Karenina Cardoso Matos³

Universidade Federal do Piauí - UFPI, Teresina, Brasil,

¹ thaismarjore.pc@gmail.com; ² izalopes@uol.com.br; ³ kareninamatos@hotmail.com

Palavras-chave: Arquitetura de terra, parâmetros de construção, construção sustentável.

Resumo

A humanidade utilizou materiais disponíveis na natureza para construir cidades, em culturas e épocas diferentes. Porém, com as inovações tecnológicas, a maioria destas técnicas foi sendo depreciada. A terra, um dos mais tradicionais materiais de construção, foi gradualmente sendo substituída pelos materiais “convencionais” e hoje seu uso está, em muitos casos, associado à pobreza e à miséria. No Brasil, as técnicas de terra foram introduzidas pelos colonizadores portugueses e pelos africanos trazidos como escravos e obtiveram grande difusão em todo o país, com destaque para o adobe, a taipa de pilão e a taipa de mão ou pau-a-pique. Este artigo tem como objetivo apresentar reflexões sobre como a arquitetura de terra pode contribuir para a sustentabilidade na construção civil, por tratar-se de um material que exige menos energia, gera menos resíduos, tem baixas emissões e proporciona excelente durabilidade, versatilidade e acessibilidade, além de sua importância histórica e cultural. Para isso, foi realizada revisão de literatura sobre os parâmetros de construção com terra, conforto ambiental e construção sustentável. Entre os resultados, foi observado que a arquitetura da terra tem inúmeras vantagens, como o isolamento térmico, a possibilidade de renovação do ar, baixo custo, baixo impacto ambiental, facilidade de transferência de tecnologia e, especialmente, o fato de que a terra pode ser reutilizável. Assim, trata-se de uma solução construtiva excelente e eficaz, que agrega sustentabilidade e adaptação aos fatores bioclimáticos regionais.

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas, a eminente crise energética, a concentração populacional, o consumo exacerbado e o déficit habitacional são alguns dos enfrentamentos mundiais que estão, constantemente, em discussão na atualidade. À medida que um destes quadros se agrava, arrasta consigo outros, gerando um impasse e muitos questionamentos, cujas respostas são urgentes. Ainda não se dispõe de soluções exatas, porém, ações que promovam a sustentabilidade despontam como a direção mais viável.

O conceito de desenvolvimento sustentável passou a ser difundido a partir de 1987, após a divulgação do Relatório de Brundtland — este documento foi o resultado de discussões realizadas pela Organização das Nações Unidas (ONU) e presididas pela médica e diplomata norueguesa Gro Harlem Brundtland, em 1983 — cuja ideia principal indicava que o desenvolvimento só é efetivo quando permite a sustentação das gerações presentes, sem comprometer a sobrevivência das gerações futuras (Lira Dantas et al, 2009). Entretanto, ainda caminha-se em sentido contrário ao proposto no relatório, visto que o atual modelo de desenvolvimento prioriza a dimensão econômica, baseando-se no lucro e promovendo a escassez dos recursos naturais e o aumento das desigualdades sociais.

O desenvolvimento sustentável consiste no equilíbrio entre as dimensões econômica, social e ambiental. Para se alcançar esse nível de desenvolvimento, é fundamental a contribuição de várias áreas do conhecimento. A construção civil é um campo de atuação com forte papel nesse caminho. Como afirma Mateus (2004, p. 10):

A interligação da indústria da construção com as três dimensões da sustentabilidade é particularmente importante, pois para além desta indústria apresentar uma considerável participação no PIB – dimensão econômica – e de ser responsável por uma expressiva parcela na geração de postos de trabalho – dimensão social –, utiliza recursos naturais e a

sua actividade está intimamente relacionada com o meio ambiente – dimensão ambiental –, na medida em que modifica o ambiente natural através das suas intervenções – redes viárias, barragens, edifícios, etc.

Dessa forma, observa-se que todo o setor da construção civil, em especial a construção de edifícios, tem participação bastante significativa na degradação ambiental. Conforme Gauzin-Muller (2002), a construção e o uso dos edifícios implicam no consumo de 50% dos recursos naturais, 40% da energia e 16% da água, o que representa um consumo energético responsável por mais de 25% das emissões totais dos gases que promovem o efeito estufa, especialmente o gás carbônico (CO₂).

Com isso, fica evidente a necessidade de implantar sistemas construtivos que se enquadrem nos parâmetros da sustentabilidade, ou seja, sem o consumo de grandes somas energéticas, que façam o uso racional dos recursos naturais, e que estes sejam renováveis, não poluentes, duráveis e passíveis de reaproveitamento; possuindo baixa energia primária; e, acima de tudo, presentes no próprio local e, portanto, adaptados a ele.

