

Avaliação da resistência mecânica de diferentes traços de solo-cimento estabilizados com areia

E. M. Kolling¹, E. Trogello^{2*}, A. J. Modolo³

¹Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná/UTFPR, Rua Cristo Rei, 19, CEP 85902-490, Toledo, PR

²Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa/UFV, CEP 36570-000, Viçosa, MG, Brasil.

³Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná/UTFPR, CEP 85503-390 - Pato Branco, PR, Brasil.

(Recebido em 08/08/2012; revisado em 05/12/2012; aceito em 14/12/2012)

(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

Resumo:

O presente trabalho objetivou avaliar a resistência mecânica de corpos de prova cilíndricos de solo-cimento produzido com diferentes composições de solo argiloso, areia e cimento. Para tal, o solo foi caracterizado granulometricamente e estabilizado com areia, tomando como referência testes de retração do material. Para o solo estabilizado com areia foram analisados seis tratamentos (em massa), sendo: 1:10, 1:11, 1:12, 1:13, 1:14, 1:15 (partes de solo mais areia, por parte de cimento). Os tratamentos foram conduzidos à determinação de umidade ótima de compactação e a partir da qual foram moldados os corpos de prova cilíndricos. Cumprido os períodos de cura de 7 e 28 dias, os mesmos foram capeados e submetidos a ensaios de compressão simples e diametral em máquina universal de ensaios. Os resultados identificaram variação da umidade ótima de compactação de 12,8% a 14,2%. Todos os tratamentos obtiveram resistência a compressão simples superior a 2 MPa e ganhos de resistências superiores a 60% entre os períodos de cura.

Palavras-chave: Arquitetura e construção com terra; caracterização mecânica; solo-cimento.

Abstract:

This study aimed to evaluate the strength of cylindrical specimens of soil-cement produced with different compositions of clay soil, sand and cement. To this end, the soil was characterized granulometrically and stabilized with sand, taking as reference material shrinkage tests. For the sandy soil stabilized with six treatments were analyzed (by weight) to be analyzed, as follows: 1:10, 1:11, 1:12, 1:13, 1:14, 1:15 (parts of soil and sand by cement). The treatments were conducted to determine the optimum moisture for compaction and from which the molded cylindrical specimens. Completed the curing periods of 7 and 28 days, they were capped and tested for compressive and diametral on universal testing machine. The results showed variation in the optimum moisture for compaction of 12,8% to 14,2%. All treatments had a compressive strength exceeding 2 MPa and gains strength higher than 60% between the periods of healing.

Keywords: Architecture and earth construction; mechanical characterization; soil-cement.

1. Introdução

O progresso tecnológico traz inovações nos produtos industrializados, porém, paralelamente a isso são extraídos de forma indiscriminada recursos naturais gerando resíduos que não são aproveitados pelo homem, provocando danos ambientais irreversíveis. Neste sentido a construção civil, por se utilizar de materiais e energia em larga escala, tem contribuído significativamente para o esgotamento desses recursos [1].

Visando soluções que minimizem a degradação ambiental e ao mesmo tempo reduzam os custos do produto final, buscam-se materiais e técnicas que utilizem racionalmente os

recursos naturais [2]. Logo, o solo-cimento está em plena sintonia com critérios técnicos, econômicos e ambientais. Nos últimos anos, diversas pesquisas vêm sendo realizadas visando à redução do custo, tanto do concreto quanto da estabilização do solo por meio da utilização de solo-cimento [3].

O solo-cimento é definido como uma mistura de solo pulverizado, cimento e água, que, sob compactação na umidade ótima, constitui um material estruturalmente resistente, estável e durável [4]. Tal mistura tem várias aplicações, podendo, por exemplo, ser utilizada na forma de tijolos, blocos, pavimentação, paredes e muros, ou ensacado para a contenção de taludes e barragens.

*Email: etrogello@yahoo.com.br (E. Trogello)

No Brasil, a produção e a aplicação de solo-cimento ainda é mais expressiva em obras de pavimentação (mais de 90% das bases das rodovias do país são de solo-cimento compactado), reforços e melhorias de solos e, finalmente em barragens e contenções [5].

