PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO

Analice Lima de Carvalho

Análise do Efeito da Estabilização Mecânica e Física em Matrizes de Terra

Orientador: Khosrow Ghavami

Relatório Final de Iniciação Científica

Rio de Janeiro

Julho de 2011

Departamento de Engenharia Civil

Análise do Efeito da Estabilização Mecânica e Física em Matrizes de Terra

Aluna: Analice Lima de Carvalho
Orientador: Khosrow Ghavami

I. Resumo

O setor da construção civil está longe de ser sustentável. Os materiais mais utilizados atualmente são o cimento, o aço e os tijolos e revestimentos cerâmicos – elementos que consomem muita energia, liberam gás carbônico em seus processos de produção e também possuem um alto valor agregado. Além disso, o desperdício e a disposição dos rejeitos oriundos das construções tradicionais são um problema, pois são de difícil re-incorporação na natureza. Visando reverter este quadro, muitos pesquisadores vêm desenvolvendo materiais e tecnologias de construção inovadores, que não agridam o meio ambiente e que sejam acessíveis à população de baixa renda; um exemplo disto são as construções com terra crua. A prática de construir com terra, largamente empregada no passado, foi substituída por técnicas que aplicam materiais convencionais. As vantagens em utilizar solo para construir são muitas, pois, além de ser um material ecologicamente correto, apresenta benefícios à saúde humana, tais como o conforto térmico e a manutenção da umidade do ambiente.

Antes de ser utilizada, porém, a terra precisa ser estabilizada para que suas propriedades sejam otimizadas. Este trabalho aborda a estabilização física de um solo através da variação do seu teor de argila, e mecânica, por meio da compactação. Foram avaliados quatro solos, com teores de argila variando de 38%, 47%, 57% e 66%.

II. Sumário

I. Resumo 01

III. Sumário 03

1. Introdução 04

2. Objetivo 05

3. Revisão Bibliográfica 05

3.1. História e Relevância 05

3.2. Materiais Convencionais e Sustentabilidade 07

3.3. Solo aplicado como material de construção 09

3.3.1. Solo: definição e classificação 09

3.3.1.1. Argila: definição e importância 10

3.3.2. Estabilização do Solo 11

3.3.2.1. Estabilização Física 11

3.3.2.2. Estabilização Mecânica 12

4. Metodologia Experimental 13

4.1. Características físicas, químicas e mineralógicas dos solos 13

4.2. Preparação e ensaio dos corpos de prova 13

4.3. Nomenclatura dos corpos de prova 15

5. Resultados e discussão 15

5.1. Ensaios de Compactação 15

5.2. Influência do Teor de Argila 16

6. Referências Bibliográficas 18

6.1. Referências Digitais 19

1. Introdução

O planeta hoje enfrenta problemas ambientais muito graves, jamais previstos pelas gerações anteriores. Como exemplo destes problemas, está o efeito estufa, que causa o aquecimento gradativo do planeta. Dentre os principais causadores desta anormalidade, está o excesso de gás carbônico (CO_2) na atmosfera, provocado pela industrialização excessiva das últimas décadas (BARBOSA, 2005). O CO_2, por sua vez, pode ser emitido de várias fontes diferentes; uma delas a indústria de materiais de construção, onde o processo de produção de itens como o aço e o cimento, por exemplo, emite grandes quantidades do gás, além de consumir altos níveis de energia. Outro problema intensificado pelo uso de materiais convencionais é o desmatamento, uma vez que a fabricação de tijolos cerâmicos, feita em olarias muitas vezes clandestinas, utiliza vegetação local como combustível para atingir as altas temperaturas necessárias à produção. Os materiais industrializados, além das desvantagens já mencionadas, apresentam ainda um alto custo para o consumidor final sendo inacessível para grande parte da população. De acordo com Pinto (2008), uma parcela significativa da população de baixa renda fica à margem do mercado imobiliário legal, não tendo alternativa senão buscar formas irregulares de habitação e ocupação do solo.

Segundo dados da Fundação João Pinheiro (2007), o déficit habitacional no Brasil é estimado em 6,3 milhões de domicílios, e é predominante nas áreas urbanas. Além disso, a desigualdade social que assola o país é profunda e torna o desafio de sanar esta demanda ainda maior. Encontrar alternativas que permitam à população de baixo poder aquisitivo morar com dignidade, é extremamente urgente para diminuir o abismo existente entre ricos e pobres no país.

Diante da necessidade de minimizar os impactos ambientais e de oferecer opções de materiais economicamente acessíveis à população de baixa renda, tem-se pesquisado materiais de construção inovadores, que atendam a estas condições. Um exemplo de material ecológico e econômico é a terra, que já foi muito utilizada no passado, mas que hoje foi substituída pelos materiais convencionais.

A terra apresenta inúmeras vantagens quando aplicada como material de construção, sendo benéfica à saúde de quem habita em construções feitas com ela, além de ser encontrada na natureza em grande abundância. Outro ponto importante é que o solo, quando utilizado em seu estado natural (sem queima), pode ser facilmente re-incorporado ao meio ambiente, se houver a necessidade de descarte. Convém mencionar que, antes de ser utilizado para esta finalidade, o solo precisa ser estabilizado, processo que melhora as propriedades mecânicas e físicas do material.

