

Estudo da estabilização de um solo argiloso com adição de cimento

Study of the stabilization of a loamy soil with addition of cement

Jonas Alexandre^{*}
Maria da Glória Alves^{**}
Thiago Vicente Lima^{***}

A utilização de tijolos de solo-cimento é considerada um método construtivo mais barato do que o convencional (bloco cerâmico ou de concreto), visto que uma das matérias-primas é abundante (o solo). Esse trabalho teve como objetivo identificar o solo do bairro carente Codin, no município de Campos dos Goytacazes/RJ. Após a sua identificação determinou-se o melhor traço para a produção de tijolos de solo-cimento, no formato 19,5x10x5 cm, com traços contendo a adição de 5% e 10% de cimento em volume.

The use of soil-cement bricks is considered a cheaper constructive method than the conventional (ceramic block or concrete), because one of the raw materials is abundant (the soil). The objective of the present work was to identify the soil of the "Codin" area, in the municipality of Campos dos Goytacazes - RJ. After this identification, it was possible to determine the best line for the production of soil-cement, in the 19,5x10x5 cm format, with lines containing the addition of 5% and 10% of cement in volume.

Palavras-chaves: Estabilização. Solo-cimento. Habitação popular.

Key words: Stabilization. Soil-cement. Popular housing.

1 Introdução

Na busca de soluções para os sistemas construtivos, são estudadas novas alternativas de métodos e materiais, os quais buscam a redução de custo, menor impacto ambiental, desenvolvimento sustentável, reaproveitamento de material, canteiros de obras mais limpos e eficientes. Dentre essas alternativas pode ser destacado o uso do solo estabilizado com a adição de cimento (solo-cimento).

O uso do solo-cimento é visto como benéfico às famílias de baixa renda que sonham com a casa própria melhorando a qualidade da moradia com efetiva redução dos custos.

Baseado nestes fatos, o trabalho teve como objetivo identificar o solo do bairro carente Codin, localizado no núcleo urbano do município de Campos dos Goytacazes/RJ. Após a identificação fora feito o estudo da viabilidade do uso do solo, assim

^{*} Doutor em Ciências de Engenharia. Professor. Pesquisador do Departamento de Engenharia Civil da UENF. E-mail: jonas@uenf.br.

^{**} Doutora em Geologia. Professora. Pesquisadora do Departamento de Engenharia Civil da UENF. E-mail: gloria@uenf.br.

^{***} Mestre em Engenharia Civil. Doutorando do IME, Rio de Janeiro/RJ. E-mail: thiagocivil@yahoo.com.

determinando o melhor traço para a produção de tijolos de solo-cimento. Nesta área se identificam construções precárias típicas de favelas, isto é, casas com mínimas condições de infra-estrutura feitas de papelão, madeira e restos de construções, superlotadas, sem a ocorrência de água potável, redes coletoras de esgotos e coleta de resíduos sólidos, como podem ser vistas nas Figuras 01 e 02.



Figura 01: Moradias de favela



Figura 02: Casa em péssimo estado

2 Revisão da literatura

Sabe-se que o uso abundante da terra crua pelo homem vem desde a Antigüidade e é confirmado nos sítios arqueológicos das antigas civilizações do mundo. Segundo Fassoni (2000, p. 1), as mais remotas construções datam cerca de 10.000 anos atrás, em Jericó, no vale do rio Jordão. O seu emprego tornou-se mais intensivo a partir de 3.000 a.C. por povos que se instalaram em vales, com áreas argilosas e inundáveis, de grandes rios.

Na literatura são encontradas como exemplos as civilizações que se instalaram nos vales dos rios Tigre e Eufrates, os egípcios no vale do Nilo, as civilizações das cidades de Harapa e de Mohenjo Daro no vale do Indo, atual Paquistão, e a cultura Lo-chan que floresceu no vale do rio Huang (Amarelo) na China.

A utilização do solo como material de construção pode ser feita tanto na forma como ele é encontrado (solo natural), ou após correção de algumas de suas propriedades de engenharia descreve Ferraz et al. (2000, p. 1). Segundo Almeida (1992, p. 114), os aditivos minerais já eram conhecidos desde antes de Cristo pelos etruscos, gregos e romanos que, com estes materiais, então chamados de pozolânicos, construíram muitas das suas obras. Hoje, substituindo os produtos naturais, utiliza-se o cimento.

