



## CARACTERIZAÇÃO DE ADOBE ESTABILIZADO COM AMIDO DE MANDIOCA

Luís Felipe de Medeiros Veiga<sup>1</sup>; Sebastiana Luiza Bragança Lana<sup>1</sup>;  
Nelcy Della Santina Mohallem<sup>2</sup>

1-Escola de Design da UEMG, Avenida Antônio Carlos 7545, 31270-901, Pampulha, Belo Horizonte, MG, Brasil. Tel: (55 31) 34911843 veigauemg@yahoo.com.br; sebastiana.lana@gmail.com

2-Departamento de Química da UFMG, Avenida Antônio Carlos, 6627, CEP 31270-901, Pampulha, Belo Horizonte, MG, Brasil. Tel: (55 31) 3409 5768 nelcy@qui.ufmg.br

**Palavras-chave:** adobe, caracterização, estabilização

### RESUMO

Tendo conhecimento do elevado déficit habitacional brasileiro e do impacto causado pelos resíduos de construção convencionais sobre o ambiente, técnicas de construção com solo, por atenderem às necessidades de sustentabilidade, se apresentam como alternativa para moradias de baixo custo e construções rurais.

Neste trabalho, as técnicas construtivas com solo mais comuns, as principais patologias que podem apresentar e medidas que podem reduzir seus efeitos são citadas. Dentre estas, são descritos processos de secagem e diversos processos de estabilização físicas e químicas, tradicionais e não tradicionais. Alguns destes processos têm aplicação conhecida em atividades construtivas distintas das habitações, como contenção de taludes, pavimentação de estradas, correção de solo para agricultura e outras, mas se apresentam como recursos potenciais para aplicação em moradias.

Para verificar os efeitos da estabilização com amido de mandioca foram produzidos adobes de acordo com o conhecimento da comunidade em São Sebastião das Águas Claras, distrito de Nova Lima na região metropolitana de Belo Horizonte – MG.

A caracterização dos materiais foi feita por microanálise com sonda EDS, difração de raios X, adsorção gasosa, além de análise granulométrica, determinações dos limites físicos relacionados à umidade e determinação da resistência e compressão dos adobes. Verificou-se que a composição utilizada apresentava-se distante das composições encontradas na literatura com propriedades mecânicas satisfatórias. Porém, foi observado que determinada composição com amido favoreceu a resistência à compressão dos adobes.

Considerando que ao longo dos anos, parte dos conhecimentos tradicionais foi se perdendo, os resultados encontrados permitem que se realizem as alterações necessárias para que as construções com solo tenham propriedades que atendam as necessidades de estabilidade e sua utilização propicie autonomia para comunidades tradicionais diante do crescente desenvolvimento de materiais industrializados, os quais algumas regiões não têm acesso.

### 1. INTRODUÇÃO

O solo é um dos materiais mais abundantes no planeta e por isso tem sido utilizado como matéria-prima de elementos construtivos e alvenarias desde períodos pré-históricos.

No Brasil, diversas técnicas de construção com solo foram utilizadas no período colonial, sendo algumas destas introduzidas pelos negros trazidos da África, outras de conhecimento de povos indígenas brasileiros e outras trazidas pelos colonizadores. Durante o início da colonização brasileira, todas as culturas componentes dominavam técnicas construtivas utilizando o solo como matéria prima, principalmente técnicas com argamassa de solo e solo socado. Principalmente em regiões de escassez de materiais rochosos, as técnicas com solo foram muito empregadas devido as dificuldades encontradas na produção de materiais de construção.

Posteriormente tais construções foram se tornando menos freqüentes devido a sua substituição por materiais cerâmicos manufaturados. Seu desuso é também comumente

associado à propagação de moléstias como doença de Chagas (infecção por *Trypanossoma cruzi*), pelo fato das técnicas de construção com solo serem consideradas precárias e improvisadas. Este aspecto de improvisação teve como consequência uma difusão intensa de preconceito contra construção com solo no Brasil (Santos, 2002).

No Brasil, segundo Sachs (1986), três aspectos relacionados entre si configuram a questão da habitação ecológica: a dos assentamentos populacionais adaptados ao ecossistema; a construção das moradias ecológicas; e o uso de materiais locais, preferencialmente com uso de recursos renováveis ou com resíduos industriais ou agrícolas, os quais se têm ampla disponibilidade em diversas regiões.

Quanto à situação da população em relação à habitação, aproximadamente 30% da população mundial, como relata Coferman (1990) apud Binici et al. (2004) vive em estruturas de solo.

Segundo Minke (2001), em torno da metade da população de baixa renda em países em desenvolvimento vivem em construções com solo.

No Brasil, segundo dados da Fundação João Pinheiro do ano de 2002 apud Santos (2002), existe um déficit habitacional de aproximadamente 6.500.000 unidades de moradia em 2000, devido ao acelerado crescimento populacional, principalmente em centros urbanos. Esta necessidade é maior nos Estados da Região Sudeste e em parte do Nordeste brasileiro.