Este material é uma solução simples, prática e avançada que permite uma considerável redução dos custos de construção, visto que utiliza o solo da própria obra, dispensa o uso de equipamentos sofisticados e apresenta um consumo de energia em acordo com as características ambientais e culturais das regiões brasileiras [6].

A principal desvantagem relativa ao solo-cimento é a vasta gama de solos existentes, visto que o tipo de solo influencia nas características físicas e mecânicas da mistura de solo com cimento.

Solos que contenham de 50% a 90% de areia produzem solo-cimento com maior durabilidade, sendo que solos argilosos apresentam maior gasto com cimento e maior dificuldade na pulverização e estabilização da massa em função da baixa porcentagem de areia [7]. Já a Portland Cement Association (1969), (apud [8]) considera excelentes os solos arenosos e pedregulhosos que contenham entre 65% e 90% de areia e silte mais argila variando de 10% a 35%.

Para regiões onde os solos característicos são argilosos o emprego deste como elemento base de solo-cimento está sujeito a sua correção, que pode ser tanto pela mistura de diferentes tipos de solo como pela adição de areia, ou resíduos. Porém, quando é efetuada a adição de areia, há limites técnicos e econômicos para isso [7].

Considerando o fato, objetivou-se neste trabalho avaliar tecnicamente a utilização de um solo argiloso, característico da região de estudo, estabilizado com areia, na constituição de solo-cimento. Buscou-se corrigir o solo dentro de padrões recomendáveis e avaliar diferentes proporções dos materiais, considerando a melhor quantidade de água na sua constituição.

2. Materiais e Métodos

2.1. Caracterização e classificação do solo

O solo empregado no experimento foi coletado nas dependências do Campus da Universidade Tecnológica Federal do Paraná a uma profundidade média de 0,2 a 0,3 m de modo a minimizar a presença de matéria orgânica. O mesmo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférrico, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos [9],

O solo foi caracterizado seguindo a classificação TRB (Transportation Research Board) aplicada no reconhecimento de solos para pavimentos rodoviários [10]. Nesta classificação estabelece-se uma hierarquização para os solos do subleito a partir da realização de análise granulométrica por

peneiramento e sedimentação e a determinação dos limites de liquidez e de plasticidade [11].

Para determinar a composição do solo (areia, silte e argila), realizou-se uma análise granulométrica, conforme metodologia da EMBRAPA [12]. A análise granulométrica do solo foi realizada pelo Laboratório de Mecânica dos Solos, do Departamento de Agronomia, da UTFPR-Pato Branco.

O limite de liquidez foi determinado conforme preconiza a norma NBR 6459 [13], sendo executada com amostras preparadas com secagem prévia.

O limite de plasticidade foi determinado de acordo com a norma NBR 7180 [14]. Para tal, a amostra utilizada passou por secagem prévia e após pequenas adições de água destilada, foi moldada com base em um gabarito cilíndrico e levada a estufa para obtenção da umidade (%), obtida pela relação entre a massa seca e úmida do material.

2.2. Definição das proporções/traços dos materiais

Para análise e definição das proporções, o solo foi peneirado a fim de se utilizar apenas os passantes por malha de 4,8 mm [7].

2.2.1. Estabilização do solo com areia

Considerando a inabilidade dos solos argilosos para composição de solo-cimento, foram realizados testes de retração do solo com acréscimos de areia (granulometria média), também denominada “estabilização granulométrica”. As correções foram feitas de tal forma para que o solo apresentasse em sua configuração final 60%, 70% e 80% de areia, de modo a identificar a quantidade de solo mais areia ideal para composição dos tratamentos.

O teste de retração, para verificação da possibilidade de emprego do solo na fabricação de solo-cimento, seguiu a recomendação da [7]. Para tal, misturou-se o material, nas proporções acima mencionadas, com água até atingir consistência de argamassa de assentamento, e em seguida, com essa argamassa foi preenchido caixas de madeira nas dimensões de 8,5 x 3,5 x 60 cm, pressionando e alisando a superfície a fim de evitar espaços vazios. Após sete dias, em ambiente protegido, tomou-se os dados de retração longitudinal e avaliação de fissuras. A tomada de decisão, relacionada a adequação da porção ao seguimento do estudo foi baseada em uma retração menor que 20 mm, desde que sem fissuras.