A possibilidade de utilização de solo do próprio local constitui-se numa das grandes vantagens do solo-cimento, sendo que, na mistura solo-cimento, o solo é o elemento que entra em maior proporção Rolim et al. (1999, p. 94).

Observa Machado et al. (1998, p. 124) que as grandes áreas do território brasileiro são cobertas por solos que, na maioria dos casos, em seus estados naturais, não possuem o requisito para serem usados em obras, tornando-se necessário lançar mão de alternativas de melhoria das características mecânicas destes solos.

O local de retirada do solo segundo alguns autores pode ser de taludes ou da própria fundação como é mostrado nas Figuras 03 e 04.



Figura 03: Talude



Figura 04: Fundação de uma casa

A descoberta da relação entre a umidade, a massa específica aparente e energia de compactação durante o processo de compactação de solos, em 1929, feita por Ralph Proctor, mostrando que o efeito da compactação melhora as características mecânicas e hidráulicas do solo, relatado por Bueno e Vilar (1980, p. 121), deram um maior impulso nas pesquisas com solos estabilizados.

Silvia e Mielniczuk (1997, p. 114) descrevem em seu trabalho que a formação e a estabilização dos agregados do solo ocorrem simultaneamente na atuação de processos físicos, químicos e biológicos.

A estabilização de um solo consiste em dotá-lo de condições para resistir a deformações e ruptura durante sua vida útil como fala Senço (2001, p. 47), enquanto Lopes (2002, p. 2) descreve que, quantitativamente, a estabilização está associada a valores numéricos de resistência e durabilidade.

A idéia que se tenta mostrar é que quase todos os ramos da engenharia de solos têm se utilizado da estabilização como um meio de aproveitar o solo local, embora artificialmente tratado, com muito maior vantagem econômica.

No início do processo de estabilização a primeira mudança notada é uma redução na plasticidade. Este fenômeno é relatado por Pitta (1995, p. 2), como sendo causado, provavelmente, pela liberação de íons de cálcio no decorrer das reações iniciais de hidratação do cimento. Handy (1958, p. 61) relatou que a cimentação resultante da adição de cimento Portland ao solo úmido, pode ser atribuída à combinação de (1) ligações mecânicas do cimento com as superfícies minerais imperfeitas e (2) ligações químicas estabelecidas entre o cimento e as superfícies minerais, sendo este processo o mais importante no caso dos solos finamente divididos, por causa da maior superfície específica envolvida.

Segundo Baptista (1976, p. 86) as principais reações que ocorrem na estabilização de um solo na presença de cal podem ser agrupadas em quatro categorias: troca de íons, floculação, carbonatação e reação pozolânica ou cimentação.

A estrutura cimentada do solo-cimento forma-se por um processo similar ao do concreto. Nesta estrutura a pasta não ocupa todos os vazios, pela pequena quantidade de cimento e água empregada, relata Pitta (1995, p. 2).

Segundo Lopes (2002, p. 23), a escolha do teor de cimento mínimo, capaz de assegurar a estabilidade necessária e de garantir à mistura a permanência de suas características, é, antes de tudo, uma imposição do critério de economia. Nos solos finos, relata Pitta (1995, p. 3), os mecanismos de estabilização levam ao surgimento de matrizes hexagonais, similares a um favo de mel, geradas pelas ligações químicas entre as partículas de solos e os grãos de cimento.

A habitação constitui uma das mais importantes necessidades básicas do homem, tornando-se tanto maiores, quanto mais desfavorecida for a população. Trata-se, sem dúvida alguma, de um problema de difícil solução, uma vez que os custos da terra e da construção, quase sempre são inacessíveis aos trabalhadores de baixa renda, quer nas áreas rurais, quer nas urbanas. Uma das alternativas, que vem sendo utilizada, ao longo dos anos, é o uso de alvenarias não-convencionais, como a alvenaria que utiliza tijolos de solo-cimento.

Tijolos de solo-cimento são produtos da estabilização da mistura de solo com cimento e água, em proporções pré-estabelecidas e compactadas. Apesar de ser um método milenar, o tijolo de solo-cimento merece uma atenção especial, quando utilizado na construção civil, pois a mineralogia que caracteriza suas propriedades é extremamente variável; visto isto, alguns cuidados especiais devem ser tomados quando se pretende utilizar tal técnica, como:

- constituição do solo;
- traço adotado, baseando-se em resultados indicados por normas;
- método de preparo e cura do material;
- conhecimento e adoção de novas tecnologias;
- adoção de novos princípios de desenho urbano, topologia, infra-estrutura, equipamentos urbanos;
- sistema construtivo adequado;
- utilização de recursos adequados;
- treinamento de mão-de-obra aproveitando as capacidades locais;
- avaliação permanente do modelo quanto às tecnologias adotadas;
- o conforto térmico;
- os efeitos sobre o ecossistema local, a água e a atmosfera;
- efeito sobre as culturas locais, etc.

