

Estudo do Emprego do Adobe em Obras Sustentáveis no Estado do Ceará

Alan Lemos Amaral

Inst. Fed. de Ciência, Educação e Tecnologia do Ceará, Fortaleza, Brasil, alanlemos17@gmail.com

Luan Fontenelle Vieira Rodrigues

Inst. Fed. de Ciência, Educação e Tecnol. do Ceará, Fortaleza, Brasil, luanfontenelle@gmail.com

Lívia Ingrid de Oliveira Costa

Inst. Fed. Ciência, Educação e Tecnol. do Ceará, Fortaleza, Brasil, liviaengenhariams@gmail.com

Levi Teixeira Pinheiro

Inst. Fed. de Ciência, Educação e Tecnologia do Ceará, Crateús, Brasil, levi.teixeira@ifce.edu.br

Marcos Fábio Porto de Aguiar

Inst. Fed. de Ciência, Educação e Tecnologia do Ceará, Fortaleza, Brasil, marcosfpa@hotmail.com

RESUMO: As inúmeras preocupações com o futuro do meio ambiente, devido ao uso indevido e exagerado dos materiais provenientes da natureza, vem levantando questionamentos e expõem a necessidade de novos projetos para melhoria na utilização dos recursos naturais de forma menos agressiva. Desde a década de 1970, observa-se em vários países o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis para construção civil utilizando-se técnicas tradicionais em terra crua, como adobe, pau a pique, taipa de pilão ou técnicas modernas de bloco de solo cimento e terra ensacada. No Brasil, mais especificamente no Ceará, observa-se o uso da alvenaria de adobe para produção de casas tradicionais e modernas. No estado, é possível encontrar obras com mais de 100 anos, o que comprova a sua qualidade estrutural de forma empírica. Porém, com a retomada destas tecnologias, se faz necessário o controle de qualidade das mesmas para sua adequação as normativas modernas. Dessa forma, para que este método seja aplicável e seguro é necessário garantir sua eficiência nas condições ambientais e estruturais. Com isso, o seguinte trabalho visa por meio da análise da resistência mecânica de tijolo de adobe usados em diferentes obras no estado do Ceará, estudar o comportamento e comparar o desempenho entre os diferentes tipos de solo utilizado em cada região. Essa análise foi feita a partir de ensaios de caracterização dos solos e resistência à compressão simples dos tijolos de solo cru, resultando em condições favoráveis sobre sua aplicação no meio construtivo.

PALAVRAS-CHAVE: Adobe, Terra Crua, Sustentabilidade, Construção Sustentável.

ABSTRACT: There are many worries about the future of the environment, the wrong and exaggerated use of materials from nature has raised questions and showed the need for new projects in order to improve the use of natural resources in a less aggressive way. Since the 1970s, the development of sustainable technologies for civil construction has been observed in several countries, such as adobe, *pau a pique*, *taipa de pilão* or modern block techniques of soil cement and bagged soil. In Brazil, more specifically in Ceará, it is observed the use of adobes masonry for the production of traditional and modern houses. In this region, it is possible to find houses more than 100 years old, which includes structural quality in an empirical way. However, with a resumption of these technologies, their quality control is necessary for the suitability as modern regulations. So, in order make this method applicable and secure, it is necessary to ensure environmental and structural conditions. With this, the following paper aims, through the analysis of the mechanics of blocks of

adobe bricks used in different constructions in the state of Ceará, study the behavior and compare the performance among the different types of soil used in each region. This analysis was done from soil characterization and resistance tests to simple soil blocks, resulting in favorable conditions to its application in the construction environment.

KEYWORDS: Adobe, Raw Ground, Sustainability, Sustainable Construction.

1 INTRODUÇÃO

O uso abusivo dos recursos naturais gerou preocupação em diversos ramos, principalmente na construção civil. Com isso, novos métodos de construir estão sendo buscados para proporcionar a criação de ambientes sustentáveis e construções favoráveis ao meio ambiente.

Desde a evolução da industrialização no século XIX, as técnicas de construção tradicionais vêm sendo abandonadas. As pessoas com poucos recursos financeiros têm menos acesso aos produtos industrializados e seguem fazendo o uso das técnicas antigas, como o adobe e o pau-a-pique. Estas técnicas são associadas à população de baixa renda, o que gera o preconceito que permanece até os dias de hoje (Prompt, 2008).