Neste presente trabalho será abordada a estabilização mecânica, através da compactação, além da física, através da variação granulométrica (38, 47, 57 e 66% de argila).

2. Objetivo

Estabelecer um traço ótimo de argila, silte, areia e água, tomando a argila como material de referência, e avaliar seu desempenho quando aplicado à confecção dos Blocos de Terra Comprimida (BTC). A concentração da fração argilosa será variável (70, 60, 50 e 40%).

3. Revisão Bibliográfica

3.1 História e Relevância

Utilizar terra crua como material de construção não é uma prática recente para a humanidade. Há aproximadamente 10 mil anos, com o advento da agricultura, o homem passou a construir suas moradias com materiais disponíveis na natureza como a terra (BARBOSA E GHAVAMI, 2007). Há construções feitas em terra em todos os continentes - ainda hoje, estima-se que um terço da população mundial ainda habite em casas de terra (BARBOSA, 2005). Na Europa, por exemplo, a terra foi utilizada em diversos lugares, incluindo até mesmo aqueles com grandes índices de pluviosidade como Alemanha, França, Suécia, Noruega e Dinamarca (PINTO, 2008). Há inúmeros exemplos de

construções milenares com terra em todo mundo, a figura 1mostra as cidades de Bam e Yazd, ambas no Irã.

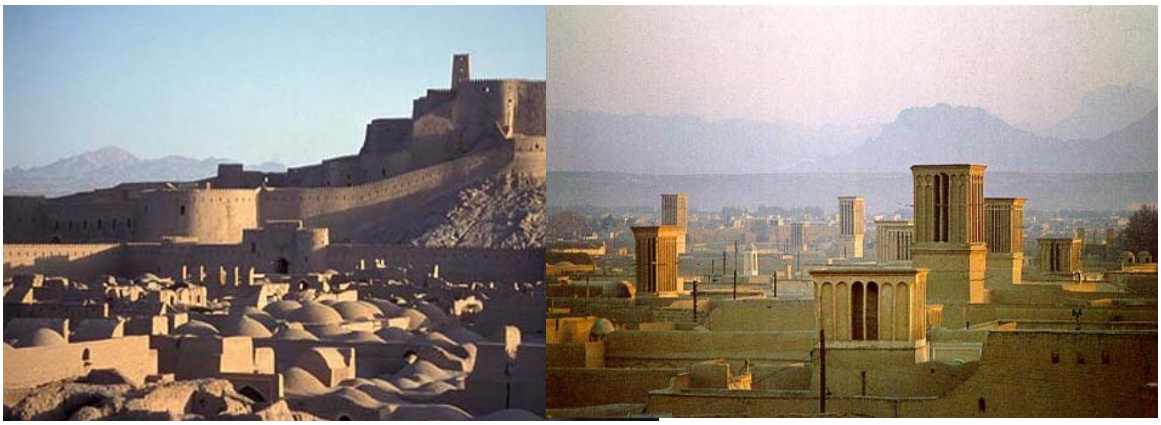

Figura 1: Cidades construídas com terra crua no Irã. Bam (à esquerda), antes do terremoto e Yazd (à direita). (BARBOSA E GHAVAMI, 2007).

A figura 2 mostra dois exemplos de arquitetura moderna em terra, que provam que este material pode ser utilizado por todas as classes sociais.

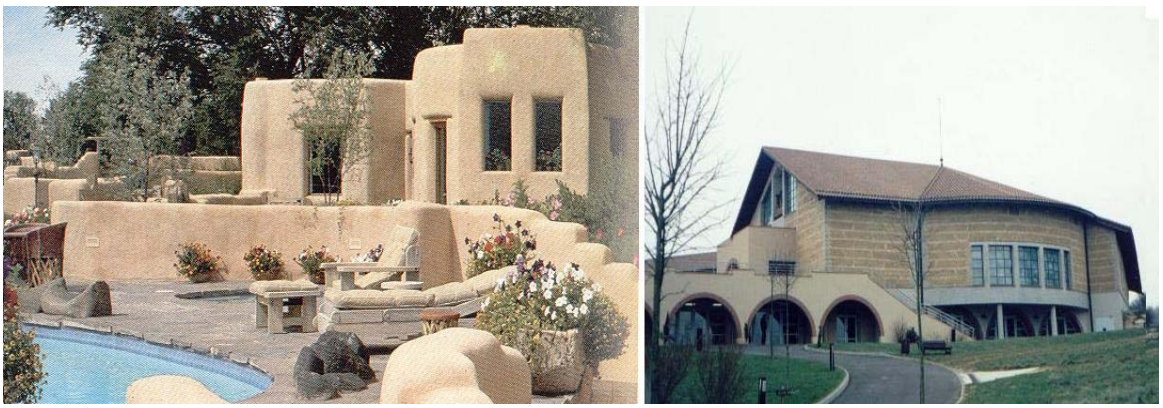

Figura 2: Construção moderna em terra batida nos EUA e igreja de BTC na França (BARBOSA E GHAVAMI, 2007).