## **2. TÉCNICAS DE CONTRUÇÃO COM SOLO, PATOLOGIAS E PROCESSOS DE MELHORIA**

As técnicas de construção com solo podem ser classificadas, de acordo com Neves (2005), em monolíticas quando o elemento construtivo se compõe de uma única peça; mistas, quando são feitas aplicações de solo sobre estruturas de madeira e alvenaria quando a construção se compõe de diversos elementos construtivos dispostos em sobreposição, como tijolos e blocos.

Entre essas técnicas, a taipa-de-pilão recebe esta denominação por ser socada ou apiloada, com auxílio de um instrumento chamado popularmente de “mão de pilão”. A forma que recebe o material de solo para a compactação e secagem chama-se “Taipal”.

Na taipa-de-mão ou pau-a-pique, a estrutura das paredes é feita de madeira formando esteios e engradamento, que é recoberto com o material de solo. São usadas, mais frequentemente, em paredes internas das construções. Ainda hoje se encontram construções de pau-a-pique em diversas regiões brasileiras, porém, a execução contemporânea da técnica é mais rudimentar, contribuindo para que a durabilidade dessas construções seja bastante reduzida.

O adobe, cujo termo “At-tub” significa bloco de solo secado ao sol, assim como a técnica tem origem árabe. No Oriente Médio seu conhecimento é muito antigo e amplamente difundido. Trata-se de um processo de produção de tijolos de solo moldados em formas de madeira, a partir de material de solo preparado e homogeneizado em um orifício aberto no terreno, denominado “panela”.

Quanto às patologias, as construções com solo apresentam baixa resistência mecânica e elevada absorção de água que pode ser pluvial, do solo ou de instalações. Para esta última devem ser tomadas medidas preventivas para minimizar seus efeitos, como fundação executada com rochas, revestimento da primeira fiada e extensão do beiral.

Visando melhoria sobre a resistência mecânica deve-se atuar sobre dois processos. O processo de secagem deve ter uma taxa de difusão capilar da água do interior para a superfície igual a taxa de evaporação da água na superfície evitando-se assim surgimento de trincas.

Outro processo é a estabilização que pode ocorrer por vários modos. Com a estabilização mecânica a melhoria introduzida no comportamento do solo ocorre devido às mudanças no sistema trifásico (solo-água-ar). Ocorre sem introdução de nenhum material exterior, resultando apenas do recurso de técnicas de compactação manual ou mecânica.

A estabilização elétrica envolve a passagem de uma corrente elétrica no solo por descargas sucessivas de alta tensão, usadas no adensamento de solos arenosos saturados. Este processo, segundo Machado et al. (2005) encontra-se em fase de estudos. A aplicação de corrente contínua de baixa tensão, em solos argilosos, baseados em fenômenos de eletromose, eletroforese e consolidação eletroquímica tem aplicação restrita em habitação e envolve maior consumo de energia.

A estabilização térmica pode ocorrer de modos distintos: por congelamento, a melhoria no comportamento do solo é obtida de forma temporária pela alteração na textura do solo. Este processo tem limitações de aplicação em habitações em países de clima tropical. Outro processo, a termosose consiste na drenagem que promove a difusão de um fluido em meio poroso, pela ação de gradientes de temperatura.

A estabilização por aquecimento envolve rearranjos na rede cristalina dos minerais constituintes do solo. Um processo conhecido e amplamente utilizado na produção de tijolos, telhas e revestimentos, envolvendo aquecimento é a sinterização, que tem como força motriz a redução da área superficial total das partículas. Durante este processo o material apresenta uma contração em volume e uma redução da porosidade devido à coalescência das partículas, ocasionando um aumento de densidade e melhoria de sua integridade mecânica. A sinterização é processada a uma temperatura abaixo da temperatura de fusão do material.

Dentre as técnicas de estabilização granulométrica ou fibrosa, encontra-se o emprego de diversos tipos de fibras ou partículas, naturais ou sintéticas que atuam no material como agente de reforço. No caso de blocos de solo reforçados com fibras ou partículas o material resultante pode ser classificado como um material compósito, onde o solo é a matriz e a fibra ou partícula, a fase dispersa, ou agente de reforço. Os compósitos têm propriedades distintas de seus constituintes separadamente. Têm-se conhecimento deste tipo de estabilização utilizando fibras de coco, sisal, fibras e cinzas de bagaço de cana-de-açúcar, palha, fibras plásticas, polietileno fabril e outros.

A estabilização química refere-se às alterações produzidas na massa de um solo pela implementação de uma quantidade relativamente pequena de um aditivo destinado a conferir ao solo propriedades pré-determinadas.