Apesar de ser associado a um histórico malsucedido, o uso da terra crua, quando feito de forma correta, garante ótimos resultados. Segundo Xaxá (2013), as inovações tecnológicas e científicas que surgiram no último século melhoraram significativamente a construção em terra, principalmente no que diz respeito a sua durabilidade, economia, sustentabilidade e estética.

Como é possível notar nos estudos de Torgal et al. (2009), a construção em terra em países estrangeiros, como França e Inglaterra, vem tomando espaço como alternativa sustentável e de baixo impacto ambiental desde a década de 1970. Baseados nisso, arquitetos têm incorporado cada vez mais estas técnicas construtivas em seus trabalhos, fazendo uso principalmente das alvenarias de tijolo adobe, que consistem em blocos de terra crua fabricados de forma artesanal ou em manufaturas.

O adobe surge como importante opção em edificações de baixo custo, por economizar em transporte, quando a terra adequada se encontra

disponível no próprio local da obra; não requerer mão-de-obra especializada; possuir excelente conforto térmico; e não consumir energia para sua fabricação. O consumo de água para a sua produção é sessenta vezes menor que para a do cimento. Não gera vapores contaminantes e não apresenta perigo na sua manipulação. (Corrêa et al., 2006).

Mas apesar de todas as vantagens em se construir com o tijolo de terra crua, é importante frisar que este método ainda tem carência de normas regulamentadoras e os conhecimentos científicos para os mesmos ainda estão sendo estudados. Como afirma Varum et al. (2005), uma grande dificuldade para os técnicos está na falta de conhecimento acerca do comportamento mecânico do adobe e das paredes de adobe, impedindo uma garantia científica e comprovada da eficácia da técnica, o que influencia ainda mais o preconceito sobre a construção com terra.

Como aferido em um estudo de Cuadra et al. (2012) "a deterioração da estrutura é causada pela ação da umidade que afeta as construções de terra", isso ocorre devido ao alto teor de argila e a falta de agente aglutinante na mistura. Porém, este não é um motivo determinante para não utilizar os adobes, visto que o problema da água pode ser resolvido por inclusão de estabilizantes ou impermeabilização externa das alvenarias.

Protegendo a alvenaria de adobe contra a umidade, resta verificar seu comportamento em relação ao quanto de esforços, principalmente verticais, a mesma deve resistir. Nesse quesito, existem trabalhos que já apresentam resultados, como na pesquisa de Varum et al. (2008), em que os testes de resistência à compressão realizados sobre carotes de casas e muros de adobe resultaram em valores entre 0,72 e 2,15 MPa. Comprovando, dependendo da produção e impermeabilização dos adobes, que resultados aceitáveis e aplicáveis podem ser obtidos.

Diante disso, o trabalho seguinte analisa a eficiência da aplicação deste tipo de construção em algumas obras de diferentes cidades cearenses onde o adobe já foi utilizado no levantamento de paredes, fazendo uma avaliação da composição de cada solo, assim como o comportamento mecânico dos blocos.

A produção dos blocos de solo é feita de diferentes formas e segue alguns padrões distintos dependendo da região e tipo de solo. Por exemplo, Bouth (2005), descreve que, de forma geral, o bloco tradicional do adobe é 10cm x 14cm x 4cm e sua mistura ideal é de aproximadamente 20% de argila e 80% de areia. Já o antigo manual internacional de Sidibe (1985), sugere blocos com forma de 25,4cm x 35,6cm x 10,2cm e uma mistura ideal de 55 a 75% de areia e 25 a 45% de silte e argila.

São diversos os tipos de blocos de adobe fabricados e variam pelos motivos anteriormente citados, mas com o conhecimento de diversas gerações, alguns padrões são adotados para a produção.

Antes da produção dos blocos, é importante verificar se o solo disponível é realmente viável para a produção da técnica aqui referida, pois como afirma González (2006), durante o projeto de construção em terra é preciso realizar a identificação do solo e adequá-lo a uma técnica construtiva a qual esteja em conformidade. Solos pedregosos e simplesmente arenosos, por exemplo, não devem ser usados para este tipo de construção.

2 MATERIAL E MÉTODOS

De modo realizar uma avaliação precisa e abrangente, no que diz respeito à análise de caracterização e relação com os ensaios de resistência a compressão dos solos usados para a produção de adobes no Ceará foram recolhidos solos de quatro cidades onde a tecnologia foi aplicada em obras tradicionais e modernas. Estas cidades são; Eusébio, na região metropolitana; Jijoca, na região litorânea; Maranguape e Ibiapina, na região serrana. A localização das cidades pode ser vista no mapa da Figura 1.