O solo-cimento na construção de habitações populares, usado adequadamente, permite uma grande economia, com redução de custos que podem atingir até 40% do

valor da alvenaria. Contribui para esse barateamento o baixo custo do solo que, nesse caso, é o material empregado em maior quantidade de acordo com a Abcp (1987, p. 6). A menor perda de material, a utilização do solo local, reduzindo as despesas com transporte, ausência de gastos com energia, dispensa a queima e derrubada de matas para a geração de carvão e o aproveitamento de mão-de-obra não qualificada, são outros fatores que ajudam na redução dos custos.

Segundo Lopes (2002, p. 21) o solo constitui 85% em massa dos materiais componentes do solo-cimento. Quase todos os tipos de solo podem ser utilizados para tal fim, embora os solos economicamente empregáveis restrinjam-se àqueles que necessitem de teores de cimento relativamente baixos e cuja execução, em grande escala, seja bastante facilitada.

O solo-cimento só foi amplamente aplicado em moradias por volta de 1978, quando o antigo Banco Nacional da Habitação (BNH) aprovou a técnica para construções de habitações populares. Na época, estudos feitos pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) e pelo Centro de Pesquisas e Desenvolvimento (CEPED) comprovaram que, além do bom desempenho termoacústico, o solo-cimento aplicado em construções levava a uma redução de custos de 20% a 40% comparando-se com a alvenaria tradicional de tijolos de barro ou cerâmica segundo Fiquerola (2004, p. 1). A construção civil tem uma importante representação mundial no consumo de recursos naturais, como na geração de impactos ambientais e resíduos. Ela abrange desde a fabricação de cimento e suas emissões de gases na atmosfera até a deposição de resíduos em aterros Ângulo et al. (2001, p. 4). Hoje, a própria construção civil busca soluções para minimizar seus impactos e conciliar-se com o meio-ambiente, buscando novas alternativas menos poluente e baratas.

No Brasil calcula-se um déficit habitacional de 5.6 milhões de casas, das quais 4 milhões estão em áreas urbanas. Ele vem aumentando linearmente desde 1981, segundo estudos de Cardoso et al. (2002, p. 3), onde 55% deste déficit, atingem famílias com uma renda de até dois salários mínimos.

Como na maioria dos grandes municípios, durante seu desenvolvimento, ocorreu a falta de planejamento urbano, o que ajudou a aumentar o déficit habitacional, constatado pelo aparecimento de favelas e pela grande presença de construções precárias. No Município de Campos, segundo a Folha da Manhã, (2005), existem hoje 32 favelas, com um total aproximado de 17.000 habitantes.

Ângulo et al. (2001, p. 4) descreve que, com a aproximação do conceito de desenvolvimento sustentável e a necessidade de novas relações da população com o meio ambiente, a construção civil deve passar por importantes transformações. Redução de desperdício, busca de melhor qualidade de seus produtos, reciclagem de seus resíduos, projetos voltados para sustentabilidade ambiental, aumento da durabilidade de componentes são exemplos de preocupações atuais no campo da pesquisa voltada para a sustentabilidade.

Paliari e de Souza (1999, p. 3) mostram em seu trabalho que se torna essencial a elaboração de políticas voltadas para a redução das perdas de materiais. Sejam elas no âmbito de toda a cadeia produtiva ou apenas no âmbito do canteiro de obras, há a necessidade de uma metodologia por meio de dados confiáveis e representativos, a proposição de alternativas para a redução das mesmas a patamares aceitáveis.

Assim sendo, trata-se de um material, cujas características técnicas atendem plenamente aos requisitos de desempenho para a aplicação em diversos tipos de serviço, como base para pavimentos rodoviários e aeroportuários, confecção de tijolos maciços e blocos para alvenaria, proteção de taludes de barragens de terra, revestimento de canais, etc. (ABCP, 1986, p. 2; CEPED, 1984, p. 3).

3 Materiais e métodos

3.1 Localização, coleta e análises

A amostragem foi realizada de acordo com a metodologia da (EMBRAPA, 1999), sendo retirada uma quantidade para moldagens de tijolos, e outra para a análise de caracterizações físicas, mineralógicas, e químicas.