2.2.2. Teor de cimento

Segundo a NBR 12253 [15], o cimento representa uma quantidade que varia entre 5% e 10% da massa do solo, sendo suficiente para promover a estabilização e conferir as

propriedades de resistência desejadas, sendo que as variações no teor de cimento ocorrem pela vasta diversidade de solos existentes. Entretanto, para [16], a quantidade de cimento varia entre 12% a 15%, em massa. A [7] recomenda, em obras de pequeno porte, a utilização da proporção padrão de 12 partes de solo para uma parte de cimento (em volume) que corresponde a uma proporção em massa aproximada de 1:7.

Considerando a diversidade de solos que podem ser empregados como base para o material solo-cimento e os vários tratamentos sugeridos por trabalhos de natureza comum, no presente trabalho foram adotados seis teores de cimento (1:10, 1:11, 1:12, 1:13, 1:14, 1:15 (partes de solo mais areia, por parte de cimento)), de modo a contemplar as recomendações da bibliografia permitindo a comparação de dados.

O cimento empregado foi o CP II- Z- 32.

2.2.3. Umidade ótima de compactação

Sabe-se que a empregabilidade do solo-cimento está condicionada à compactação da mistura, o que lhe confere algum grau de resistência.

De acordo com [17], a compactação na umidade ótima pode configurar melhor desempenho mecânico ao solo. Desta forma, a quantidade de água empregada teve como base o ensaio de compactação de solo-cimento proposto pela NBR 12023 [18]. Esse ensaio fornece como resultado a umidade ótima para a máxima massa específica aparente seca, denominada “umidade ótima de compactação” onde teoricamente a resistência seria maior devido à máxima compactação do material.

Assim, as misturas de solo mais areia nos seis diferentes teores de cimento, perfazendo proporções iniciais, em massa, de 1:10, 1:11, 1:12, 1:13, 1:14 e 1:15 (partes de cimento para partes de solo seco mais areia), foram submetidos a ensaio de compactação a fim de determinar a umidade ótima para compor a dosagem a ser adotada na moldagem dos corpos-de-prova.

A realização do ensaio consistiu em preparar amostras homogêneas das proporções estudadas, para em seguida receberem diferentes quantidades de água, de forma a atingir teores de umidade variando entre 10 e 18%. Com base no ensaio de Proctor foi obtida a massa específica aparente seca para todos os tratamentos nas diferentes umidades e, com base nas curvas de compactação geradas pode-se obter a maior massa específica aparente seca e a umidade ótima para cada tratamento analisado.

2.3. Caracterização mecânica

2.3.1. Moldagem e cura dos corpos-de-prova

Os corpos-de-prova cilíndricos foram moldados de acordo com a norma NBR 12024 [19].

A moldagem foi realizada a partir da compactação do material em cilindro de 20 x 10 cm (com volume útil de 1000 cm³ e dimensões do corpo-de-prova de 12,37 cm de altura e 10 cm de diâmetro) onde se utilizou um soquete de 2,5 kg caindo de uma altura de 30 cm, compactando-se o material em 3 camadas com 26 golpes, sendo o corpo-de-prova retirado com o uso do extrator hidráulico, efetuando-se quatro repetições para cada tratamento. após moldados os corpos-de-prova foram alocados em uma caixa fechada provida de uma lâmina de água no fundo, a fim deter-se de certo controle sobre a temperatura e umidade relativa. Para fins exclusivos de dosagem de solo-cimento, a NBR 12024 [19] preconiza um período de cura de sete dias, no entanto, foi avaliado também o comportamento mecânico dos corpos após tratamentos por 28 dias, de modo a permitir comparações de ganho de resistência.

2.3.2. Ensaio de caracterização mecânica

O ensaio de compressão simples foi realizado com auxílio de uma Máquina Universal de Ensaio, marca EMIC, e conduzido conforme orientações da norma NBR 12025 [20], com velocidade de carregamento de 1 mm/min. Para tal, após os períodos estabelecidos de cura, os corpos-de-prova foram capeados com uma camada de enxofre, e submetidos ao ensaio de compressão, em carregamento constante, até o rompimento. A resistência (expressa em MPa) foi obtida pela relação entre a força aplicada e a área da seção transversal do corpo-de-prova de cada tratamento.