No Brasil, a tecnologia de construção com terra foi trazida pelos colonizadores portugueses e exemplos de construções em terra crua permanecem erguidos até os dias de hoje, como a casa feita em adobe em Nova Era, Minas Gerais, conforme demonstrada na figura 3. Estas são provas incontestáveis da qualidade e da durabilidade do material terra, quando bem empregado.

Figura 3: Casa feita em adobe – Nova Era, Minas Gerais

Mesmo com tantas evidências de sua qualidade, a utilização da terra como material de construção foi drasticamente diminuída com intensificação do uso de materiais industrializados, os chamados materiais convencionais. Entre eles, destacam-se o cimento, o aço e os materiais cerâmicos.

3.2
Materiais convencionais e sustentabilidade

Os materiais industrializados surgiram com a revolução industrial no século dezessete e, com o passar do tempo e a intensa publicidade, passaram a ser sinônimo de progresso e status (BARBOSA, 2005). A grande questão em utilizá-los tão maciçamente está nas conseqüências que a fabricação e emprego destes materiais trazem.

O cimento tem um volume produzido nacionalmente que cresce ao longo dos anos, passando de 25 toneladas anuais no início da década de 80 para 40 milhões na virada do século. A indústria de cimento apresenta elevado potencial poluidor, em todas as etapas de processo há fontes de poluição. Os poluentes primários emitidos no processo de fabricação de cimento são: material particulado, dióxido de carbono (CO_2), óxidos e enxofre e óxidos de nitrogênio (SANTI, 2004).

De acordo com Pinto (2008), o aumento de gás carbônico (CO_2), na atmosfera acarreta no fenômeno conhecido como “efeito estufa”. Este fenômeno traz conseqüências

ao planeta que podem ser vistas na atualidade como a lenta elevação dos níveis dos mares, provocado pelo derretimento das geleiras e aumento da temperatura dos oceanos; alterações das correntes marítimas, propiciando mudanças climáticas drásticas em muitas regiões; alterações significativas na pluviosidade em diversas áreas continentais e; incremento da freqüência e da intensidade das tempestades tropicais, incluindo furacões, ciclones, e outros.

Além disso, parte considerável da população não tem acesso à moradia de qualidade, problema agravado pelo alto custo dos materiais de construção convencionais. O déficit habitacional no Brasil é estimado em 6,3 milhões de domicílios (Fundação João Pinheiro, 2007). Sanar esta carência torna-se extremamente difícil diante dos preços dos materiais industrializados, o que contribui para aumentar o a desigualdade social no país. Surge então a necessidade urgente de desenvolver alternativas de baixo custo, que sejam acessíveis à população de pouco poder aquisitivo e que, ao mesmo tempo, sejam não sejam agressivas ao meio ambiente, promovendo um desenvolvimento sustentável.

Como desenvolvimento sustentável, define-se um modelo econômico, político, social, cultural e ambiental equilibrado, que satisfaça as necessidades das gerações atuais, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazer suas próprias necessidades.

O modelo atual é ecologicamente predatório na utilização dos recursos naturais e socialmente perverso com geração de pobreza e extrema desigualdade social (CATALISA, 2011). Os materiais convencionais fazem parte deste modelo e contribuem para esta realidade.

A pesquisa de materiais inovadores vem sendo feita por muitos pesquisadores nas ultimas três décadas. Um exemplo de material ecológico e econômico é a terra. Este material aplicado às construções apresenta incontáveis benefícios, se comparado aos convencionais. Ela não é perigosa no manuseio e não contamina o meio ambiente em qualquer uma das fases (extração, transporte, preparação, instalação e manutenção), pois não elimina gases e não gera nenhum tipo de poluente. Como pode ser extraída do próprio local onde se deseja construir, economiza-se tempo e dinheiro, pois não precisa ser transportado. Certos materiais industrializados duplicam o seu custo quando são transportados por uma distância de apenas 100 km (SALGADO, 2010). Somando-se estas

características, os resultados levam a um menor custo construtivo, que pode ajudar a reduzir o déficit habitacional em países em desenvolvimento, e ainda possibilitam o desenvolvimento sustentável, tão incentivado hoje em consequência do aquecimento global (BARBOSA, 2005).

3.3
Solo aplicado como material de construção

A utilização do solo nas construções tem uma série de vantagens sociais, culturais, técnicas e econômicas. Além do seu histórico de bom desempenho ao longo dos vários séculos de uso e dos benefícios já citados, há inúmeras outras vantagens em utilizar a terra como material de construção, dentre as quais se destacam a disponibilidade na natureza, as propriedades térmicas superiores, a manutenção da umidade do ambiente, a geração mínima de resíduos e baixo consumo energético, a fácil re-incorporação na natureza e a possibilidade de rápida aprendizagem das técnicas por mão-de-obra não qualificada (BARBOSA, 2005).

3.3.1
Solo: definição e classificação

Segundo Neves et al. (2009), o solo é definido como material da crosta terrestre proveniente da decomposição de rochas, constituído por elementos minerais e/ou orgânicos, que dependem da composição química e mineralógica da rocha de origem, das características do relevo, dos diferentes climas e do tempo de exposição às intempéries.