Existem diversos modos de classificação, quanto ao tipo de estabilizante químico, por exemplo, quanto ao modo de obtenção do material, que de acordo com Brazetti (1996) apud Machado (2005) podem ser naturais ou artificiais. Os aditivos artificiais ou sintéticos são obtidos por tratamentos de resinas naturais ou processos químicos complexos. De maneira diferente, Machado et al. (2005) divide os materiais mais empregados na estabilização de solos, em tradicionais e não-tradicionais, considerando como tradicionais, o cimento, a cal e as misturas betuminosas que apresentam comprovada eficiência para diversos tipos de solo. Os não-tradicionais se dividem entre comerciais, produtos patenteados e já testados, e não-comerciais, que são aditivos de baixo custo obtidos a partir de resíduos sólidos ou líquidos de processos industriais.

Neste estudo, em que foi utilizado o amido de mandioca, faz-se a distinção, apenas, do aspecto tradicional ou não-tradicional, independentemente do aspecto comercial ou não-comercial, considerando relevante apenas a aplicabilidade do material na construção com solo.

De acordo com Mainford (1955) apud Machado et al. (2005), agentes impermeabilizantes utilizados na preparação do adobe, envolve as partículas do solo, tornando-as hidrofóbicas; não afetando significativamente a resistência do solo quando seco, mas, permitindo que seja

conservada em presença de umidade devido à redução de sua absorção de água. Lambe (1962) apud Machado et al. (2005), descreve como mecanismo de impermeabilização das partículas de solo, o fato de uma extremidade da molécula impermeabilizante tornar-se preferencialmente adsorvida à superfície do mineral de argila e a outra extremidade da molécula, sendo hidrofóbica, repelir a água promovendo a impermeabilização do mineral do solo. Os principais tipos de impermeabilizantes são os betumes que conforme Lima & Bueno (1993) apud Machado et al. (2005), em solos granulares provocam a aglutinação entre as partículas, aumentando a parcela de coesão e, em geral uma redução do ângulo de atrito interno; em solos argilosos provoca bloqueio dos vazios, impermeabilizando o solo e mantendo o seu teor de umidade de compactação. Este tipo de material tem maior aplicação em pavimentação de estradas, entre eles os asfaltos e alcatrões.

O agente dispersante aumenta a força de repulsão interpartículas do solo, pelo aumento de sua eletronegatividade ou aumentando a espessura do filme de água que envolve as partículas do solo. De acordo com Ingles (1968), apud Machado (2005), um efeito positivo sobre a compactação é a redução da quantidade de água necessária para a obtenção da massa específica máxima seca na aplicação. A repulsão elétrica entre as partículas finas mais próximas é aumentada, separando-as e desfazendo blocos argilosos que oferecem resistência à compactação. Esta repulsão permite que a densidade do solo seja elevada ao ser compactado, aumentando a resistência e diminuindo a permeabilidade, promovendo, então, maior estabilidade ao solo. Os mais comuns são fosfatos, sulfonatos e versanatos e são melhores descritos como auxiliar na compactação.

Os agentes agregantes, aglutinantes ou aglomerantes promovem a coesão entre as partículas, formando ligações reforçadas entre os agregados de partículas pequenas e promovendo a formação de agregados maiores, modificando sua estrutura e favorecendo assim, ao aumento da resistência. Os estabilizadores de solo mais comuns empregados para construção são: cimento, cal e silicato de sódio.

De acordo com Mehta & Monteiro (1994), o cimento Portland é o aglomerante hidráulico mais usado na estabilização de solos. Os principais constituintes do cimento são os silicatos de cálcio, os aluminatos de cálcio e a gipsita adicionada para inibir a pega instantânea ocasionada pela grande reatividade dos silicatos. Esta alta reatividade se deve à presença de vazios na estrutura cristalina do cimento. As reações ocorrem no contato com a água, sendo a hidratação dos aluminatos responsáveis pelo enrijecimento e a evolução da resistência (endurecimento), devido a hidratação dos silicatos, que ocorrem algumas horas após a hidratação do cimento.

A estabilização com cal é freqüentemente aplicada para solos de predominância argilosa. Os resultados de estabilização dependem da natureza dos argilominerais e são melhores sob alta concentração de silicatos de alumínio, sílica e hidróxido de ferro (Ngowi, 1997 apud Ferreira et al., 2005).

Segundo Guimarães (1992) apud Ferreira et al (2005) o cálcio, principal componente da cal, ataca quimicamente parte das argilas e até mesmo, o próprio quartzo, resultando na formação de silicatos e aluminatos hidratados de cálcio com notável capacidade cimentante pozolânica.

De acordo com Freire (1976) apud Dallacort et al (2002), o tratamento do solo com álcalis fortes favorece as reações do quartzo com estabilizadores alcalinos, como cal e cimento, podendo aumentar a resistência inicial entre 15 e 400% com finalidade de estabilização de solos. Como descrito por Ren e Kagi (1995) apud Ferreira et al. (2005), o silicato de sódio é utilizado na estabilização de solos porque reage com sais solúveis de cálcio em soluções aquosas, formando silicatos de cálcio gelatinosos insolúveis. Os silicatos de cálcio hidratados são agentes cimentantes que melhoram a estabilidade do solo, preenchendo seus espaços vazios e expulsando a água do solo. Como exemplos de aplicação de estabilizantes tradicionais têm-se os tijolos de solo-cimento, solo-cal e solo-cal-silicato de sódio. Como exemplo de estabilizantes não tradicionais tem-se blocos de resíduo cerâmico

moído, blocos de cama sobreposta de suínos, blocos de solo-vinhaça concentrada, solo-melaço de cana-de-açúcar, solo-lignina e o uso do amido na produção de briquetes de carvão e de finos de minérios. A maioria das aplicações industriais do amido segundo Cereda (2002) é atribuída à propriedade de gelatinização, na qual ocorre a dissolução dos grânulos e abertura da rede formada pelas moléculas de amilose e amilopectina.