A arquitetura de terra, então, surge de maneira mais que oportuna, uma vez que *as construções com terra reduzem a demanda de cimento que hoje promove 8% do aquecimento do planeta, assim como minimiza o transporte, 80% do aquecimento da atmosfera se origina do petróleo* (Silva; Carvalho, 2007, p.1), visto que a construção em terra utiliza-se de matéria prima local.

Sabe-se que a terra vem sendo usada para a construção há milênios e tem demonstrado seu potencial e sua durabilidade, por meio de exemplos construídos com técnicas variadas, nos mais diferentes recantos do planeta, desde tempos remotos, persistindo até nossos dias, desafiando as intempéries e o próprio tempo. Como exemplo, podem ser mencionadas as construções encontrados em Jericó, China, Mesopotâmia, Irã, Iraque e em vários países do continente africano, cuja existência remete a cerca de 8000 anos a.C.

Graças a sua versatilidade e durabilidade, sua aplicação não se limita à construção de moradias, templos e palácios, mas inclusive trechos das muralhas da China, executados com terra apilada entre alvenarias duplas de pedra (Canteiro; Pisani, 2006). Correia (2006, p. 12), por sua vez, enumera as diversas possibilidades de utilização da terra, a qual [...] *pode ser escavada, empilhada, modelada, prensada, apilada, recortada, extrudida, pode servir de enchimento, de cobertura, de recobrimento, entre outros.*

Ramos et al (2002) também citam que nas Américas, a construção em terra também já era difundida desde a antiguidade, principalmente no México e no Peru, como as ruínas de Chan Chan. Tal uso se deu, principalmente, devido ao clima quente e seco, mais propício a este tipo de construção. As civilizações inca e asteca já faziam uso da terra como material de construção mesmo antes da chegada dos colonizadores.

A ampla difusão desta arquitetura no mundo é tal que estudos estimam que um terço da população mundial viva em edifícios construídos com terra e que, nos países em desenvolvimento, pode ultrapassar a metade da população (Minke, 2001). Dentre alguns exemplos destas construções, segundo Correia (2006), podem ser destacados os *pueblos* de Taos e de Acoma City, no Novo México, EUA, executados em adobe; as cidades de Shibâm e Sanaa, no Iêmen, edificadas em terra empilhada e em adobe, que dispõem de 3 a 8 pisos, alcançando até 30 metros de altura (Figura1); e a cidade de Djénne, no Mali, que conta com cerca de 13 mil habitantes e foi toda executada em adobe, muitas vezes associado a troncos de madeira (Figura 2).



Figura 1: Edifícios construídos com terra em Sanaa, Iêmen.



Figura 2: Mesquita de Djénne, no Mali, construída com terra.

Merece destaque, ainda, a importância da arquitetura de terra em países subdesenvolvidos, em que as técnicas de construção com terra têm possibilitado suprir suas necessidades construtivas. Para Castanheira e Bragança (2012, p.103), institutos como o CRAterre (Centro Internacional de Construção em Terra), em países do continente africano, *têm trabalhado no sentido do reconhecimento dos materiais da Terra como uma resposta válida para os desafios ligados à proteção do ambiente, a preservação da diversidade cultural e da luta contra a pobreza.*

Segundo Lopes, Matos e Carvalho (2012, p. 4), *a arquitetura de terra refere-se ao conhecimento que está inserido na cultura popular, fazendo parte de nossa história, devendo seu valor ser reconhecido, preservado e repassado para o conhecimento das futuras gerações.*

No Brasil, a arquitetura de terra foi trazida pelos colonizadores portugueses, estando comprovado que os indígenas não as utilizavam. Além disso, os africanos, que foram trazidos ao país como escravos, também tinham conhecimento do uso da terra para construção (Milanez, 1958). Dentre as técnicas mais utilizadas para construção, envolvendo a terra, estavam a taipa de pilão, o adobe e a taipa de mão ou pau-a-pique.

Inúmeras construções históricas centenárias, executadas com terra, podem ser encontradas, ainda hoje, em perfeito estado de conservação, como também, edificações contemporâneas, localizadas em diversos locais do Brasil, em que foram utilizados os procedimentos construtivos adequados, comprovando o potencial e a durabilidade deste tipo de construção (Lopes, 1998). Para exemplificar, pode ser citada a residência executada em adobe e taipa de mão, na cidade de São João del Rey, Minas Gerais, projeto do arquiteto Marcos Borges dos Santos (Figura 3) e a construção em taipa de mão na cidade Itaipu, Rio de Janeiro, projetada pelo arquiteto Cydno da Silveira (Figura 4).