3.2 Preparo da mistura

Para a fabricação dos tijolos o solo foi destorroado, passado em uma peneira de malha de 4,8mm segundo o item 4.1.1 da NBR 10832/1989.

Foram confeccionados tijolos maciços no formato 19,5x10x5 cm seguindo a Norma da ABNT (NBR 8491/1984), sendo classificados por esta norma como tijolos do tipo 1 (item 4.3.1), foram feitos traços com adição de 5% e 10% de cimento em volume.

O solo e o cimento foram pesados em uma balança com precisão de 0,5g e a mistura foi feita da seguinte maneira: o solo foi colocado na betoneira acrescentou-se água, por meio de um borrifador. O uso do borrifador mostrou-se eficiente por espalhar a água de forma uniforme, e também evita a formação de grumos de solo. Quando o solo estava homogeneizado e umedecido colocou-se então o cimento. Este foi colocado por último por ser aglomerante, isto é, em contato com a água ele entra em reação. Tomando essas precauções espera-se que o processo de hidratação do cimento comece de forma uniforme em toda a mistura. Esses cuidados ajudam também o tempo de pega do cimento, visto que o processo de umedecimento e homogeneização é um pouco lento.

A umidade da mistura deve ser observada, pois não pode ficar encharcada e nem muito seca, porque atrapalharia muito a prensagem e a boa compactação dos tijolos. Caso a mistura esteja seca acrescenta-se mais água, e se estiver muito úmida recomenda-se manter a betoneira funcionando, pois isto provocará a perda do excesso da umidade. Isto é válido para pequenas porcentagens. A utilização do borrifador ajuda também a garantir que a água seja distribuída em pequena quantidade, e de forma uniforme, assim contribuindo no controle de umidade e na não formação de grumos.

3.3 Confeção de tijolos

Para a moldagem, a mistura foi retirada da betoneira e colocada num carrinho de mão. Este carrinho fora coberto com sacos umedecidos para evitar a perda de umidade para o meio, durante o transporte e a espera para a prensagem, pois o processo manual é um pouco lento. Os tijolos foram moldados com ajuda de uma prensa manual do tipo MTS-010, onde se colocou a mistura do solo-cimento dando o formato do tijolo de 19,5 x 10 x 5 cm.

3.4 Cura

Após a prensagem os tijolos foram levados até uma câmara úmida para o seu processo de cura, que durou 28 dias. Essa câmara úmida foi feita utilizando-se: lona plástica e tubos de PVC, para a montagem da estrutura e, para umedecimento, utilizou-se um sistema de mangueiras de irrigação do tipo gotejamento. Os tijolos ficaram em prateleiras no seu interior, com umidade média de 88,0% \pm 3,5.

Esta câmara úmida, pelo material utilizado e forma de montagem, torna-se prática e barata. As figuras 05 e 06 mostram o seu interior e uma vista externa, respectivamente.



Figura 05: Câmara úmida interior



Figura 06: Câmara úmida - vista externa

3.5 Método de ensaios

Neste trabalho foram confeccionados tijolos com adição de 5% e 10% de cimento para serem ensaiados aos 7, 14 e 28 dias. Os tijolos com adição de 10% foram ensaiados aos 7 e 14 dias e os tijolos com adição de 5% foram ensaiados aos 14 e 28 porque, em idades inferiores, eles apresentaram resistência insuficiente exigida pelas Normas. Foram ensaiados, quanto à sua resistência, à compressão e à sua absorção d'água, segundo o método de ensaio da NBR 8492/1984.

No ensaio de resistência à compressão, os corpos-de-prova foram capeados utilizando-se uma nata de cimento. Estes foram rompidos por uma prensa eletrônica com velocidade constante de carregamento de 50 kgf/s, obedecendo às especificações da norma NBR 8492/1984. O ensaio de absorção de água, também regido pela mesma norma, utilizou uma estufa ($100^{\circ}\text{C} \pm 5$) e uma balança eletrônica com precisão de 0,5g, ambas atendendo à norma de ensaio.

4 Resultados

A Figura 07 mostra a curva granulométrica do solo local. Abaixo desta, apresenta-se a tabela 01 que quantifica os valores da curva granulométrica, como também mostra os valores do limite de liquidez, limite de plasticidade, o índice de plasticidade e a densidade real dos grãos.