> "As mais importantes propriedades do solo para uso na construção são: composição granulométrica, plasticidade, retração, umidade e grau de compactação (durante a sua execução). Por meio de procedimentos simples de laboratório, é possível conhecer a granulometria de determinado solo e aferir sobre a sua adequabilidade para a construção." (SALGADO, 2010).

Sabe-se que o solo é constituído basicamente por partículas que podem ser agrupadas de acordo com as dimensões dos grãos. Cada faixa de dimensões apresenta características próprias que indicam seu comportamento como material de construção. As partículas contidas em determinada faixa são classificadas como pedregulho, areia, silte e argila (NEVES et al, 2009). A análise granulométrica é um procedimento através do qual se

determina a faixa de tamanhos das partículas presentes no solo. Dependendo do tamanho de grãos predominantes o solo pode ser classificado como arenoso, siltoso ou argiloso.

3.3.1.1
Argila: definição e importância

Os minerais de argila são responsáveis por fornecer a propriedade plástica ao solo. Estes minerais são um produto do intemperismo químico do feldspato, de minerais magnesianos e de micas, são compostos por duas unidades básicas: tetraedro de sílica e octaedro de alumina, que ao se combinarem formam lâminas, resultando na estrutura lamelar das argilas (DAS, 2007).

Existem três tipos principais de argilominerais encontrados na natureza. Em função de cada tipo, a ligação entre lamelas pode variar de fraca a forte, permitindo ou não a penetração de água (BARBOSA E GHAVAMI, 2007).

• caulinita (praticamente estável em contato com a água e não apresenta expansão significativa);

• ilita (instável em contato com a água e um pouco expansiva);

• montmorilonita (água penetra facilmente, tornando-a instável em contato com a água; apresenta uma expansão remarcável e não deve ser utilizada na construção civil).

A figura 4 ilustra as estruturas dos principais argilominerais, indicando o espaçamento entre as lâminas de sílica, responsável pela maior ou menor absorção de água.

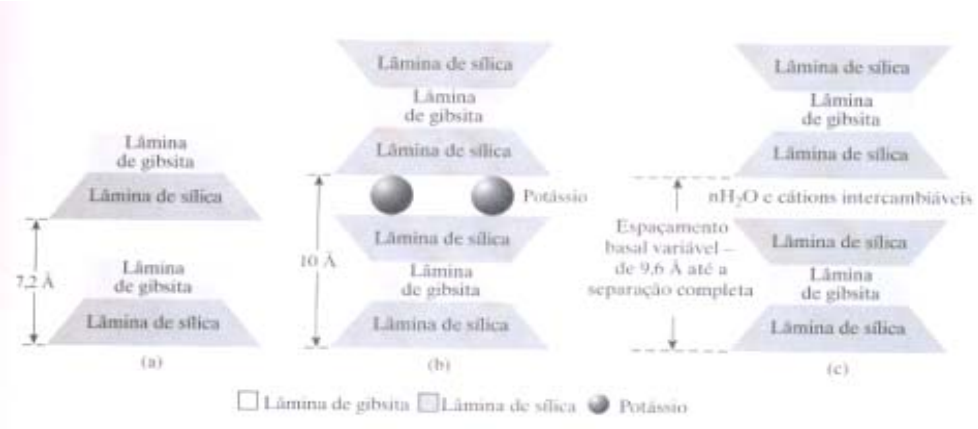

Figura 4: Diagrama das estruturas de (a) caulinita; (b) ilita; (c) montmorilonita (DAS, 2007).

Por ser quimicamente ativa, a argila age como um ligante para todas as partículas maiores no solo (assim como faz o cimento no concreto), dando coesão a este solo. Por apresentar este comportamento, o presente trabalho se justifica. A fração argilosa do solo estudado variou de 38 a 66% e a influência sob este comportamento mecânico foi avaliado.

3.3.2
Estabilização do solo

Antes de ser aplicado às construções, o solo necessita passar por um processo de estabilização. Conforme explica Neves et al (2009), neste processo o solo melhora suas características, adquirindo assim as propriedades necessárias ao fim a que se destina. Como exemplo, é possível citar a adição de asfalto natural ou palha na produção de adobes, para diminuir a permeabilidade ou reduzir a retração, que é uma prática milenar. O adensamento, por compactação ou prensagem, a mistura com outros solos para melhorar suas características granulométricas (denominada estabilização granulométrica) e a adição de aglomerantes são tipos de estabilizações muito utilizadas. As duas principais razões para o emprego da estabilização são: melhorar a durabilidade sob ação da água e aumentar sua resistência às ações mecânicas.

3.3.2.1
Estabilização Física

Segundo Pinto (2008), neste tipo de estabilização as propriedades do solo são modificadas, alterando-se a sua textura. Existem algumas técnicas de estabilização física do solo, dentre as quais é possível citar a correção granulométrica ou a adição de fibras (metálicas, minerais, sintéticas ou vegetais) (PINTO, 2008).

A correção granulométrica é feita quando se deseja, por algum motivo específico, alterar a distribuição das partículas do solo. Segundo Barbosa et al. (2002), o teor de cada fração é relevante. O autor ainda recomenda que para os solos utilizados na confecção de blocos prensados, a faixa desejável de cada tamanho: 10 a 20 % de argila, 10 a 20 % de silte e 50 a 70 % de areia.