Além disso, Calla Garcia (2002) afirmou que a precariedade das construções com terra resulta da falta de conhecimento científico no uso deste material, e ainda que, o errado conceito de modernidade faz com que se considere a terra como símbolo de antigo e pobre, associando suas construções à pobreza e ao precário, enquanto que os materiais como cimento e polímeros são associados à modernidade.

Porém, com o surgimento e a adoção dos materiais construtivos convencionais, ocorreu o abandono dessas boas práticas ancestrais, cuja adaptação regional rendia relevantes desempenhos energéticos e identidades próprias. Para Braga e Rocheta (2007, p. 2), é necessário compreender

[...] as razões dos nossos antepassados construírem os seus abrigos de uma determinada forma. Temos de apreender a verdadeira simbiose entre o homem e o clima, complementando obviamente, esse saber empírico, com os conhecimentos científicos e tecnológicos actualmente disponíveis.

Sendo assim, o presente trabalho tem como finalidade discutir aspectos da arquitetura de terra, em especial seus parâmetros construtivos e identificar quais os seus aspectos positivos e negativos, além das limitações às quais está submetida. Com isso, pretende-se divulgar as características e potencial deste material, para que possa ser utilizado na construção civil, aliando sustentabilidade e bioarquitetura.



Figura 3: Casa de adobe em São João del Rey, Minas Gerais



Figura 4: Casa de taipa de mão, em Itaipu, Rio de Janeiro.

2. SUSTENTABILIDADE E CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

Na década de 1960, iniciou-se uma onda de conscientização mundial a respeito das questões ambientais, promovendo a realização de eventos, convenções e acordos internacionais. Em 1968, como mostra Lira Dantas et al (2009), foi fundado o Clube de Roma, cujo objetivo era limitar o crescimento econômico em longo prazo, em função dos impactos ambientais decorrentes dele. A seguir veio a Conferência de Estocolmo, realizada pelas Nações Unidas, em 1972, que garantia a todas as nações a liberdade de desenvolvimento através da exploração consciente de seus recursos naturais. Dela resultou o Programa das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente (PNUMA), um órgão que se dedica apenas aos aspectos ambientais (Lira Dantas et al, 2009).

Em 1992, foi realizada a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente, realizada na cidade do Rio de Janeiro, mais conhecida como ECO-92. Seu objetivo era rever os pontos debatidos em Estocolmo, analisando a então atual situação da proteção ambiental no mundo e as mudanças verificadas. Ironicamente, como afirma Lira Dantas et al (2009), observou-se que nos países em desenvolvimento, o quadro ambiental havia se agravado. Com isso, a ECO-92 culminou com a elaboração de documentos oficiais — sendo a Agenda 21 o mais importante — e resultou em algumas assembleias das Nações Unidas, como a Rio +5, a Rio +10 e a Rio +20, realizada em 2012, a fim de revisar a agenda.

Um dos pontos discutidos na Agenda 21 trata especificamente da construção civil e elenca alguns fatores que devem ser considerados para o cumprimento dos objetivos ambientais, como: metas para o desempenho ambiental das edificações; mudanças nas práticas de gestão do processo de projeto e construção; implantação de uma nova cultura dentro do setor da construção civil, valorizando os recursos naturais e as possibilidades de reciclagem e reuso dos materiais (Salgado et al, 2012, p. 82).

A partir de então surgiu o termo “Construção sustentável”, em que [...] *todos os princípios do desenvolvimento sustentável são aplicados a todo o ciclo de construção, da extração e beneficiamento de materiais, passando pelo planejamento, projeto e construção de edifícios e obras de infra-estrutura, até sua demolição e gestão dos rejeitos dela resultantes* (Ayres et al, 2006, p. 13-14).

A construção sustentável tem como objetivo, segundo Vilaça (2012, p. 10),

reduzir gastos, minimizar perdas, eliminar o retrabalho e racionalizar tempo de execução/montagem das construções, além de inovar em procedimentos e rotinas para

escritórios de projetos e construtoras, na inovação tecnológica em produtos que busquem melhor desempenho ambiental em função de uma metodologia mais adequada à realidade brasileira.

Para Ayres et al (2006, p.14), a construção sustentável deve ser analisada como um *processo holístico que leva à recomposição e à manutenção da harmonia entre os ambientes naturais e construídos, assegurando a criação de assentamentos que afirmem a dignidade humana e encorajam a equidade econômica*. Com isso, a maneira de edificar passa a incorporar fatores antes considerados irrelevantes, como os aspectos sociais e os ambientais, conforme a figura 5 abaixo.