A estabilização biológica ocorre em solos com presença de matéria orgânica causada pela ação de microrganismos. A mucilagem excretada pelos microrganismos do solo atua como agente cimentante das partículas do solo, formando agregados estáveis, favorecendo com isto, uma melhor circulação de água e ar, reduzindo também, a susceptibilidade à erosão (Ferreira & Monteiro, 1987 apud Rolim, 1996). Este efeito é mais notável em solos que contêm pequenas quantidades de argila. Concluiu-se ainda que, os polissacarídeos e compostos similares estão sujeitos a uma lenta transformação biológica, diminuindo a taxa de decomposição da matéria orgânica e aumentando o efeito do tempo na estabilidade dos agregados.

Neste trabalho, o amido de mandioca foi utilizado para estabilizar adobes obtidos de acordo com o conhecimento da comunidade em São Sebastião das Águas Claras, distrito de Nova Lima na região metropolitana de Belo Horizonte - MG.

### 3. METODOLOGIA

Tijolos adobe compostos de solo puro (testemunhas) e tijolos adobe com diferentes composições com amido, foram produzidos a partir de fôrmas com dois tamanhos distintos, com o objetivo de realizar a caracterização química e ensaios mecânicos para verificação dos efeitos da implementação de amido nativo de mandioca no solo. Foi verificada a resistência à compressão simples dos adobes e também o efeito da dimensão das formas sobre a resistência investigada.

Todo o procedimento de produção dos adobes foi realizado nas dependências do Instituto Kairós, em São Sebastião das Águas Claras – MG.

Foi estabelecido um local adequado à abertura da “panela” e preparada uma cobertura para abrigar os tijolos moldados para fim de secagem. Prepararam-se duas fôrmas K e R de dimensões 26 cm x 13 cm x 8 cm e 24 cm x 12 cm x 6 cm respectivamente e uma lata graduada para medição.

Para selecionar o solo, foram consideradas como propriedades mais importantes a composição química, granulometria, a plasticidade e a contração ou retração. A composição química, em laboratório foi determinada por microanálise em uma microsonda JEOL 840 com espectrômetro de dispersão de energia (EDS). Difração de Raios-X (Rigaku, modelo Geigeflex-3034) foi utilizada para determinação das fases. A composição granulométrica determinada em laboratório foi realizada por dois ensaios: para partículas maiores, como grânulo e areia, o ensaio de peneiramento determina a quantidade percentual das partículas que passam ou são retidas em peneiras de aberturas normatizadas. Para partículas menores, como silte e argila, no ensaio de sedimentação mede-se a velocidade de decantação das partículas dispersas em água em função da densidade da solução, calculando-se suas proporções na amostra. A plasticidade dos solos varia, nitidamente, de acordo com a quantidade de água contida e pode ter caráter líquido, plástico ou sólido, sendo necessário medir o teor de umidade para diversas consistências. Para realizar a caracterização dos solos em relação aos teores de umidade presentes deve-se determinar o limite de liquidez-LL e o limite de plasticidade-LP de acordo com as normas brasileiras. O limite de liquidez e o limite de plasticidade dependem da quantidade e do tipo de argila presente no solo. A diferença entre estes, determina o índice de plasticidade-IP.

Em campo, a composição granulométrica, foi determinada por testes visuais e tácteis, nos quais, a caracterização do tamanho das partículas pode ser feita visualmente. As partículas visíveis se enquadram em grânulos e areias e o material fino corresponde a siltes e argilas. Ao se esfregar o solo seco entre os dedos, pela sensação ao tato podem-se identificar os

tipos de partículas presentes. A areia arranha, o silte cobre os dedos e apresenta sensação aveludada. Para verificação da presença de argila foi observada a facilidade de se moldar uma esfera com solo umedecido. Considerou-se, assim que o solo escolhido era predominantemente argiloso.

Para a determinação em campo, da plasticidade, umidade e retração foram realizados os chamados testes expeditos relatados pelo CEPED (1984) apud Neves (2005), sendo estes: teste do cordão, que avalia a resistência apresentada pelo solo com um determinado estado de umidade. O teste da fita relaciona a plasticidade ao tipo de solo. O teste da exsudação avalia a plasticidade pela capacidade de retenção de água. O teste da resistência seca identifica o tipo de solo em função da resistência ao esmagamento de pastilhas moldadas com solo bem úmido e secas ao sol. A realização destes testes permite relacionar os comportamentos apresentados aos tipos de solos e às técnicas construtivas mais apropriadas a serem executadas com este solo. Após estes testes o solo foi considerado adequado à produção de adobe.