3.3.2.2
Estabilização Mecânica

A estabilização mecânica consiste em aplicar uma carga ao solo, compactando-o. De acordo com Spence e Cook (1983), a finalidade da compactação é elevar a densidade do solo, aumentando ao mesmo tempo a sua resistência. Para que a compactação atinja melhores resultados, solos que possuam grãos de variados tamanhos e com uma pequena quantidade de argila são preferíveis. Os autores afirmam ainda que as melhores técnicas de construção com solo são aquelas nas quais a compactação é utilizada, mas para resultados ainda melhores, tal técnica pode ser combinada com a adição de um aglutinante ou um impermeabilizante.

A figura 5 abaixo demonstra a variação da densidade seca máxima e da umidade ótima com o tipo de solo. Solos muito argilosos (Curva C) têm a tendência de possuir as menores densidades secas e as maiores umidades ótimas. No entanto, solos arenosos (Curva B) possuem maiores densidades secas e menores umidades ótimas. Para um mesmo solo, se a energia de compactação aumenta, a curva move-se de A para A', ou seja, a densidade seca aumenta, mantendo-se o valor da umidade ótima.

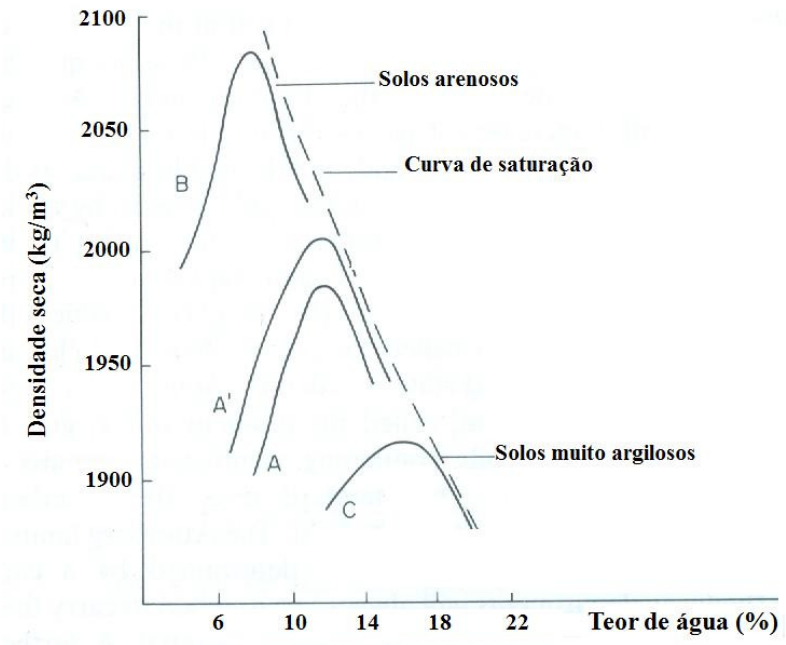

Figura 5: Densidade seca x teor de água (SPENSE E COOK, 1983).

4.
Metodologia Experimental

4.1.
Características físicas, químicas e mineralógicas dos solos

Nesta pesquisa, os ensaios de classificação física dos solos estudados (4 tipos) seguiram os procedimentos adotados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT): NBR 7181/1984; NBR 6459/1984; NBR 7180/1984; NBR 6508/1984, e; NBR 7182/1986. Na tabela 1 abaixo, são apresentadas as características físicas dos solos analisados, onde: LL – Limite de Liquidez; LP – Limite de Plasticidade; IP – Índice de Plasticidade e; G_s – densidade relativa dos grãos.

	Areia	Silte	Argila	LL	LP	IP	G_s
Solo C40	48,8	13,1	38,2	51,5	32,9	18,5	2,66
Solo C50	42,1	10,7	47,2	58,6	35,2	23,4	2,66
Solo C60	29,3	14,0	56,7	53,3	31,5	21,8	2,66
Solo C70	14,4	19,6	66,0	48,7	31,2	17,5	2,66

Tabela 1. Características físicas dos solos estudados, em %.

4.2.
Preparação e ensaio dos corpos de prova

Para a confecção dos corpos de prova, foram utilizados moldes de uso comum para a moldagem de espécimes de argamassa (50 x 100 mm). O solo é compactado a uma velocidade de 65 mm/s, após a extração são levados à câmara climática (22ºC e UR 80%) permanecendo até o dia do ensaio. A densidade dos corpos de prova, assim como a sua umidade de moldagem foram determinadas utilizando o método proposto por Mesbah et al (1999, apud PINTO, 2008), que simula a compactação quase estática aplicada aos Blocos de Terra Comprimida. O ensaio consiste em compactar o solo em moldes cilíndricos de volume conhecido, variando-se a quantidade de água. Para as diferentes umidades, determina-se a densidade seca (ρ_d) e plota-se a curva de ρ_d versus w. A umidade ótima (w_{ot}), correspondente à máxima densidade seca (ρ_{dmax}), foi utilizada na composição dos corpos de prova. O equipamento para fazer este ensaio foi uma máquina de ensaios, marca

EMIC, com capacidade de carga de 30 KN. A figura 6 mostra o conjunto molde + guia utilizado, assim como a máquina onde foram compactados os corpos de prova.