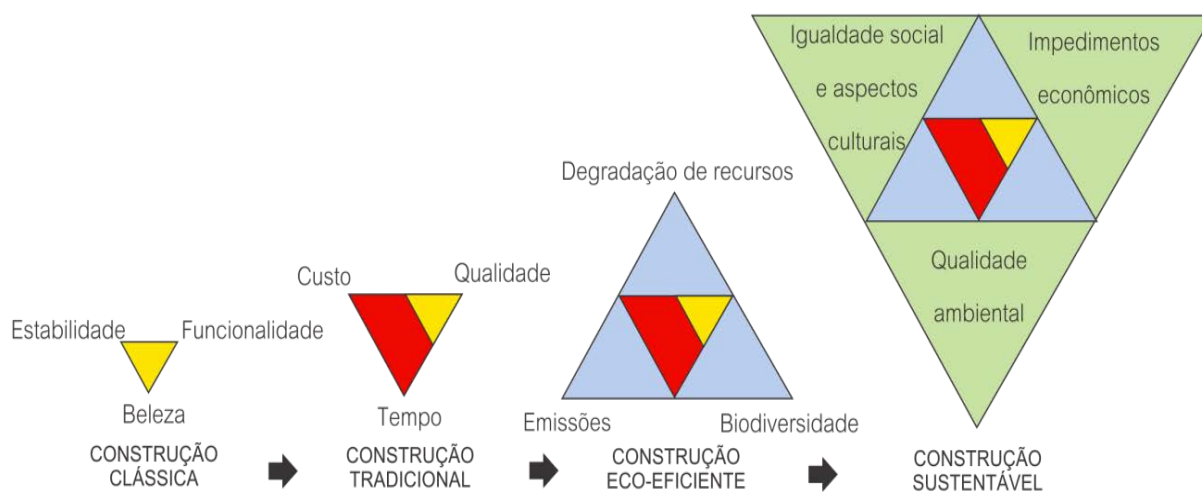


Figura 5: Inserção e desenvolvimento do conceito de sustentabilidade na construção.

Na busca por alcançar a sustentabilidade, é preciso compreender que a escolha do material é um ponto essencial. Mateus (2004) explica que existem estratégias para realizar essa seleção de maneira apropriada, através da análise dos seguintes critérios:

- **Energia incorporada ao material:** quantidade de energia necessária para a sua produção, transporte, aplicação na obra, manutenção e demolição. Aproximadamente 80% da energia total corresponde à Energia Primária Incorporada (PEC, em inglês) dos materiais. Prioriza-se o uso de materiais locais, com elevado potencial de reutilização e/ou durabilidade e de sistemas construtivos leves;
- **Impacto ecológico incorporado ao material:** reflete o impacto ambiental do material ou componente construtivo e decorre de toda a cadeia produtiva até o transporte para a obra. Utiliza-se como indicador o Potencial de Aquecimento Global (PAG), medido em gramas equivalentes de CO₂;
- **Potencial de reutilização e reciclagem dos materiais:** trata-se da capacidade do material vir a ser utilizado novamente como recurso, após completar o seu ciclo de vida;
- **Toxicidade do material:** representa os efeitos nocivos que este pode infligir no ser humano e no ecossistema;
- **Custos econômicos:** contemplam o custo inicial, de manutenção e de demolição, associados ao ciclo de vida dos materiais.

O uso da terra atende a todos estes critérios, visto que a energia incorporada, o impacto ecológico e os custos tornam-se baixos pela utilização de material disponível no próprio local da obra, de baixa manutenção, com potencial de reutilização ilimitado (desde que a terra seja mantida natural) e com durabilidade comprovada. Além disso, por ser um material *in natura*, não representa qualquer índice de toxicidade, a menos que sejam agregados elementos para sua estabilização, os quais podem liberar algumas substâncias voláteis.

Além do material a ser empregado, Francisco e Ino (2009) destacam a necessidade de aplicação de elementos arquitetônicos com a intenção de criar um ambiente construído com alto grau de conforto higrométrico e pequeno consumo energético. Macedo (2011) defende que é papel do arquiteto proporcionar uma consonância entre os conceitos adotados no projeto e os materiais que o compõem, inclusive, através da recuperação e do aperfeiçoamento de técnicas inspiradas em tecnologias ancestrais.