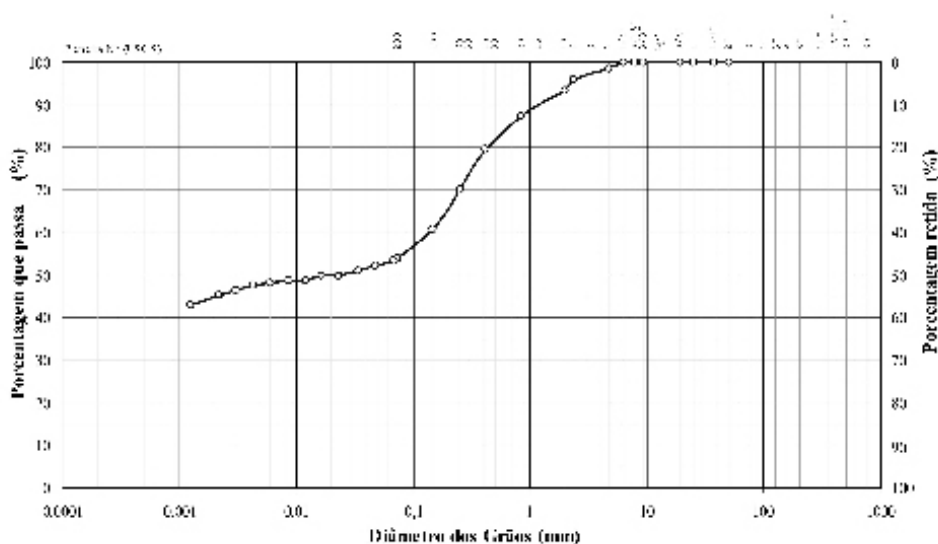


Figura 07: Curva Granulométrica

Tabela 01
Quadro de resultado de ensaios físicos (MIT)

Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)			Pedregulho (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	D R G (g/cm ³)
		Fina	Média	Grossa					
44,9	8,0	12,5	17,4	10,6	6,6	43,8	24,8	19,0	2,71

1) DRG: Densidade Real dos Grãos

Na Figura 08 mostra-se um ensaio de Raios-x da fração argila deste solo onde os picos representam a caulinita e a gibsita.

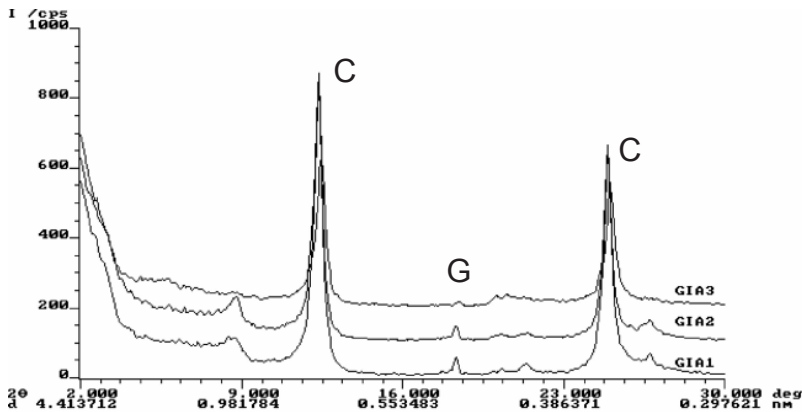


Figura 08: Resultados da Difração de Raios-X

Picos representam a caulinita (C) e a gibsita (G).

A Tabela 02 mostra a composição química semiquantitativa do solo, em forma de óxidos, realizada pelo aparelho de fluorescência de raios-X de energia dispersiva (EDX), modelo Shimadzu EDX-700.

Tabela 02
Resultados do EDX para a fração argila

Configuração química Composição em óxidos	Fração argila (%) (Pó)
SiO ₂	48,142
Al ₂ O ₃	43,774
Fe ₂ O ₃	3,113
TiO ₂	1,707
SO ₃	1,512
K ₂ O	1,362
CaO	0,217
V ₂ O ₅	0,119
Outras	0,054

Na Tabela 03 encontram-se os dados iniciais do solo e da mistura preparada.

Tabela 03
Dados iniciais do solo e da mistura preparada

Densidade aparente do solo (g/cm ³)	1,3
Umidade higroscópica (%)	9,22
Umidade média da mistura (%) (adição de 5%)	17,28
Umidade média da mistura (%) (adição de 10%)	17,89

Para os tijolos maciços, moldados com 5% de adição de cimento, foram feitos os ensaios aos 14 e aos 28 dias para resistência à compressão e absorção de água, como mostram os gráficos 01 e 02, de acordo com a Norma, já comentada.