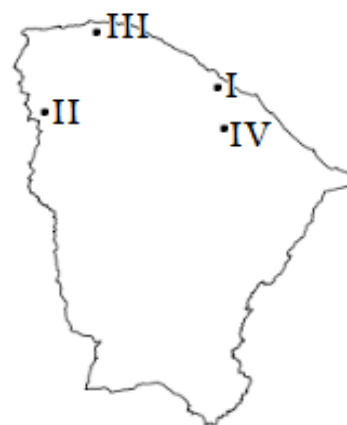


Figura 1. Mapa do Ceará. Cidades das amostras: I – Eusébio; II – Ibiapina; III – Jijoca; IV – Maranguape.

Obtidos os solos das quatro cidades, estes foram separados em duas porções, uma parte para os ensaios de caracterização e outra para confecção dos tijolos adobe e posteriores testes de resistência à compressão.

Os ensaios e a produção dos adobes foram realizados nas dependências do Instituto Federal do Ceará - Campus Fortaleza. Principalmente no laboratório de Mecânica dos Solos, onde os laboratoristas e auxiliares ajudaram na realização dos testes.

Da parte destinada aos ensaios de caracterização dos solos, as três amostras foram secas ao ar até a umidade higroscópica e em seguida selecionadas como exigido na norma de preparação de amostras.

Em seguida, o material foi levado ao laboratório e dividido nas partes exigidas para os ensaios de caracterização que foram realizados. São estes: umidade higroscópica; granulometria por peneiramento e por sedimentação; limite de liquidez e limite de plasticidade; e densidade real.

Todos os ensaios foram realizados de acordo com as normas regulamentadas em vigência, a seguir:

- DNER – ME 080/94 – Solos – Análise Granulométrica por Peneiramento;
- DNER – ME 122/94 – Solos – Determinação do Limite de Liquidez;
- DNER – ME 082/94 - Solos – Determinação do Limite de Plasticidade;
- DNER – ME 093/94 – Solos – Determinação da Densidade Real.

Para a fabricação dos blocos de adobe, foi realizada uma oficina de produção de blocos com um profissional experiente no ramo. Sob a supervisão do mesmo, os solos foram postos em lonas plásticas e lisas, sendo gradativamente molhados e homogeneizados de forma artesanal até atingir consistência plástica suficiente para aplicação na fôrma, de acordo com a Figura 2.



Figura 2. Preparação do solo para fabricação dos tijolos de adobe.

Após atingir a consistência ideal, o solo foi inserido sobre a forma de madeira (já umedecida para auxiliar no processo de desforma) em cerca de três camadas que após realizadas foram compactadas para garantir a firmeza dos blocos. Finalizou-se o processo de fabricação de cada bloco regularizando a superfície do mesmo e retirando a fôrma.

A fôrma escolhida tem dimensões iguais as das formas usadas nas obras onde foram aplicadas, e por isso usou-se a mesma neste trabalho, a qual executou-se blocos com 16 cm de comprimento por 28 cm de largura e 9 cm de altura.

Os blocos ficaram em repouso por três dias para secar e depois foram colocados de lado em superfícies planas sem desnível até estarem secos os suficientes para serem movidos e preparados para os testes de carga. Essa preparação consistiu em serrar os blocos em partes cúbicas para em seguida capear a superfície dos mesmos com argamassa, de modo a proporcionar uma superfície plana para a realização do ensaio de resistência, como pode ser visto na Figura 3.

Para as amostras obtidas dos solos de Eusébio, Ibiapina e Jijoca foram escolhidas três para os testes de carga feitos na prensa hidráulica.



Figura 3. Blocos cerrados e capeados.

Para a análise dos resultados obtidos após os ensaios foram utilizadas as seguintes literaturas de apoio: a NBR 7170 - Tijolo maciço cerâmico para alvenaria, como parâmetro para os resultados dos testes de carga; *Earth construction: a comprehensive guide*, Houben e Guillaud (1994), para os resultados referentes aos limites de liquidez, limite de plasticidade e índice de plasticidade; e *Understanding Adobe*, Sibide (1985), como parametrização dos resultados de granulometria.

3 RESULTADOS

A seguir estão as tabelas com os resultados obtidos dos ensaios de caracterização dos solos, apresentando os valores referentes aos limites de Atteberg, densidade real, umidade higroscópica e granulometria para o solo coletado de cada região.