Para a verificação da retração linear sofrida por determinado solo, foi utilizado o teste da caixa. Este teste indica seu comportamento quanto à retração volumétrica e quanto à formação de fendas.

Foi realizada também a caracterização da contração do solo através de ensaios em laboratório que é determinada pelo limite de contração-LC e pelo grau de contração-C. Entretanto, considera-se que o conhecimento popular pode proporcionar decisões empíricas, de caráter qualitativo, bastante eficiente, que atestam o reconhecimento e a valorização da combinação dos saberes populares com os conhecimentos técnicos, aplicados, neste caso, a um objetivo comum: a seleção de solos para a produção de adobes.

Depois de selecionado, o solo foi secado ao ar e corrigido com areia segundo proporção descrita por um integrante da comunidade e depositado na “panela”. Em seguida foi vertida a água sobre o material, deixado em repouso para posteriormente ser homogeneizado com os pés, lançado nas fôrmas, desformado e posto a secar em galpão coberto. Para a primeira série T (Testemunha) foi produzido um lote de vinte adobes K e um lote de vinte adobes R.

As amostras do material foram retiradas da panela para se fazer medições de umidade e consistência em laboratório. Para a confecção dos adobes com amido de mandioca<sup>1</sup> das séries A e B, considerando que a densidade aparente do solo seco foi determinada em 1,01g/cm<sup>3</sup>, utilizou-se a umidade medida (29,1%) para a série T e a seguinte equação para as composições de material:

$$\begin{array}{c}
 \text{PASTA} \\
 \text{---10\%---} \\
 \text{(SOLO SECO PREPARADO)+(AMIDO+ÁGUA)+ÁGUA DE AMASSAMENTO=TOTAL DE MATERIAL} \\
 \text{---29,1\%---} \\
 \text{ÁGUA TOTAL}
 \end{array}$$

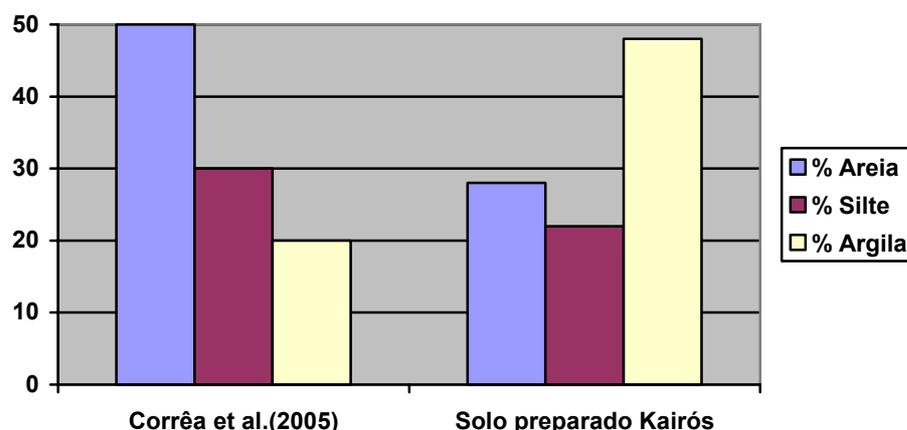
Foram produzidas posteriormente, duas séries de quarenta adobes contendo 10% de pasta de amido. A série A foi produzida com 8% de amido na pasta e a série B com 4%. Cada série foi formada com vinte adobes K e vinte R.

Para a preparação dos corpos-de-prova e determinação da resistência à compressão tomou-se como referência a norma NBR-8492-ABNT/1984, que prescreve o método para determinação da resistência à compressão e da absorção de água de tijolos maciços de solo-cimento para alvenaria. Porém, algumas alterações se julgaram necessárias por se tratar de tijolos adobe e não existir norma específica para sua produção e para determinação de sua resistência à compressão. Como uma destas adaptações, não se submeteu os tijolos adobe a ensaio de determinação de absorção de água, pois, como referido em Lavinski et al. (1991) apud Mesa Valenciano (1999), adobes se desintegram completamente após poucas horas de imersão.

Os ensaios para determinação da resistência à compressão foram realizados no Setor de Testes Físicos do CETEC - Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise granulométrica do solo preparado mostrou que a composição do solo tem predominância de partículas argilosas, ou seja, 48,0%. A fração de silte foi medida em 22,0%, a porcentagem de areia em 28,0% e uma pequena fração de pedregulhos em 3,0%. Observa-se que esta composição granulométrica difere amplamente dos valores encontrados na literatura e considerados adequados para a confecção de adobes. Mesmo este solo tendo sido corrigido com areia, a correção não proporcionou ao solo a granulometria com predominância de partículas grossas descritas por Corrêa et al. (2005) e considerada adequada, como mostrada na figura 1:



**Figura 1** – Composição granulométrica de Corrêa et al. (2005) e composição granulométrica do solo preparado no Instituto Kairós