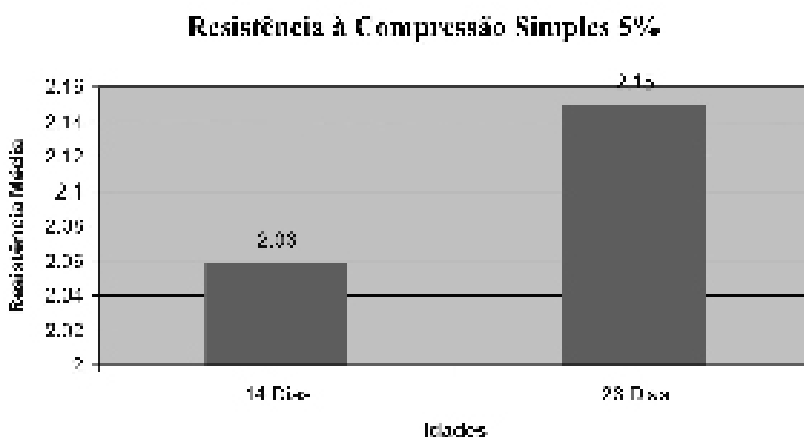


Gráfico 01: Resistência média à compressão simples adição de 5% de cimento

A resistência dos tijolos aos 14 dias, tem como valor médio 2,06 Mpa e desvio padrão de 0,45 MPa, e aos 28 dias o valor de 2,15 Mpa e desvio padrão de 0,30 MPa. As Normas estipulam o valor mínimo aos 7 dias de 2,0 Mpa. Estes tijolos com esta adição poderiam ser usados caso sua cura durasse 14 dias ou mais, atendendo assim à resistência mínima exigida.

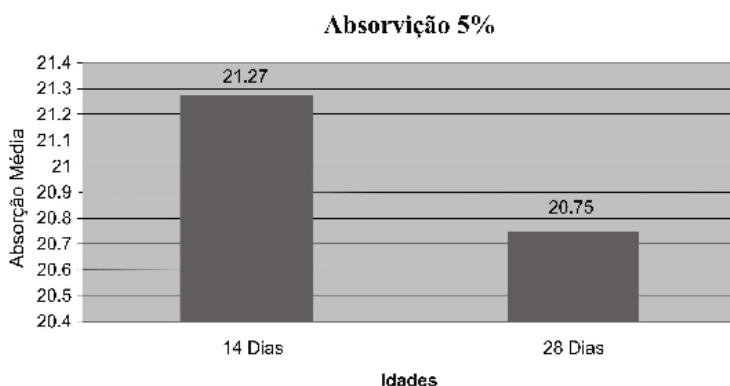


Gráfico 02: Absorção média adição de 5% de cimento

A absorção média dos tijolos aos 14 dias foi de 21,27% e o desvio padrão de 1,15%. Aos 28 dias, de 20,75% e desvio padrão de 1,40%. As Normas estipulam o valor máximo aos 7 dias de 20,0%. Com base no ensaio anterior apresentado, esta adição de cimento deve ser utilizada quando for possível uma cura superior aos 28 dias, logo que o desvio padrão de 1,4% determine uma faixa dentro do estabelecido por Norma. Dando um maior tempo de cura continua o processo de hidratação do cimento e estes tijolos possivelmente atenderão às especificações.

Os ensaios de resistência à compressão e à absorção dos tijolos moldados com 10% de adição de cimento foram realizados aos 7 e 14 dias, como mostram os gráficos 03 e 04, de acordo com a Norma devidamente comentada.