Os dados obtidos referentes a caracterização mecânica dos diferentes traços de solo-cimento estabilizados com areia foram submetidos ao teste de comparação de médias, utilizando o aplicativo ASSISTAT 9.0 a um nível de significância de 5%.

3. Resultados e Discussão

3.1. Caracterização e classificação do solo

A análise granulométrica do solo empregado identificou a composição de 56,4% de argila, 9,8% de areia e 33,8% de silte. Os ensaios de limite de liquidez e limite de plasticidade apresentaram valores de 49,28% e 23,80%, respectivamente, resultando em índice de plasticidade (IP) de 24,48%. Os dados aplicados a tabela de materiais silto-argilosos [10] classificaram o material como solo argiloso A-7-6 de

comportamento sofrível a mau para a utilização como subleito.

3.2 Definições das proporções dos materiais

As análises referentes aos testes de retração dão conta de que o solo estabilizado com areia, no total de 60% não é adequado ao uso, visto que o primeiro apresentou retração de 2,2 cm. Já nas correções de 70% e 80%, foram verificadas retrações médias de 1,6 e 1,4 cm, respectivamente, sendo, portanto, estas correções admissíveis para a utilização no solo-cimento.

As observações tomadas corroboram com a afirmação de [21], que quanto maior a fração argilosa de um solo, maior será a sua tendência à retração.

Tendo em vista que as amostras constituídas de 70% e 80% de areia tiveram retrações dentro do recomendado por [7] e pela Portland Cement Association (1969 apud [8]), utilizou-se para a sequência do estudo uma porcentagem média de 75% de areia para correção do solo e emprego deste como base para a composição do solo-cimento. A partir da correção o solo foi reclassificado, apresentando 15,63% de argila e 9,37% de silte, limites de liquidez e plasticidade de 17,52% e 15,79%, respectivamente. A nova classificação do solo estabilizado foi A-2-4, indicando um solo constituído de areia siltosa/argilosa e com um bom comportamento como subleito.

As proporções iniciais foram compostas de 10 à 15 partes de solo mais areia, acrescidas de uma parte de cimento (em massa). Desta forma, avaliou-se no estudo as proporções de 1:10, 1:11, 1:12, 1:13, 1:14, 1:15 (partes de cimento para partes de solo estabilizado com areia), sendo esses correspondentes a teores de cimento recomendados pela NBR 12253 [14] e no Manual de Pavimentação [10].

O ensaio de compactação permitiu determinar os dados de massa específica aparente seca e umidade ótima de compactação para cada tratamento avaliado, os quais são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Massa específica aparente seca (MES) e umidade ótima de compactação (UOC) em função das diferentes proporções utilizadas.

Tratamentos	MES (g/cm ³)	UOC (%)
1:10	1,92	12,8
1:11	1,91	13,3
1:12	1,88	13,8
1:13	1,91	13,5
1:14	1,89	13,6
1:15	1,88	14,2
CV(%)	0,50	0,79

CV: Coeficiente de variação.

No estudo de [22], a umidade ótima obtida para um solo arenoso contendo 57,7% de areia fina, foi de 12,7%. Já [23], trabalhando com solo composto por 81% de areia obteve umidade ótima de 14% e massa específica aparente seca de 1,81 g/cm³. Os valores descritos pelos autores apresentam-se próximos aos resultados obtidos para solo-cimento. No presente estudo, os tratamentos diferem na quantidade de cimento, no entanto, o acréscimo deste material não mostrou influência nos valores de massa específica seca e umidade ótima.

Os resultados da compactação do solo-cimento demonstraram similaridade ao estudo de [24], que, para um solo com 65% de areia, obteve a umidade ótima de 12,6% e massa específica aparente seca de 1,93 g/cm³, para uma adição de 10% de cimento (equivalente à proporção 1:10, em massa). Ainda para os autores, o teor de 7% de cimento adicionado à mistura, equivalente à proporção de 1:14, apresentou umidade ótima de 12,5% e massa específica aparente seca de 1,92 g/cm³, enquanto para o estudo em questão obteve-se 13,6% e 1,89 g/cm³.