Foram determinados os seguintes limites de consistência para o solo estudado (tabela 1):

**Tabela 1** – Limites de consistência e índices físicos

Limites de consistência e índices físicos (%)				
LC	LP	LL	IP	C
28	31	50	19	17

Através destes indicadores pôde-se determinar que o solo estudado é caulínítico pois, os índices para este argilo-mineral segundo Mitchell (1976) apud CT-UFSM (2002) são: LC entre 25 e 29%, LP entre 25 e 40% e LL entre 30 e 110%. Observa-se ainda, com a análise dos indicadores, que a quantidade de água igual a 29,1% utilizada no processo de preparação do solo para confecção dos adobes, se aproxima muito do limite de contração (28%) deste solo, o que implicou em elevada perda de amostras por presença de fissura. Esta perda foi maior nos adobes de maior dimensão (fôrma K) para todas as composições T, A e B. Observa-se também que nos adobes em que se adicionou amido a perda por fissura foi menor, 20% para série A e 12,5% para série B. A água retida pelo amido proporcionou diminuição da taxa de difusão de água para a superfície ocasionando maior taxa de evaporação na superfície.

Quanto à retração volumétrica, foi observado que os adobes com amido apresentaram retrações elevadas, em média 26,3% para composição A e 19,7% para composição B. Isto nos leva a crer que este efeito tenha relação com processo de gelatinização do amido, no qual ocorre a dissolução dos grânulos com a abertura das redes formadas pelas cadeias de amilose e amilopectina. Neste processo as redes abertas poderão estabelecer maiores interações com partículas de solo. Além disso, durante o processo de secagem as partículas

do solo, assim como as cadeias do amido, perdem a água superficial que os envolvem, podendo estabelecer maior contato entre elas e conseqüentemente contrair como um todo, de modo mais uniforme.

#### 4.1 Caracterização química do solo utilizado

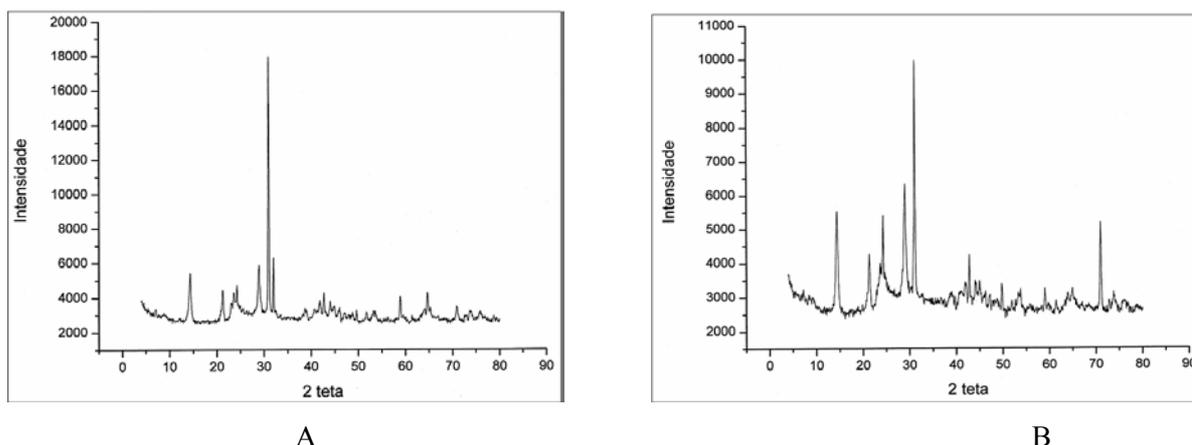
As composições dos solos utilizados nas amostras A e B medidos através de microsonda EDS são mostradas na tabela 2.

**Tabela 2** – Composição química do solo A e B

	Elemento	C	O	Al	Si	K	Ti	Fe
<b>Solo A</b>	Fração (%)	1,13	20,19	34,59	28,49	3,11	2,44	10,05
<b>Solo B</b>	Fração (%)	5,09	19,58	32,57	29,52	2,89	2,17	8,18

Os resultados obtidos por EDS mostram que os elementos predominantes nas amostras são alumínio e silício, os quais são os principais componentes das argilas. A presença de ferro e titânio possivelmente combinados com oxigênio formando óxidos, são elementos que conferem aos solos estudados a coloração vermelho-alaranjada. A presença de carbono pode indicar a presença de matéria orgânica já que os solos estudados foram utilizados em estado natural e ainda, foram adicionadas a eles pequenas quantidades de amido.

Os difratogramas das amostras A e B são mostradas na figura 2. É possível observar a predominância de constituintes dos argilominerais como quartzo  $\text{SiO}_4$ , gibsita  $\text{Al}(\text{OH})_3$  e destes sob o arranjo estrutural da caulinita.