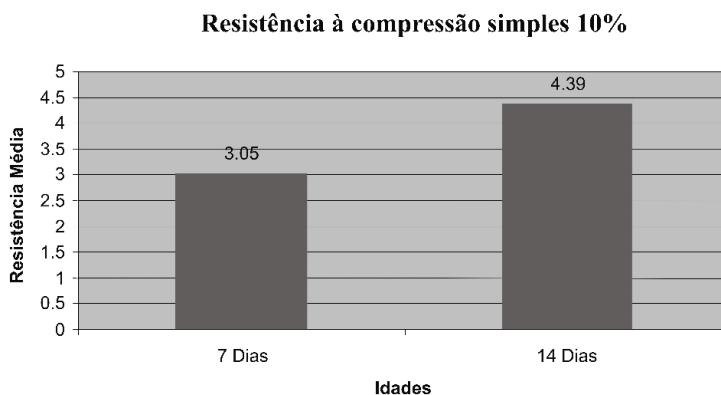
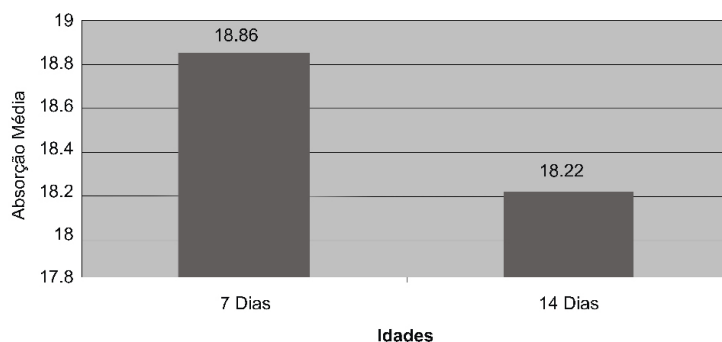


Gráfico 03: Resistência média à compressão simples adição de 10% de cimento

O valor médio de resistência à compressão aos 7 dias foi de 3,05 Mpa e desvio padrão de 0,23 MPa; aos 14 dias, de 4,39 Mpa e desvio padrão de 0,69 MPa. As Normas estipulam o valor mínimo aos 7 dias de 2,0 Mpa. Estes tijolos atendem às Normas, e mostram que, com o aumento da idade de cura, ocorre a contínua hidratação do cimento aumentando a sua resistência. Este ensaio foi realizado até os 14 dias por já ter atingido os parâmetros exigidos.

Absorção 10%



A absorção média dos tijolos aos 7 dias foi de 18,86% e desvio padrão de 0,45%; aos 14 dias de 18,22% e desvio padrão de 0,40%. As Normas estipulam o valor máximo aos 7 dias de 20,0 %. Estes tijolos atendem às Normas. Este ensaio foi realizado até os 14 dias por já ter atingido os parâmetros exigidos.

5 Discussão

Confeccionando tijolos com a adição de 5% e aumentando seu tempo de cura eles podem ser utilizados, tendo-se um maior cuidado quanto à presença de umidade. Eles devem ser impermeabilizados, até 1 metro de altura, e as construções devem possuir apenas 1 pavimento. O teto a ser utilizado deve ser forro sem a presença de laje. No local destinado à caixa de água devem ser utilizados pilares como reforço da estrutura.

Utilizando-se a adição de 10% de cimento, estes tijolos atenderam a todos os requisitos previstos nas normas da ABNT, confirmando afirmação de vários autores de que o solo argiloso necessita de um teor maior de cimento.

Os processos de mistura e de moldagem são simples, facilitando o uso de mão-de-obra não qualificada, o que se torna uma grande vantagem quando esta técnica é utilizada na produção de tijolos para habitação popular.

Foi observado o baixo desperdício de material, pois no caso de quebra ou sobra, ele pode ser novamente utilizado como matéria-prima para a prensagem, desde que o tempo de pega do cimento seja respeitado. Caso o tempo de pega do cimento tenha já se esgotado, as sobras podem também ser usadas novamente, mas agora como “solo”.

Os resultados obtidos para as amostras do Bairro Codin não devem ser extrapolados para outras regiões do município, pois vários estudos sobre os solos que compõem estas regiões mostram variadas formações geológicas.

6 Conclusão

Os tijolos moldados com 10% de adição de cimento atenderam a todos os requisitos previstos nas normas da ABNT. Embora esta adição seja considerada alta para materiais deste tipo, ele ainda é um produto barato e viável.

Para a melhor compreensão deste material devem ser feitas pesquisas quanto à sua durabilidade ao longo do tempo, pois só estes parâmetros não dão base para total confiança em relação ao uso diário.

Como continuidade desta pesquisa também pode ser estudada a adição de 7,5% de cimento que é um valor intermediário entre os já estudados e possui uma grande probabilidade de atingir os valores determinados por Norma.

7 Agradecimentos

À UENF e à Faperj que financiaram todo este projeto.

Referências

ALMEIDA, I. R. Concretos de alto desempenho. A evolução tecnológica dos concretos tradicionais. ANAIS DO 1º SEMINÁRIO FLUMINENSE DE ENGENHARIA. Niterói, RJ: Editados pela Escola de Engenharia da UFF, 1992. p. 113-116.