No estudo de [25], contando com um solo arenoso com 72% de areia, os autores identificaram para um acréscimo de 8% de cimento (equivalente a 1:12,5), umidade ótima de 11,5% e massa específica aparente seca de 1,96 g/cm³. Comparando, tal estudo, com os valores obtidos para os tratamentos 1:12 e 1:13, contidos na Tabela 1, observa-se que são ligeiramente superiores para a umidade ótima e pouco menores para a massa específica aparente seca, as características dos solos empregados nos estudos podem ter contribuído para a diferença.

Para um solo com 61% de areia e um teor de 8% de cimento, [26], obtiveram umidade ótima de 13,0% e uma massa específica aparente seca de 1,88 g/cm³. Já [27] obtiveram, para um mesmo teor de cimento e solo contendo 72% de areia uma umidade ótima de 13,4% e massa específica aparente seca de aproximadamente 1,87 g/cm³. Nota-se que apesar de haver variações no teor de areia de cada solo não ocorreram variações significativas de umidade ótima de compactação, em comparação com os resultados obtidos.

3.2 Resistência Mecânica

Os dados resultantes dos ensaios representam a média de quatro corpos-de-prova. A Tabela 2 apresenta a resistência à compressão simples, obtida a partir de corpos-de-prova moldados nos tratamentos iniciais e com a umidade ótima de compactação.

Como se observa na Tabela 2, todos os tratamentos obtiveram resistência a compressão acima de 2 MPa. A resistência mínima de 2 MPa é suficiente para garantir a qualidade de blocos de solo-cimento [28]. O valor de resistência a compressão simples de 1 MPa é o mínimo

necessário para que as misturas de solo-cimento posteriormente possam ser utilizadas como componentes construtivos [29].

Como esperado o tratamento de 1:10, que dispõe da maior quantidade de cimento apresentou maior resistência a compressão, perfazendo 2,91 MPa para sete dias de cura. Entretanto, não se observou uma redução de resistência com a diminuição da quantidade de cimento nos demais tratamentos, possivelmente pela a quantidade de água empregada em cada tratamento ter sido diferente, em função da umidade ótima de compactação.

Tabela 2. Resistência mecânica a compressão simples em diferentes períodos de cura

Tratamento Traço	Resistência Média (Mpa)	
	7 dias	28 dias
1:10	2,91a	4,93a
1:11	2,32cd	4,03c
1:12	2,22d	3,56d
1:13	2,44bcd	4,18bc
1:14	2,61b	4,40b
1:15	2,52bc	4,08bc
Teste F	16.7631**	33.2795**
DMS	0,27	0,35
CV%	4,76	3,73

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo Teste F. DMS: diferença mínima significativa. CV: coeficiente de variação.

A menor resistência a compressão simples foi registrada para o tratamento 1:12, na ordem de 2,22 MPa. Considerando que este traço é frequentemente recomendado para compor solo-cimento, salientamos que no presente estudo, o solo natural é argiloso e não recomendado para emprego. Assim, sua correção com areia e o emprego da umidade ótima para o tratamento já composto de cimento podem ter influenciado os valores de resistência mecânica.

Utilizando um tratamento de 1:12, [30] também registraram resistência superior a 2 MPa para corpos-de-prova de solo-cimento, porém com adição de 57% de resíduo cerâmico moído. Valor superior foi registrado por [25] para corpo-de-prova de solo-cimento e tratamento equivalente, indicando uma resistência média à compressão de 3,26 MPa. Ambos os estudos referem-se à resistência aos sete dias de cura.

O ganho médio de resistência entre os períodos de cura foi 67,55%. Ainda pela Tabela 2, é possível verificar que o

maior ganho foi observado para o tratamento 1:11 e o menor para o tratamento 1:12, perfazendo 73,71% e 60,36%, respectivamente. Os valores de ganhos de resistência encontrados estão dentro dos patamares identificados em outros estudos, porém avaliando tijolos de solo-cimento.

No trabalho de [26] analisando a influência da adição de resíduos de concreto nas características físicas e mecânicas de tijolos de solo-cimento, os autores obtiveram ganhos de 49% a 112%.

Determinando a resistência à compressão de tijolos de solo-cimento fabricados com montículo do cupim, [31] encontrou um ganho de 7 para 28 dias de cura de 46,1%. Para o mesmo intervalo de cura, [32] obtiveram ganhos de 38% a 63%, avaliando a utilização de cimento em solos residuais graníticos.