Figura 6: Conjunto molde + guia (à esquerda) e máquina de ensaios universais utilizada (à direita).

Os ensaios mecânicos realizados foram o de compressão simples e compressão diametral, segundo regulamenta a ABNT (1994b, 1994c). Foi utilizada uma máquina de ensaios, marca EMIC, com aquisição automática dos dados de cargas e deslocamento. A velocidade de ensaios do ensaio de compressão simples é de 0,02 mm/s e a do ensaio de compressão diametral é de 0,002mm/s. A figura 7 ilustra os ensaios realizados.

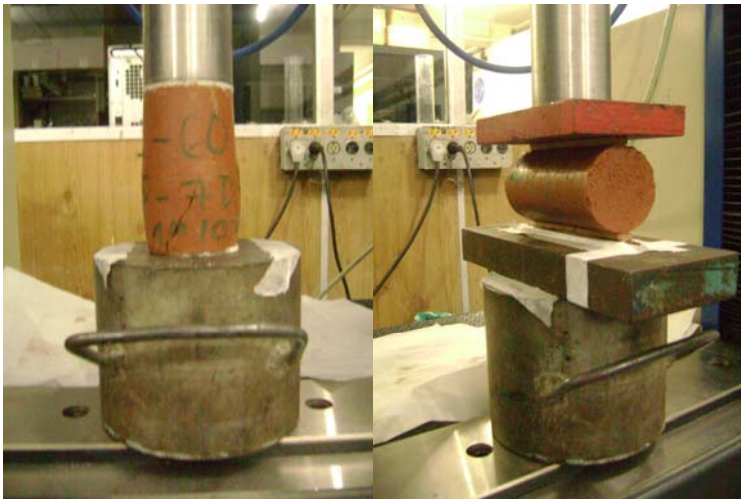

Figura 7: Ensaio de compressão simples (à esquerda) e ensaio de compressão diametral (à direita).

4.3.
Nomenclatura dos solos e corpos de prova

O solos foram nomeados seguindo a porcentagem de argila que se chegou com as alterações granulométricas: C38, C47, C57 e C66, onde C é representativo de argila.

Os corpos de prova foram nomeados seguindo a seguinte lógica: todos começam pela sua porcentagem de argila C38, 47, 57 ou 66, seguido pelo tempo de cura (sete dias). Um exemplo é C38D7, solo com teor de argila de 38%, ensaiado aos sete dias.

5.
Resultados e Discussões

5.1
Ensaios de Compactação

O solo C38 apresentou massa específica seca máxima (ρ_{dmax}) de 1,65 g/cm³ e umidade ótima (w_{ot}) de 23%. O solo C47 apresentou massa específica seca máxima (ρ_{dmax}) de 1,60 g/cm³ e umidade ótima (w_{ot}) de 26%. O solo C57 apresentou massa específica seca máxima (ρ_{dmax}) de 1,55 g/cm³ e umidade ótima (w_{ot}) de 28%. O solo C66 apresentou massa específica seca máxima (ρ_{dmax}) de 1,45 g/cm³ e umidade ótima (w_{ot}) de 33%. A figura 8 abaixo apresenta as curvas de compactação para os solos estudados.

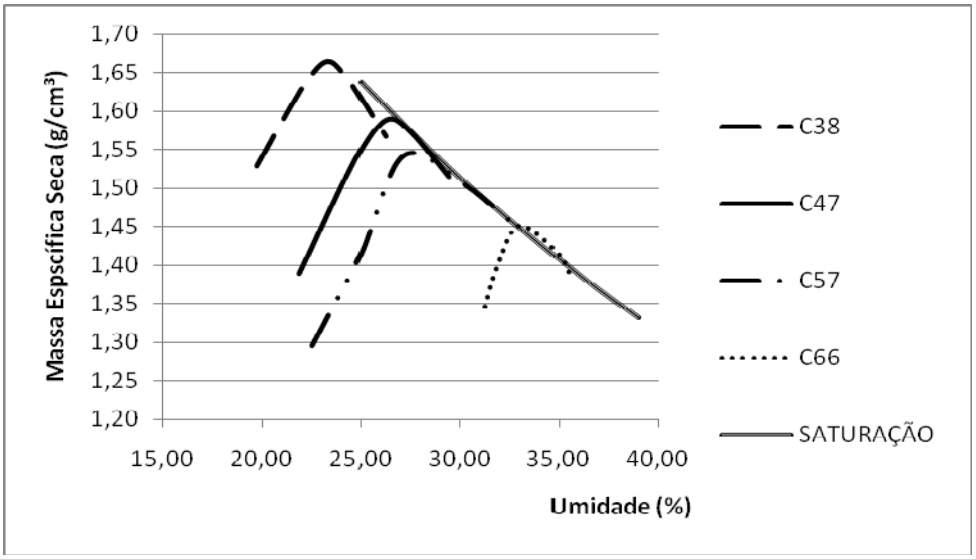

Figura 8: Curvas de compactação para os solos estudados

Conforme esperado, o solo mais argiloso (C66) foi o que apresentou a maior umidade ótima e a menor massa específica seca máxima, enquanto o mais arenoso, (C38), apresentou a maior massa específica seca máxima e a menor umidade ótima dentre os solos estudados.