2.1. A construção sustentável na atualidade do Brasil

A Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), representante nacional e internacional das entidades empresariais da indústria da construção e do mercado imobiliário, lidera 62 entidades e está presente em todo o país. Segundo dados da própria Câmara (CBIC, 2012), atualmente, estima-se que a indústria da construção represente 8,1% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro e seja responsável pela geração de mais de 11,3 milhões de postos de trabalho. Isso nos dá uma dimensão da importância do setor para a economia.

Em virtude disso, viu-se a necessidade de se implantarem ações que visem a promoção do desenvolvimento sustentável. Uma delas é o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H), coordenado pelo Ministério das Cidades. Trata-se de um dispositivo que objetiva organizar o setor da construção civil, no atendimento de dois fatores principais: a melhoria da qualidade do habitat e a modernização produtiva.

Outra ação importante foi o lançamento de políticas públicas, de extensão nacional, relacionadas à questão ambiental. Entre elas, está a Política Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC), aprovada em 2009, que objetiva reduzir as emissões de gases de efeito estufa; promover a adaptação à mudança do clima; incentivar a preservação, a conservação e a recuperação dos recursos ambientais, com particular atenção aos grandes biomas naturais; promover a consolidação e a expansão das áreas legalmente protegidas; e, incentivar os reflorestamentos e a recomposição da cobertura vegetal em áreas degradadas (BRASIL, 2009). Nesse contexto, a indústria da construção civil é tida como prioritária para reduzir a emissão de gases e adaptar ambientes construídos aos impactos climáticos (CBIC, 2012).

Já a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), aprovada em 2010, tem por finalidade a prevenção e a redução na geração de resíduos, difundindo hábitos de consumo sustentável; o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos; a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos; e, a instituição da responsabilidade compartilhada dos geradores de resíduos (BRASIL, 2010). Em meio a isso, o setor da construção brasileiro tem realizado estudos que visam o reaproveitamento e a reciclagem dos resíduos, como a instalação de unidades de reciclagem de resíduos inertes, e o atendimento à logística reversa CBIC (2012).

Paralelamente, há o Plano de Ação para Produção e Consumo Sustentável (PPCS), sob coordenação do Ministério do Meio Ambiente, que promove mudanças nos padrões de produção e consumo, definidas em seis prioridades de atuação, dentre elas a construção sustentável. A meta estabelecida é que, até para 2020, conforme CBIC (2012, p.38), *as obras tenham desempenho ambiental 20% superior às atuais, a partir de índice definido por indicadores de consumo de água, energia, geração de resíduos e desempenho socioambiental dos produtos comprados.*

A construção civil no Brasil, no tocante à sustentabilidade, se encontra na fase de conscientização. Já são encontrados alguns edifícios sustentáveis certificados no país, mas a grande maioria deles se concentra na região Sudeste. Porém, espera-se que as obras da Copa do Mundo de Futebol de 2014 e as Olimpíadas de 2016, atendam aos princípios da sustentabilidade e sirvam para difundir boas práticas em todo o país.

3. BENEFÍCIOS E CUIDADOS COM A ARQUITETURA DE TERRA

A importância da arquitetura construída com terra é percebida por diferentes aspectos, seja pelo ponto de vista histórico e antropológico, ou ainda, pela sua larga utilização como material básico em regiões onde há escassez de recursos naturais (Ramos et al., 2002). Há ainda a importância ambiental, pois Correia (2006) lembra o fato de se adaptar não só à cultura e aos conhecimentos empíricos adquiridos, mas também ao clima da região, através do uso de materiais locais, sem a utilização de materiais manufaturados, equipamentos mecânicos ou elétricos.

Torgal e Jalali (2009, p.1) acrescentam a baixa emissão de carbono, geração reduzida de poluição e níveis de umidade no interior dos ambientes considerados benéficos à saúde humana. Por sua vez, Barbosa (2003) aponta a possibilidade de se gerar, a partir do uso da terra, uma tecnologia mais limpa e apropriada para incrementar a produção habitacional dos países em desenvolvimento. Isso porque, tendo como exemplo o Brasil, a fabricação de tijolos cerâmicos tem impulsionado o desmatamento da vegetação nativa da região Nordeste, para utilização como combustível na queima, o que contribui largamente para os processos de desertificação já instalados ali.