**Figura 2** – Difratogramas de Raios-X. (A) Solo A; (B) Solo B

Associada à presença de óxido de ferro, o elevado teor de caulinita atesta a elevada retração sofrida pelos adobes, já que segundo Corrêa et al. (2005), materiais com alto teor de óxido de ferro e baixo caulínítico, tendem a ser pouco expansivos, e que sua presença no solo pode evitar a retração e o aparecimento de trincas e fissuras no processo de secagem.

#### 4. DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DOS ADOBES

Para a análise dos resultados do ensaio de resistência à compressão dos corpos-de-prova de adobes, foi utilizado o valor referência de 2,0 MPa, valor estabelecido pela norma da ABNT para a média da resistência de cada lote. Nenhum resultado individual deve estar abaixo de 1,7 MPa.

**Tabela 3** – Resistência à compressão dos adobes

Lote	KT	KA	KB	RT	RA	RB
<b>Média (MPa)</b>	1,63	2,13	1,54	1,86	2,54	1,54

Na tabela 3 foi verificado que a composição determinada para os adobes testemunha, de ambas as dimensões K (26 x 13 x 8) cm e R (24 x 12 x 6) cm. Foi observado que, dentre as amostras KT apenas um único resultado individual atingiu valor superior a 1,7 MPa. Todos os resultados individuais se apresentaram acima do mínimo nas amostras RT

A série A, com adição de 10% de pasta com 0,8% de amido, para ambas as dimensões K e R, apresentou um ganho expressivo na resistência à compressão, estando a média dos valores acima do especificado pela norma (2,13 MPa para lote KA e 2,53 MPa para lote RA). Foi verificado que no lote KA duas amostras tiveram resistência abaixo de 1,7 MPa, enquanto no lote RA todas as amostras tiveram resistência acima de 2,0 MPa.

As médias de resistência à compressão para os lotes de menor dimensão (R), para todas as composições T, A e B foram superiores às médias das resistências dos lotes de maior dimensão (K), o que atesta os resultados de Corrêa et al. (2005) nos quais foi verificado que adobes mais robustos não apresentam maior resistência à compressão.

A série B contendo, 10% de pasta com 0,4% de amido, apresentou em ambas as dimensões valores médios de resistência abaixo do valor tomado como referência, notando que no lote KB todos os resultados individuais se apresentaram abaixo do mínimo e no lote RB apenas duas amostras não atingiram 1,70 MPa.

A baixa resistência apresentada pelos lotes de composição B pode ser consequência do maior teor de água na pasta, a qual não pôde ser absorvida no processo de gelatinização do amido, promovendo, portanto, menor viscosidade do material e maior formação de poros durante a secagem.

Considerando que a porosidade seja o fator de maior relevância na avaliação da resistência à compressão dos adobes, este efeito pode ser verificado segundo os resultados do ensaio de adsorção de nitrogênio. Em análise das isotermas dos solos de composição A e B, verifica-se que ambas se aproximam da Isoterma característica de materiais macroporosos, nas quais se verifica histerese pouco significativa, resultante da saída dos gases dos poros na dessorção. Portanto, do mesmo modo, o ar contido nos poros pode ser expelido durante a aplicação do esforço de compressão, já que a porosidade nestes materiais é constituída principalmente de poros abertos, pois os adobes não são submetidos a processos de sinterização.

As baixas resistências apresentadas pelos adobes podem ser justificadas por suas elevadas porosidades. Porém, pôde ser identificado que determinada composição com amido proporcionou resistência adequada ao adobe, atendendo às exigências, quanto à resistência à compressão, necessárias para sua utilização.

## 5. CONCLUSÕES

Através do trabalho realizado pode-se concluir que houve convergências entre os modos de identificação de características quanto à composição granulométrica e propriedades de plasticidade dos materiais de solo selecionados para confecção de adobes realizados por testes expeditos e por análises procedidas em laboratório.

Verificou-se que as dosagens dos materiais selecionados se distanciaram dos valores encontrados na literatura considerados como apropriados para confecção de adobes. Pode-se justificar esse distanciamento pela perda dos conhecimentos populares, possivelmente, ocasionados pela influencia de crescentes processos industriais. Particularmente para esta localidade agravada pela grande proximidade de um centro urbano de grande proporção como a capital Belo Horizonte.

Quanto a resistência à compressão dos adobes, observou-se que a composição de solo contendo 10% de pasta de amido com 8% de amido na pasta proporcionou aumento significativo da média de resistência à compressão dos adobes de maior e menor dimensão em relação à média de resistência à compressão dos adobes testemunha.

O mesmo não ocorreu com resistência à compressão dos adobes com composição de solo contendo 10% de pasta de amido com 4% de amido na pasta, considerando que este efeito foi devido ao maior teor de água na pasta, a qual não pôde ser absorvida no processo de gelatinização do amido, promovendo, portanto, menor viscosidade do material e maior formação de poros durante a secagem.

Pelos resultados da determinação da resistência à compressão dos corpos-de-prova confirmou-se que adobes de maior dimensão não apresentam maior resistência a este esforço.

Pode-se concluir que devido ao significativo aumento da resistência à compressão dos adobes contendo 8% de amido na pasta, justifica-se proceder a novos ensaios com a mesma proporção de amido, porém utilizando-se uma correção granulométrica apropriada.