Na Figura 2 é possível verificar o comportamento da resistência à compressão dos corpos de prova em função do período de cura e da umidade ótima empregada em cada tratamento.

Conforme se observa na Figura 2, os dados de resistência tendem a reduzir com o aumento da umidade. O comportamento é similar para os dois períodos de cura estudados.

Essa observação foi igualmente verificada por [33], que, trabalhando com solos artificialmente cimentados, verificou que a variação do teor de umidade de moldagem afetou significativamente a resistência à compressão simples em misturas compactadas numa mesma massa específica aparente seca.

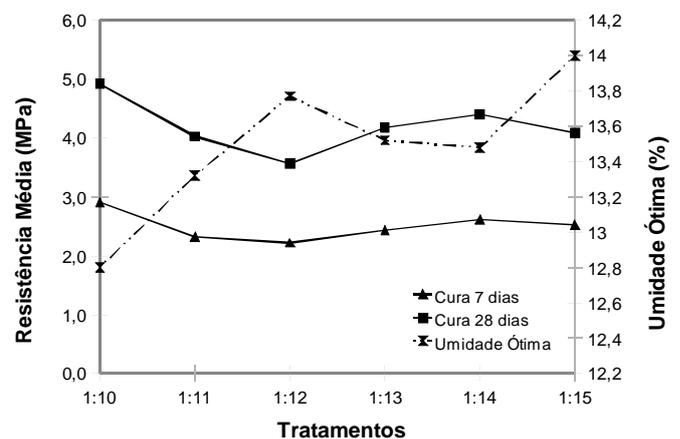


Figura 2. Comportamento da umidade ótima e da resistência à compressão de solo-cimento para sete e 28 dias de cura.

4. Conclusões

O teor de umidade ótima de compactação variou entre 12,8% e 14,2%. A resistência à compressão simples foi superior a 2 MPa para todos os tratamentos. De 7 para 28 dias de cura os tratamentos obtiveram ganhos de resistência acima de 60%, chegando a 73,71% para o tratamento de 1:11. Por fim, tem-se que solo argiloso estudado, estabilizado com areia, apresentou resultados similares a estudos que empregaram solos naturalmente arenosos na composição de solo-cimento.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação Araucária e a UTFPR pelo apoio financeiro e estrutural para desenvolvimento do presente trabalho.