Castanheira e Bragança (2012, p. 104) lembram que a terra é um material de disponibilidade abundante e que proporciona [...] *redução do uso de transportes (utilização de matéria prima local), maior potencial de reciclagem e redução de resíduos, boa resistência ao fogo, versátil e flexível (variações de tipologias de edificações), pode ser utilizada para criação de empregos locais.*

Contudo, é necessário atentar para a seleção do solo a ser utilizado. O principal cuidado, de acordo com Canteiro e Pisani (2006, p. 6), é que não haja areias, pedregulhos, húmus e outros materiais orgânicos, pois podem afetar a resistência final do material. A partir daí:

A massa é preparada por meio de esfarelamento do solo, pulverização de água, com cuidado para não formar “caroços” e seguido de um amassamento, que pode ser realizado com as mãos ou com os pés. A operação só termina após a obtenção de uma massa homogênea, plástica e não aderente às mãos

Além das preocupações com o material, a arquitetura deve ser executada seguindo certas recomendações. Pinto (1993) e Souza (1996) afirmam que a maior ameaça à sustentação da terra são as infiltrações de água, tanto por capilaridade do solo, quanto por falta de proteção adequada com rebocos mal executados. Sendo assim, é importante proteger a edificação de terra do contato com a umidade do solo, elevando-a do chão ou utilizando um alicerce, de pedras ou tijolos, devidamente impermeabilizados.

Para proteção contra os danos causados pela incidência da água das peças verticais de madeira, pilares e forquilha que ficam em contato com o solo são usados geralmente materiais impermeabilizantes, como pintura asfáltica, betume, resina de fibra de vidro e base de concreto, de acordo com a disponibilidade local (Lopes, 1998).

Dentre os principais problemas detectados em construções de terra, analisadas por Canteiro e Pisani (2006), estão: seleção pouco criteriosa do barro, com a incidência de grande quantidade de material orgânico; madeiramento das coberturas muito irregular, com o uso de madeiras roliças; e, emprego de lonas, plásticos e outros materiais impermeáveis nos telhados, causando vários vazamentos e comprometendo totalmente o isolamento termo-acústico.

4. CONFORTO AMBIENTAL E CONSTRUÇÕES COM TERRA

Primeiramente, Lopes e Ino (1999) lembram que, independente do tipo de material empregado, é sempre necessário que o conjunto estrutural seja sólido e estável, para evitar desaprumos, desnivelamentos e trincas nas paredes. Na prática, alguns princípios elementares em construção, como marcação e nivelamento da obra, com o uso de equipamentos simples, tipo esquadro, prumo e nível, são desprezados pelos construtores de

edificações de terra por considerarem dispensáveis neste tipo de obra, prejudicando a aparência e a rigidez da construção, tornando a estrutura desequilibrada e as paredes desalinhadas.

Se todas as medidas preventivas cabíveis e os parâmetros construtivos adequados forem realizados em conformidade com as determinações técnicas, a terra apresentará seu aproveitamento máximo. A partir daí, é possível avaliar quais as contribuições que este material traz para um melhor desempenho energético nas construções e em quais situações seu uso seria o mais pertinente. Atualmente, muitos profissionais têm adotado a arquitetura de terra em seus projetos, assimilando eficiência, adaptação climática, economia e aproveitamento de mão-de-obra local. É o caso da residência localizada na cidade de Monteiro Lobato, São Paulo, projeto do arquiteto Ricardo Junqueira Piva, executada em taipa-de-mão, com estrutura em eucalipto roliço tratado e cobertura de telha cerâmica. A construção tem 200 m², planta livre e foi produzida de forma artesanal (Figura 6).



Figura 6: Residência contemporânea em taipa-de-mão.

No que diz respeito à eficiência energética, sabe-se que a condutibilidade térmica das paredes de terra corresponde à metade da condutibilidade das paredes feitas de tijolo cozido, mantendo o ambiente interno das construções em terra em temperatura constante (Bueno, 1995, apud Silva, 2000). Isso porque as paredes de barro compõem um bom isolante térmico *que aprisiona o ar nas pequenas cavidades do material sólido, [...] impedindo a convecção, ou seja, as trocas que podem ocorrer, o que dificulta a passagem de calor* (Milech et al, 2011, p. 1). O efeito disso, segundo Correia (2006), é que há conservação de calor no interior das edificações durante o inverno e, no verão, mantém-se o ar fresco.

Em suas pesquisas, Silva (2000, p. 60) constata que *para se obter o mesmo índice de isolamento térmico em paredes construídas com esses materiais é necessária uma espessura de, por exemplo, 9,5 cm para uma parede de tijolo de barro cru e 19,8 cm para uma parede de tijolo cozido*. Isto significa que, para um mesmo desempenho térmico, as paredes de terra resultariam em fechamentos mais esbeltos e leves. Além disso, com a adição de fibras vegetais à argamassa de barro (para confecção das paredes) a capacidade de isolamento térmico aumentaria ainda mais.