Considerando que determinada composição de adobe estudada atendeu às determinações sistematizadas para a resistência à compressão, conclui-se que, somadas as outras vantagens conhecidas como atendimento aos princípios do ecodesenvolvimento, viabiliza-se sua utilização na construção de moradias.

Devido à convergência dos testes expeditos realizados e análises de laboratório observa-se que parte de conhecimentos tradicionais ainda se conservam e que se justifica promover pesquisas na busca daqueles saberes para que possam ser preservados.

## BIBLIOGRAFIA

ABNT NBR 8492 (1982). Tijolo maciço de solo-cimento. Determinação da resistência à compressão e da absorção de água de tijolos maciços de solo-cimento para alvenaria.

BINICI, H.; AKSOGAN, O.; SHAH, T. (2005). Investigation of fibre reinforced mud as a building material. *Construction and Buildings Materials* 19,313-318.

CEREDA, M. P. (Org.) (2002) Culturas de Tuberosas amiláceas Latino-americanas- Volume 1- Propriedades gerais do amido- Fundação CARGILL.

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). *Ciências Agrotécnicas*, Lavras, v.30, n.3, p.503-515, mai/jun.

CT – UFSM (2000). Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria: Notas de aula – mecânica dos solos. Unidade 4 – p.38-56.

DALLACORT, R.; LIMA JÚNIOR, H. C.; WILLRICH, F. L.; BARBOSA, N. P. (2002). Resistência à compressão do solo-cimento com substituição parcial do cimento Portland por resíduo cerâmico moído. *SciELO Brazil. Revista brasileira de Engenharia Ambiental*, vol.6 n.3 Campina Grande.

FERREIRA, R. C.; FALEIRO, H. T.; FREIRE, W. J. (2005). Desempenho físico-mecânico de solo argiloso estabilizado com cal e silicato de sódio visando aplicação em construções rurais. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 35 (3):191-198.

MACHADO, C. C.; PIRES, J. M. M.; PORTUGAL, C. R. M. (2005). Reações químicas entre solos e estabilizantes em estradas. 7º Simpósio Brasileiro sobre Colheita e Transporte Florestal-SIF. Viçosa,

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P.J.M. (1994). *Concreto: estrutura, propriedades e materiais*. São Paulo: PINI.

MESA VALENCIANO, Martha del Carmen. (1999). Incorporação de resíduos agroindustriais e seus efeitos sobre as características físico-mecânicas de tijolos de solo melhorados com cimento. (dissertação) UNICAMP São Paulo.

MINKE, Gernot. (2001). *Manual de construcción em tierra: la tierra como material de construcción y sus aplicaciones em la architecture actual*. Uruguay: Nordan-Comunidad.

NEVES, Célia M. M.; FARIA, Obede Borges; ROTONDARO, Rodolfo; CEVALLOS, Patricio S.; HOFFMANN, Márcio. (2005). Seleção de solos e métodos de controle em construção com terra – práticas de campo. Selección de suelos y métodos de control en la construcción con tierra – prácticas de campo. In: IV SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE CONSTRUÇÃO COM TERRA, 4. e

SEMINÁRIO ARQUITECTURA DE TERRA EM PORTUGAL, 3., 2005, Monsaraz (Portugal). Actas... Vila Nova de Cerveira (Portugal): Escola Superior Gallaecia/PROTERRA-CYTED.

ROLIM, Mário Monteiro. (1996). Avaliação físico-mecânica do material solo-vinhaça concentrada e sua utilização para fins de fabricação de tijolos. (dissertação) Universidade Estadual de Campinas.

SACHS, Ignacy. (1986). Ecodesenvolvimento: Crescer sem destruir. São Paulo: Vértice.

SANTOS, M. D. (2002). Construção com Terra Crua: Viabilidade Tecnológica e Energética em Habitações Sociais. Curitiba, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná. Dissertation (Mestrado em Programa de Pós Graduação em Tecnologia).

## NOTAS

1- O amido de mandioca pode ser obtido como subproduto do processamento da mandioca, comum em todo o país, porém neste trabalho optou-se por amido nativo de farinha por conter, segundo Cereda (2000), até 88% de amido na matéria seca. O teor elevado favorece a verificação dos efeitos específicos do uso amido, enquanto que, com a utilização de subprodutos, os resultados podem ser influenciados pela estabilização promovida pela inclusão de inertes.

## AUTORES

Luís Felipe de M. Veiga, mestrando em Engenharia de Materiais – REDEMAT, Ouro Preto – MG, e Professor da UEMG, Belo Horizonte – MG.

Sebastiana L. B. Lana, doutora em Química de Materiais, professora da UEMG, Belo Horizonte – MG e professora da REDEMAT, Ouro Preto – MG.

Nelcy D. S. Mohallem, doutora em Física Aplicada – Grupo de Materiais Nanoestruturados e professora do Departamento de Química da UFMG, Belo Horizonte – MG.