Os resultados de limite de plasticidade e de liquidez não foram obtidos para o solo de Jijoca, pois não foi possível realizá-los diante da granulometria mais arenosa apresentada pelo mesmo. A Tabela 1 a seguir traz os valores obtidos para Limites de Liquidez, Plasticidade e o Índice de Plasticidade cada amostra de solo.

Tabela 1. Resultados para ensaios LL, LP e IP.

SOLO	LL (%)	LP (%)	IP (%)
Eusébio	28	21	7
Ibiapina	21	17	4
Maranguape	34	21	13
Jijoca	Não plástico e Não líquido		0
Parâmetro*	31-50%	16-33%	5%-17%

*(Houben & Guillaud, 1994)

Quanto aos valores de densidade real dos grãos dos solos em estudo, encontrou-se os seguintes resultados como pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados de Densidade Real.

AMOSTRAS	DENSIDADE REAL
Eusébio	2,429
Ibiapina	2,542
Maranguape	2,493
Jijoca	2,577

Os ensaios de granulometria resultaram nos seguintes valores percentuais de areia e finos, apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados de Granulometria.

AMOSTRAS/ PARÂMETRO	AREIA (%)	SILTE E ARGILA (%)
Eusébio	45	55
Ibiapina	55	45
Maranguape	42	58
Jijoca	66	34
Parâmetro*	55% - 75%	25% - 45%

*Sidibe (1985)

A seguir, na Tabela 4, estão apresentados os valores obtidos pelo teste de carga realizado na prensa hidráulica, através de três corpos de prova de solo de cada região.

Tabela 4. Resultados de Resistência à Compressão.

SOLO	CP1 (MPa)	CP2 (MPa)	CP3 (MPa)	Média (MPa)
Eusébio	1,68	1,60	1,70	1,62
Ibiapina	1,50	2,00	1,39	1,63
Maranguape	1,89	1,51	1,94	1,65
Jijoca	1,12	1,61	1,81	1,65
Jijoca	1,56	1,22	1,18	1,32
Parâmetro*	-	-	-	1,50

* NBR 7170

4 DISCUSSÃO

Diante dos resultados encontrados de limites de consistência para as amostras de solos coletadas, pode-se verificar que estes valores são correspondentes a quantidade de finos presentes nos solos estudados. Ou seja, quanto maior a percentagem de finos, maior foi o Índice de Plasticidade, característica atribuída a solos coesivos. Quando observados os índices de plasticidade apontados por Houben & Guillaud (1994) verifica-se que o solo de Jijoca

está fora do esperado, o solo de Ibiapina muito próximo ao ideal e os solos do Eusébio e Maranguape estão dentro do índice estipulado.

Quanto à granulometria, as amostras de Ibiapina e Jijoca se mostraram favoráveis para a fabricação dos tijolos de adobe, segundo critério de percentagem granulométrica de Sidibe (1985). Já as amostras coletadas em Eusébio e Maranguape necessitariam de correção granulométrica a fim de enquadrá-las nos critérios de percentagens de areia e finos sugerido, já supracitado na Tabela 3.

Em relação aos valores de Resistência à Compressão, pode-se observar que os tijolos moldados com solo de Maranguape, com maior quantidade de finos, apresentaram uma maior resistência à compressão simples. Em contrapartida, os tijolos com solo de Jijoca, com menor percentagem de finos em relação às outras amostras, se mostrou menos resistente. Esses valores são bem próximos aos encontrados na literatura, onde Motta *et al* (2004, *apud* Abreu 2009) relata ter encontrado resultados de resistência à compressão de até 2,08 MPa. Enquanto Silva (2007, *apud* Abreu 2009) encontrou valores na ordem de 1,4 MPa.

Diante dos resultados de resistência encontrados, pode-se afirmar que os tijolos de Eusébio, Ibiapina e Maranguape podem ser aplicados em alvenaria, tomando por base a norma de Tijolo Maciço Cerâmico para Alvenaria, NBR 7170. Essa exige uma resistência à compressão mínima de 1,5 MPa, apresentada por aquelas amostras. Entretanto, os tijolos com o solo de Jijoca apresentaram valores médios de 1,32 MPa, portanto abaixo da resistência exigida.