Outro aspecto relevante para Correia (2006) relaciona-se com o conforto acústico. Como o piso e as paredes de terra são porosos eles absorvem o som com maior facilidade, ao contrário de pisos e paredes lisos, nos quais há reflexão do som. Porém, há que se destacar, ainda, que a mesma porosidade é fundamental para outro fator positivo: as trocas gasosas. A renovação do ar nas casas de terra cujas paredes não receberam nenhum tratamento selante, como revestimentos cerâmicos ou pintura, é uma consequência da sua capacidade de “respirar”, ou seja, permitir a passagem do ar (Silva, 2000).

Dessa forma, percebe-se que a arquitetura de terra apresenta vantagens significativas em relação aos métodos construtivos tradicionais, especialmente no que diz respeito à melhoria do conforto ambiental em regiões tropicais úmidas e semiáridas. Tais áreas compõem grande parte do Nordeste brasileiro, nas quais estas técnicas são usualmente utilizadas, pela população de baixa renda, mesmo sem seguir devidamente os procedimentos técnicos adequados.

5. CONCLUSÕES

As mudanças climáticas e os desastres naturais que assolam o planeta, em grande parte, advêm das ações humanas sobre a meio natural. O ambiente construído pelo homem vem se impondo sobre a natureza, em vez de buscar uma coexistência harmônica. À medida que os problemas se agravam eles arrastam consigo outros, gerando mais questionamentos, cujas respostas são urgentes. Ainda não se dispõe de soluções exatas, mas já se tem consciência de que o desenvolvimento sustentável é a única direção viável.

A construção civil é, hoje, o setor responsável pela maior parte da exploração dos recursos naturais e, portanto, o maior contribuinte da degradação ambiental. É necessário o surgimento de alternativas como a construção sustentável, que tem como princípios básicos, o desenvolvimento de matérias-primas e energias renováveis, redução da quantidade de materiais, água e energia utilizados, reaproveitamento das águas, entre outros.

Desta forma, destaca-se o potencial da arquitetura de terra, considerando que apresenta vantagens significativas em relação aos métodos construtivos tradicionais, como a baixa condutibilidade térmica das paredes de barro; a absorção dos ruídos, por se tratar de um material poroso; a possibilidade de ocorrer passagem do ar entre os fechamentos e, conseqüentemente, a renovação do ar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYRES, M. V. A. et al. (2006). *Sustentabilidade em habitações de interesse social*. São Paulo: Escola Politécnica de São Paulo.
- BARBOSA, N.P. (2003). Transferência e aperfeiçoamento da tecnologia construtiva com tijolos prensados de terra crua em comunidades carentes. In: *Coletânea Habitar - Inovação, Gestão da Qualidade & Produtividade e Disseminação do Conhecimento na Construção Habitacional*. Porto Alegre: ANTAC. vol. 2, p. 12-39.
- BRAGA, A. M. G. S.; ROCHETA, V. L. S. (2007). A Construção em Terra e a Sustentabilidade. In: 5º Seminário de Arquitectura em Terra em Portugal. Aveiro. p. 1-8.
- BRASIL (2010). Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.
- BRASIL (2009). Lei Nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências.
- CALLA GARCIA, A. (2002). La Construcción con Tierra en la Cultura Andina. In: *Seminário Iberoamericano de Construção com Terra*. Salvador: Projeto PROTERRA, p. 27-36.
- CANTEIRO, F.; PISANI, M. A. (2006). Taipa de mão: história e contemporaneidade. In: *æ ensaios*. v. 1, n. 2. p. 2-21.
- CASTANHEIRA, G.; BRAGANÇA, L. (2012). Benefícios Energéticos da Construção em Terra para Habitações Populares de Portugal. In: *Seminário Reabilitação Energética de Edifícios*. Guimarães: Universidade do Minho. p. 103-108.