5.2
Influência do teor de argila

A figura 9 e 10 mostram os diagramas Tensão (MPa) x Deformação (mm) para os solos submetidos à compressão simples e diametral, respectivamente.

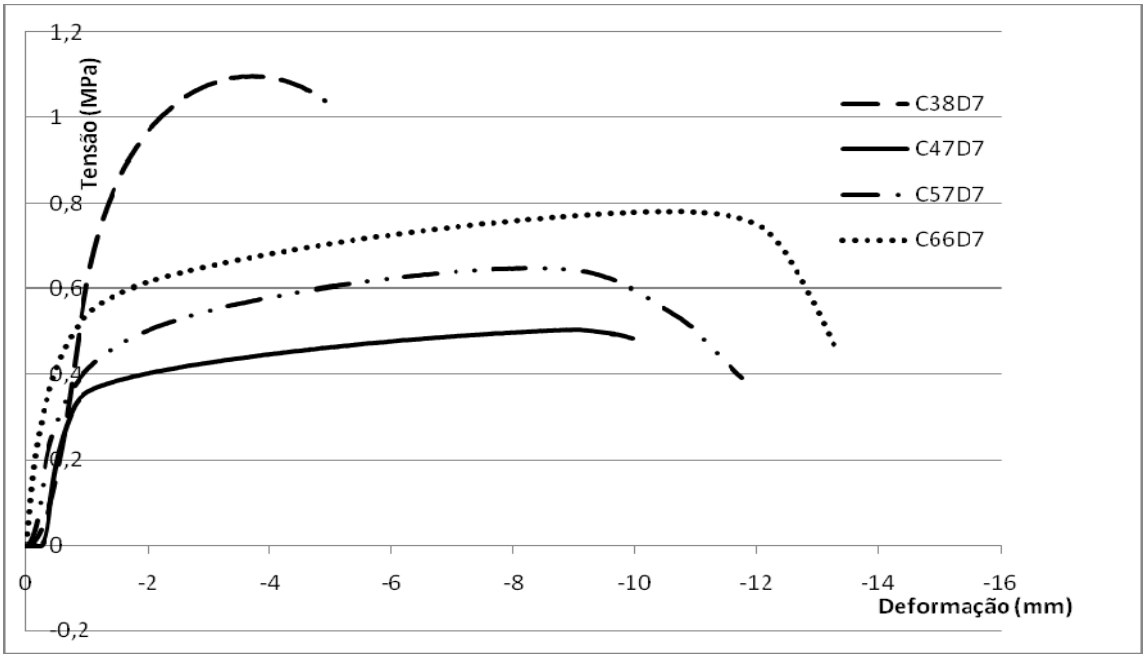

Figura 9. Diagrama Tensão (MPa) x Deformação (mm) para a Compressão Simples

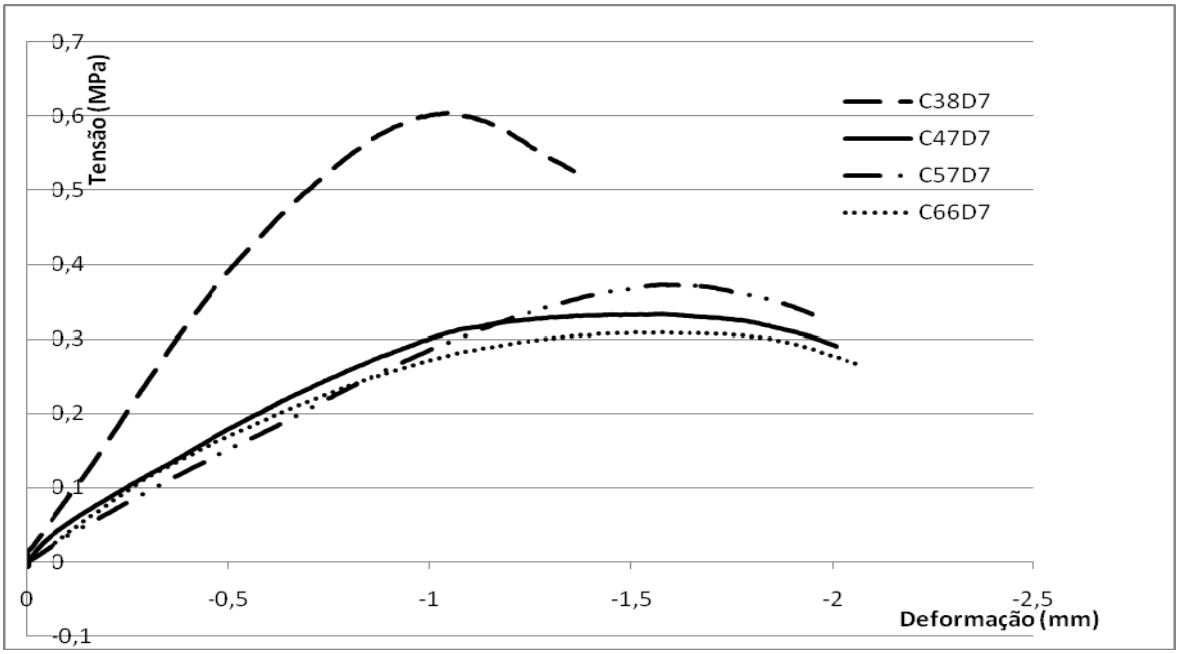

Figura 10. Diagrama Tensão (MPa) x Deformação (mm) para a Compressão Diametral

Foi possível observar, através da análise dos resultados, que o solo com teor de argila de 38% apresentou o melhor resultado submetido à compressão simples, a tabela 2 apresenta os valores das tensões máximas suportadas por cada solo quando submetidos a estes esforços. Para os outros três solos observou-se o aumento da resistência à compressão com o aumento do teor de argila.