5 CONCLUSÃO

Os solos ensaiados, de forma generalizada, apresentaram granulometria que justifica sua utilização na construção, pois têm percentagens significativas de material siltoso ou argiloso, conferindo boa elasticidade e plasticidade para a produção de blocos adobe. Além disso, nenhuma das amostras apresentou material gráudo significativo, o que confere a possibilidade de utilização dos solos retirados

diretamente da natureza, sem necessidade de peneiramento.

O solo retirado de Jijoca foi o que apresentou maior quantidade material arenoso, o que é previsível, visto que se trata de uma região litorânea, com este aspecto, o mesmo apresentou menor maleabilidade para aplicação na construção de blocos adobe, mas ainda assim, mostrou-se possível de se aplicar, sendo aconselhada a correção granulométrica para aumentar seu desempenho de resistência.

Tratando-se dos testes mecânicos, os blocos produzidos com solos de Ibiapina, Maranguape e Eusébio apresentaram média de resistência a compressão maior que 1,5 MPa, estando aprovados segundo as normas vigentes para utilização em alvenaria. Já os blocos de Jijoca não foram aprovados segundo a norma, mas apresentaram valores significativos.

Após a análise dos solos já usados em obras, é possível afirmar a eficácia do uso de tijolos de terra crua para o levantamento de parede de acordo com os resultados obtidos. Mesmo sem a queima, os adobes apresentaram, em sua maioria, resultados dentro dos padrões normativos atuais, e comparando os tipos de solos ensaiados, também foi possível perceber a importância de um maior teor de material fino para melhores resultados de resistência mecânica.

AGRADECIMENTOS

Ao estudante técnico em edificações Jean Carlos pelo auxílio com os ensaios; aos bioconstrutores Marco George e Luiz Torres pelo auxílio na obtenção das amostras de Eusébio e Jijoca; e ao Mestre de Obras José Augusto pela disposição na oficina de produção dos adobes. Ao Laboratório de Mecânica dos Solos e Asfaltos do Instituto Federal do Ceará, campus Fortaleza, pela disponibilidade do espaço.

REFERÊNCIAS

- ABNT (1983). NBR 7170: *Tijolo Maciço Cerâmico para Alvenaria*. Associação Brasileira De Normas Técnicas, Rio de Janeiro.
- Abreu, L. V. D. M. (2009). *Mapeamento e*

- caracterização das construções em adobe no norte do estado do Ceará*. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade do Ceará.
- Bouth, J. A. C. (2005). *Estudo da Potencialidade da Produção de Tijolos de Adobe Misturado com Outros Materiais – Uma Alternativa de Baixo Custo Para a Construção Civil*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, 82 p.
- Corrêa, A. A. R.; Teixeira, V. H.; Lopes, S. P.; Oliveira, M. S. (2006). *Avaliação das Propriedades Físicas e Mecânicas do Adobe (Tijolo de Terra Crua)*. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, Minas Gerais, v. 30, p. 503 - 515.
- Cuadra, C. H.; Saito, T.; Zavala, C. (2012). *Dynamic Characteristics of Traditional Adobe-Quincha Buildings in Peru*. 15 WCEE, Lisboa, 9 p.
- Houben, H.; H. Guillaud. (1994). *Earth construction: a comprehensive guide*. Intermediate Technology Publications.
- González, F. D. (2006). *Geometrias da Arquitetura de Terra: a Sustentabilidade Geométrica da Construção em Terra*. Universidade Lusíada Editora, Lisboa, p. 203.
- Prompt, C. (2008). *Curso de Bioconstrução*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 64 p.
- Sidibe, B. (1985). *Understanding Adobe*. Volunteers in Technical Assistance (VITA), Virginia, EUA, 30p.
- Torgal, F. P.; Eires, R. M. G.; Jalali, S. (2009). *Construção em Terra*. Universidade do Minho, Portugal.
- Varum, H.; Martins, T.; Velosa, A. (2005). *Caracterização do Adobe em Construções Existentes na Região de Aveiro*. Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.
- Varum, H.; Costa, A.; Pereira, H.; Almeida, J.; Rodrigues, H. (2008). *Caracterização do Comportamento Estrutural de Paredes de Alvenaria de Adobe*. Revista da Associação Portuguesa de Análise Experimental de Tensões, Mecânica Experimental, v. 15, p. 23 - 32.
- Xaxá, M. S. S. (2013). *Construção com Terra Crua: Bloco Mattone*. Tese de Monografia, Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, Rio Grande do Norte, 44 p.