- CBIC - CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (2012). Construção Verde: Desenvolvimento com Sustentabilidade. In: *Cadernos setoriais Rio+20*. Brasília: CNI. p. 1-69.
- CORREIA, M. (2006). Universalidade e Diversidade da Arquitectura de Terra. In: *Terra : forma de construir: arquitectura : antropologia : arqueologia / 10ª Mesa-Redonda de Primavera*. Lisboa: Argumentum; Vila Nova de Cerveira - Escola Superior Gallaecia.
- FRANCISCO, M; INO, A. (2009). Análise da incorporação de estratégias bioclimáticas buscando a eficiência de habitação no meio rural. Caso: Assentamento rural Sepé Tiarajú (Serra Azul-SP). In: *Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis*. Recife: ANTAC.
- GAUZIN-MULLER, D. (2002). *Arquitectura Ecológica*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- LIRA DANTAS, R. M. de et al. (2009). Movimentos que impulsionaram a avaliação de impactos ambientais no Brasil. In: *Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão*. Recife: [s.n.].
- LOPES, W. G. R; MATOS, K. C.; CARVALHO, T. M. P. (2012). A importância da taipa de mão na história e na cultura do Brasil. In: *IV Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil*. Fortaleza: UFC.
- LOPES, W. G. R.; INO, A. (1999). Taipa de mão: procedimentos construtivos. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola*. Pelotas: SBEA.
- LOPES, W. G. R. (1998). *Taipa de mão no Brasil: levantamento e análise de construções*. Dissertação de Mestrado. São Carlos, SP: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- MACEDO, F.H.T.M.B. (2011). *A expressividade dos eco materiais*. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa (UTL).
- MATEUS, R. F. M. S. (2004). *Novas tecnologias construtivas com vista à sustentabilidade da construção*. Dissertação de Mestrado. Minho: Escola de Engenharia - Universidade do Minho, Minho.
- MILANEZ, A. (1958). *Casa de Terra: As técnicas de estabilização do solo a serviço do homem do campo*. Rio de Janeiro: Ministério da Saúde.
- MILECH, F. B. et al. (2011). Avaliação térmica de uma estufa para secagem de tabaco. In: *Congresso de Iniciação Científica*. Pelotas: UFPEL.
- MINKE, G. (2001). *Manual de Construcción en Tierra: La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Montevideo: Editorial Norda-Comunidad.
- PINTO, F. (1993). Arquitectura de Terra - Que futuro? In: *7ª Conferência Inter-Nacional sobre o Estudo e Conservação da Arquitectura de Terra*. Lisboa: DGEMN, p. 612-617.
- RAMOS, L. M. et al. (2002). *Arquitectura y Construcción con Tierra. Tradición e Innovación*. Boceguillas: Mairéa.
- SALGADO, M.. (2012). Produção de edificações sustentáveis: desafios e alternativas. In: *Ambiente Construído*. Porto Alegre: ANTAC. v. 12, n. 4, p. 81-99.
- SILVA, C. G. T. (2000). *Conceitos e Preconceitos relativos às Construções em Terra Crua*. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz.
- SILVA, D. N. A. C.; CARVALHO, R. (2007). Construções Ecológicas e Sustentáveis: Análise Comparativa de Custos entre Painéis em Bambu e Barro com Alvenaria de Bloco. In: *TecBahia: Revista Baiana de Tecnologia*. Salvador, vol. 22, n. 1-3.

SOUZA, R. C. J. (1996). Problemas de Conservação em Construções Típicas de Minas Gerais. In: *Cadernos de Arquitetura e Urbanismo*. Belo Horizonte, p. 103 -120.

TORGAL, F. P.; JALALI, S. (2009). Construção em Terra: algumas considerações sobre a selecção de solos. In: *Actas da 5ª Conferência de Engenharia'2009: Inovação e Desenvolvimento*. Covilhã: Universidade da Beira Interior - UBI.

VILAÇA, A. C. (2012). A atual tendência da construção no Brasil e seus reflexos para a arquitetura e construção com terra. In: *IV Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil*. Fortaleza: UFC.

Currículos

Thaís Márjore Pereira de Carvalho é arquiteta e urbanista (UFPI, 2011). Bolsista UFPI/CNPq do Programa de Iniciação Científica (2008/2009). Pesquisadora nas áreas de concentração Tecnologia dos Materiais e Sustentabilidade, abordando temas como Arquitetura de Terra e Habitação de Interesse Social. Bolsista CNPq em Projeto de Extensão, na modalidade ATP- A.

Wilza Gomes Reis Lopes: Arquiteta, Especialista em Urbanismo, Mestre em Arquitetura, Doutora em Engenharia Agrícola. Professora do Curso de Arquitetura e Urbanismo e do Mestrado e Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Piauí - UFPI. Membro das Redes Proterra e TerraBrasil, pesquisa sobre Arquitetura de Terra e Paisagem Urbana.

Karenina Cardoso Matos: Arquiteta e Urbanista, Especialista em Meio Ambiente, Mestre em Arquitetura, Doutoranda em Urbanismo pela Universitat Politècnica de Catalunya-UPC, Barcelona, Espanha. Professora do Departamento de Construção Civil e Arquitetura da Universidade Federal do Piauí - UFPI. Coordenadora do Laboratório Urbano da Paisagem – LUPA, da UFPI.