ANGULO, S. C.; JOHN, V. M. *Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados*. BT/PCC/279. São Paulo: EPUSP, 2001. 16 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). *Dosagem das misturas de solo-cimento: normas de dosagem e métodos de ensaio*. São Paulo: ABCP, ET-35, 1986. 51 p.

_____. *Solo-cimento na habitação popular*. 2. ed. São Paulo: ABCP, EC-4, 1987. 14 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR-6459: Solo - determinação do limite de liquidez*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1984. 3 p.

_____. *NBR-7180: Solo - determinação do limite de plasticidade*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1984. 1p.

_____. *NBR-7181: Solo - análise granulométrica*. Rio de Janeiro. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1984. 13 p.

_____. *NBR-8491: Tijolo maciço de solo-cimento*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1984. 4 p.

_____. *NBR-8492*: Tijolo maciço de solo-cimento - Determinação da resistência à compressão e da absorção de água. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1984. 5 p.

_____. *NBR-10832*: Fabricação de tijolo maciço de solo-cimento com utilização de prensa manual. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1989. 3 p.

BAPTISTA, C. de F. N. *Pavimentação*. Compactação de Solos no Campo; Camadas de Base; Estabilização de Solos. Tomo II, 2. ed. Porto Alegre: Editora Globo, 1976. 178 p.

CARDOSO, L. R. de A. et al. Productive Chain Modelling in Housing Construction in Brazil, Aiming at a Prospective Study, XXX IAHS, WORLD CONGRESS ON HOUSING: Housing Construction – an interdisciplinary task, sep. 9-13, 2002, Coimbra, Portugal: Oktay Ural: Vitor Abrantes: António Tadeu. 7 p.

CENTRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DA BAHIA (CEPED). Cartilha para construção de paredes monolíticas em solo-cimento. 3. ed. revisada e ampliada. Rio de Janeiro: BNH-DEPEA, 1984. 32 p.

EMBRAPA. *Sistema brasileiro de classificação de solos* - Brasília. Embrapa Produção de Informação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

FASSONI, D. P. *Fabricação Artesanal de Tijolos de Terra Crua – Adobe*. 71ª SEMANA DO FAZENDEIRO, Curso 64, 16 a 20 de out. 2000. Viçosa, MG: UFV. 10 p.

FERRAZ, R. L.; BELICANTA, A.; GUTIERREZ, N. H. M. *Estudo comparativo de alguns métodos de dosagens de misturas solo-cimento*. Maringá, PR: Editora EDUEM: UEM, 2000. 6 p.

FIQUEROLA, V. Alvenaria de solo-cimento. *Revista Techné*, n. 85, abr., São Paulo: Editora Pini, 2004.

HANDY, R. L. Cementation of soil, minerals with Portland cement or alkalis. *Highway Res. Board Bul.* 198: 55-64. 1958.

LOPES, W. G. R. *Solo-cimento reforçado com bambu*: características físico-mecânicas. Campinas, SP: 2002. 158p. Dissertação de Doutorado. UNICAMP.

MACHADO, C. C.; LIMA, D. C.; ALMEIDA, R. M. Estudo do comportamento da mistura solo-cimento reforçado com fibra sintética para uso em estradas florestais. *CERNE*, v. 4, n. 1, p. 123-128, 1998.

MYRRHA, M. A. L. Guia de Construções Rurais à Base de Cimento, Fascículo 2: *Como usar os materiais*. São Paulo: ABCP, 2003. 54 p.

PALIARI, J. C.; DE SOUZA, U. E. L. *Metodologia para coleta e análise de informações sobre consumo e perdas de materiais e componentes nos canteiros de obras de edifícios*. BT/PCC/242. São Paulo: EPUSP, 1999. 20 p.

PITTA, M. R. Estabilização com solo-cimento. *Revista Techné*, n.17, jul./ago. São Paulo: Editora Pini, 1995. 96 p.

ROLIM, M. M.; FREIRE, W. J.; BERALDO, A. L. Análise comparativa da resistência à compressão simples de corpos-de-prova, tijolos e painéis de solo-cimento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 3, n. 1, p. 89-92, Campina Grande, PB: DEAg-UFPB, 1999.

SEGANTINI, A. A. S. *Utilização de solo-cimento plástico em estacas escavadas com trado mecânico em Ilha Solteira – SP*. 2000. Tese de Doutorado, Campinas, SP: FEAGRI, UNICAMP, 176 p.

SENÇO, W. *Manual de Técnicas de Pavimentação*. Capítulo 4, v. II. São Paulo: Pini, 2001. p. 46-143.