SOLO	C38	C47	C57	C66
TENSÃO (MPA)	1,099	0,505	0,648	0,781

Tabela 2. Tensões máximas para os solos submetidos à compressão simples

É notável também que, para os solos com maiores teores de argila, a deformação máxima foi maior. Isto se justifica pelo fato de a argila conferir plasticidade ao solo, assim, quanto maior o teor de argila, maior a deformação correspondente à tensão máxima.

Em relação à resistência à tração (compressão diametral), o solo com teor de argila de 38% também apresentou o melhor resultado. A tabela 3 mostra os valores das tensões máximas que os solos suportam quando submetidos à compressão diametral. Para os outros

três solos, a resistência à compressão diametral não seguiu a mesma ordem da compressão simples, fornecendo o maior valor para o solo C57.

SOLO	C38	C47	C57	C66
TENSÃO (MPA)	0,605	0,334	0,373	0,310

Tabela 3. Tensões máximas para os solos submetidos à compressão diametral

6. Referências bibliográficas

ABNT. **NBR 7181**: Solo: análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1984a. 13 p.

__ . **NBR 6459**: Solo: determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 1984b. 6 p.

__ . **NBR 7180**: Solo: determinação de plasticidade. Rio de Janeiro, 1984c. 3 p.

__ . **NBR 6508**: Solo: determinação da massa específica aparente. Rio de Janeiro, 1984d. 8 p.

__ . **NBR 8492**: Tijolo maciço de solo-cimento - Determinação da resistência à compressão e da absorção d'água. Rio de Janeiro, 1984e. 5 p.

__ . **NBR 7182**: Solo: ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 1986. 10 p.

__ . **NBR 7222**: Argamassa e concreto – Determ. da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 1994c. 3 p.

BARBOSA, N.P., GHAVAMI, K., 2007. *Terra Crua para Edificações*. In: G.C. Isaia. (Org.). Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais. São Paulo: Ibracon, 2007, vol 2.

DAS, B.M., 2007. *Fundamentos de Engenharia Geotécnica.* Thomsom Learning, tradução da 6ª edição norte-americana, São Paulo.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, *Déficit habitacional no Brasil 2007* / Fundação João Pinheiro, Centro de Estatística e Informações. Projeto PNUD-BRA-00/019 - Habitar Brasil – BID - Belo Horizonte, 2007.

PINTO, A.R.A.G., 2008. *Fibras de Carauá e Sisal como Reforço em Matrizes de Solo*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, PUC-Rio, Brasil, 103p.

SALGADO, F. A.,2010. *Análise Macro-mecânica do Comportamento da Terra como Revestimento Externo, com ou sem Reforço de Fibras Vegetais.* Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, PUC-Rio, Brasil, 143 p.

SPENCE, R.J.S E COOK, D.J., 1983. *Building Materials in Developing Countries.* John Wiley & Sons editors., 1ed., New York, 335pp.

6.1. Referências Digitais

BARBOSA, N.P., 2005. *Considerações sobre Materiais de Construção Industrializados e Não Convencionais.* Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana, ABMTENC. Disponível em: http://www.Chacaracolinadosventos.org/res/site54452/res440132_NT000A36D2.pdf. Acessado em 16 de janeiro de 2011.

BARBOSA, N. P.; MATTONE, R.; MESBAH, A., 2002. *Blocos de Concreto de Terra: Uma Opção Interessante Para a Sustentabilidade da Construção.* Biblioteca SEBRAE Online. Disponível em http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/BDS.nsf/AE6EC233B84C285B03256F940051465F/$File/NT000A3516.pdf. Acessado em 20 de maio de 2011.

CATALISA – Rede de Cooperação para a Sustentabilidade, 2011 - *O Conceito de Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável.* Disponível em http://www.catalisa.org.br/site/index.php?option=com_content&view=article&id=30&Itemid=59#. Acessado em 30 de junho de 2011.

NEVES, C. M. M. ; FARIA, O. B. ; ROTONDARO, R. ; SALAS, P. C. ; HOFFMANN, 2009. *Seleção de Solos e Métodos de Controle em Construção com Terra – Práticas de Campo*. Rede Ibero-americana PROTERRA. Disponível em http://www.redproterra.org. Acessado em 22 de maio de 2011.

SANTI. A. M. M., FILHO, A. O. S., 2004. *Combustíveis e riscos ambientais na fabricação de cimento*. II Encontro Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade. Disponível em: www.fem.unicamp.br/.../anppas04_SantiSeva_cimento_RMBH.pdf. Acessado em 03 de maio de 2011.