Referências

- [1] Milani, A. P. S., Freire, J. W. Avaliação física, mecânica e térmica de misturas de solo-cimento adicionadas de cinza de casca de arroz sem atividade pozolânica. Teoria e Prática na Engenharia Civil, v. 3, n.11, 2008.
- [2] John, V. M., Cincotto, M. A., Silva, M. G. Cinza e Aglomerantes Alternativos. In: Freire, W. J., Beraldo, A. L. Tecnologia e materiais alternativos de construção. Campinas: Editora da UNICAMP, 2003. Cap.6, p. 145-90.
- [3] Akasaki, J. L., Silva, A. P. Estudo de composições do solo estabilizado com cal e resíduos agroindustriais. In: IV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. SBEA - Foz do Iguaçu. 2001.
- [4] Freire, W. J., Beraldo, A. L. Tecnologia e materiais alternativos de construção, Unicamp, Campinas – SP, 2003. p.27-54.
- [5] Grande, F. M. Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa. 2003. 165 f. Dissertação (Mestrado) Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.
- [6] Taveira, E. S. N. O solo-cimento no campo e na cidade: Construir, morar, habitar. UNIOESTE – Cascavel. (1988).
- [7] Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP). Guia de construções rurais à base de cimento. São Paulo – SP, 1985.
- [8] Ferraz, A. L. N. Análise da adição de resíduos de argamassa de cimento em tijolos prensados de solo-cimento. 2004. 114 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, SP, 2004.
- [9] Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- [10] Instituto de pesquisas rodoviárias, departamento nacional de estradas de rodagem, ministério dos transportes. Manual de Pavimentação. 2 ed. DNER: Rio de Janeiro, 1996.
- [11] Chaves, F. J. Caracterização geotécnica de solos da formação barreiras da região metropolitana de fortaleza para aplicação em obras rodoviárias. 2000. Dissertação (Mestrado) COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, 2000.
- [12] Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. 2 ed. Centro Nacional de pesquisa de solos: Rio de Janeiro, 1997.
- [13] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6459 - Solo-cimento - Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro: ABNT, 1984. 6p.
- [14] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7180 - Solo-cimento - Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.3p.
- [15] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12253 – Solo cimento – Dosagem para emprego como camada de pavimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.4p.
- [16] Filho, E. M. F. Construção com solo-cimento. Disponível em <<http://www.ceplac.gov.br/radar/Artigos/artigo7.htm>>. Acesso em 8 de maio de 2010.
- [17] Caputo, H. P. Mecânica dos solos e suas aplicações, fundamentos. 6 ed. Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos, 1988.
- [18] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12023 - Solo-cimento - Ensaio de compactação. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.6p.
- [19] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12024 - Solo-cimento - Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.5p.
- [20] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12025 - Solo-cimento - Ensaio de compressão simples de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 1990.2p.
- [21] Specht, L. P. Comportamento de solo cimento fibra submetidas a carregamentos estáticos e dinâmicos visando a pavimentação. 2000. 132f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2000.
- [22] Silva, R. B. da, Ferreira, A. A. E., Couto, C. R., Segantini, A. A. S. Estudo da resistência a compressão do solo-cimento com adição de resíduos de construção por meio de ensaios em corpos-de-prova cilíndricos. In: XXI Congresso de Iniciação Científica da UNESP, São José do Rio Preto, SP, 2009.
- [23] Trindade, T. P., Iasbik, I., Lima, D. C., Minette, E., Silva, C. H. C., Carvalho, C. A. B., Bueno, B. S., Machado, C. C. Estudos laboratoriais do comportamento de um solo residual arenoso reforçado com fibras de polipropileno, visando à aplicação em estradas florestais. Revista Árvore. p.215-221. 2006.
- [24] Rizzo, R. P., Ribeiro, R. A. V. , Lollo, J. A. Condutividade hidráulica de barreiras de proteção produzidas com solo arenoso estabilizado quimicamente. Holos Environment, v. 4, n. 2, 2004.
- [25] Rolim, M. M., Freire, W. J., Beraldo, A. L. Análise comparativa da resistência à compressão de corpos-de-prova, tijolos e painéis de solo-cimento. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 3,

- n.1, 1999.
- [26] Souza, M. I. B., Segantini, A. A. S., Santos, J. P., Silva, J. P. N. Tijolos prensados de solo-cimento com adição de resíduos de concreto. Encontro Energia do Meio Rural, v. 6, 2006.
- [27] Milani, A. P. S., Freire W. E. J. Características físicas e mecânicas de misturas de solo-cimento e casca de arroz. Revista de Engenharia Agrícola, v. 26, n. 1, 2006.
- [28] Oliver, M., El Gharbi, A. Z., Aden, W. Proposition d'une norme déssai pou lês blocs de terre comprimées. LUON: Laboratoire Geomatériaux, ENTPE, 1995, 13p. Document provisoire de travail.
- [29] Neves, C. M. M. Desempenho de paredes – procedimento adotado para paredes monolíticas de solo-cimento. In: Simpósio de desempenho de materiais e componentes de construção civil, 1., 1988. Anais... Florianópolis, p. 58-64.
- [30] Dallacort, R., Lima Jr., H. C., Willrich, F. L., Barbosa, N. P. Resistência à compressão do solo-cimento com substituição parcial do cimento Portland por resíduo cerâmico moído. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 6, n.3, 2002.
- [31] Albuquerque, L. Q. C. Resistência a compressão de tijolos de solo-cimento fabricados com o montículo do cupim (*Cornitermes cumulans*). Revista Ciência Agrotécnica, v. 32, n. 2, 2008.
- [32] Cruz, M. L., Jalali, S. Melhoramento do desempenho de misturas de solo-cimento com recurso a ativadores de baixo custo. In: 10º Congresso Nacional de Geotécnica. Anais... Lisboa 2006, v. 2, p. 533 – 542.
- [33] Foppa, D. Análise de variáveis-chave no controle da resistência mecânica de solos artificialmente cimentados. 2005. 146f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2005.