

EFEITO DA ADIÇÃO DE RESÍDUO DE CERÂMICA VERMELHA EM MISTURAS DE SOLO-CIMENTO

Ana Carolina Villa Aimi

Acadêmica do curso de Engenharia Civil da Universidade do Vale do Taquari
ana.aimi@universo.univates.br

Fernanda Deconto

Acadêmica do curso de Engenharia Civil da Universidade do Vale do Taquari
fernanda.deconto@universo.univates.br

Jéssica Caroline Moeller

Acadêmica do curso de Engenharia Civil da Universidade do Vale do Taquari
jessica.moeller@universo.univates.br

Emanuele Amanda Gauer

Professora do curso de Engenharia Civil da Universidade do Vale do Taquari
eagauer@univates.br

João Rodrigo Guerreiro Mattos

Professor do curso de Engenharia Civil da Universidade do Vale do Taquari
joao.mattos@univates.br

Resumo. *Os materiais da construção civil são produtos não-renováveis por meios naturais, então, para promover o desenvolvimento sustentável, deve-se haver a conscientização de reciclá-los e reutilizá-los. Além disso, na maioria das vezes, estes resíduos são descartados em locais inadequados, que causam prejuízos ao meio ambiente. Dessa forma, o objetivo deste estudo é analisar a estabilização de um solo sedimentar com adição de diferentes teores de resíduo de cerâmica vermelha e cimento. Para isso, moldaram-se corpos de prova com teores de 0%, 10%, 20% e 30% de resíduo de cerâmica vermelha e 6%, 8% e 10% de cimento. Os resultados mostraram que o resíduo de cerâmica vermelha proporcionou um acréscimo de quase seis vezes na resistência da mistura solo-cimento. Tal fato pode ser explicado, em parte, pela atuação como filer, mas também pelas possíveis reações pozolânicas do resíduo com o cimento.*

Palavras-chave: *Estabilização de solos. Solo-cimento. Resíduo de cerâmica vermelha.*

1. INTRODUÇÃO

Segundo Isaia (2007), a partir do século XX, as descobertas científicas deram um maior embasamento para o estudo das propriedades dos materiais da construção civil e uma melhor compreensão de cada um deles. Isso permitiu que houvesse um aperfeiçoamento dos materiais e das técnicas empregadas. O autor também complementa que os materiais utilizados na construção civil são recursos não-renováveis, uma vez que depois de utilizados, não se renovam por meios naturais, assim, deve-se haver uma utilização racional dos mesmos.

Com o expressivo crescimento da população e a alta densidade habitacional dentro das cidades nos últimos tempos, a construção civil vem se desenvolvendo proporcionalmente a esses fatos. Com isso, os resíduos de construção e demolição estão cada vez mais presentes nas discussões sobre sustentabilidade (REDIVO, 2011).

Sabe-se que, atualmente, há uma grande preocupação com atitudes sustentáveis. Dessa

forma, os profissionais da construção civil devem procurar soluções menos agressivas ao meio ambiente, pois a indústria da construção é uma das maiores contribuintes para a degradação ambiental. Tendo isso em vista, deve-se pensar em um destino adequado para os materiais e resíduos.

Uma prática que tem sido bastante estudada nos últimos anos é a adição de alguns resíduos da construção em matrizes de materiais artificialmente cimentados. Em especial, na área geotécnica, uma das possíveis formas de reaproveitamento dos resíduos é na estabilização química de solos, desenvolvendo, assim, um novo material com capacidade de suprir as condições necessárias para o seu emprego em projetos.

A estabilização de solos com cimento apresenta como principais vantagens a rapidez no ganho de resistência e a boa reação cimentante com diversos tipos de solos. Clough *et al.* (1981) *apud* Foppa (2005) afirmam que o comportamento da areia cimentada se deve ao teor de cimento, densidade da mistura e arranjo dos grãos. Além disso, Schnaid *et al.* (2001) comprovam a existência de uma relação linear entre a resistência à compressão simples e o aumento do teor de cimento para uma areia artificialmente cimentada.

Para a mistura solo-cimento ser de qualidade, depende de vários fatores, como as características do solo e as especificações do cimento utilizado. Há melhora significativa na resistência quando o solo possui uma fração de finos (argila e silte) superior a 20%, pois o material com uma granulometria com diâmetros variáveis resultará numa maior coesão para a mistura solo-cimento e, conseqüentemente, uma melhor compactação (SILVA, 2015).

Diante disso, avaliou-se, nesta pesquisa, o efeito de reaproveitar o resíduo de cerâmica vermelha oriundo de tijolos moídos para contribuir com a estabilização de um solo

sedimentar arenoso de baixa resistência mecânica misturado com cimento. Para tanto, foi avaliada a variação da resistência à compressão simples das misturas solo-cimento com a adição de diferentes percentuais de resíduo de cerâmica vermelha.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O material empregado na pesquisa consiste em diferentes dosagens de misturas solo-cimento com adição de resíduo moído de cerâmica vermelha. Quanto à metodologia empregada na pesquisa, trata-se de uma pesquisa quantitativa, descritiva e experimental.

2.1 Caracterização

Os materiais escolhidos para utilizar na estabilização do solo sedimentar foram resíduo de cerâmica vermelha e cimento portland CP V-ARI. A seguir, apresentam-se maiores detalhes sobre os mesmos.

2.1.1 Solo

O solo utilizado neste estudo é de formação sedimentar do município de Osório/RS, proveniente dos depósitos praias marinhas e eólicas que, de acordo com Spinelli (1999), pertencem ao Sistema Laguna-Barreira III. A escolha por este solo foi devido a sua característica de ser uma areia fina, limpa e uniforme, conforme apontado por Casagrande (2005). Para caracterizar a areia, foram realizados os ensaios de granulometria, massa específica, limites de Atterberg e ensaio de compactação na energia normal.

A análise granulométrica do material foi feita através do peneiramento (fino e grosso) e da sedimentação, conforme procedimento da NBR 7181 (ABNT, 2016a). A Fig. 1 apresenta a curva granulométrica da areia de Osório.

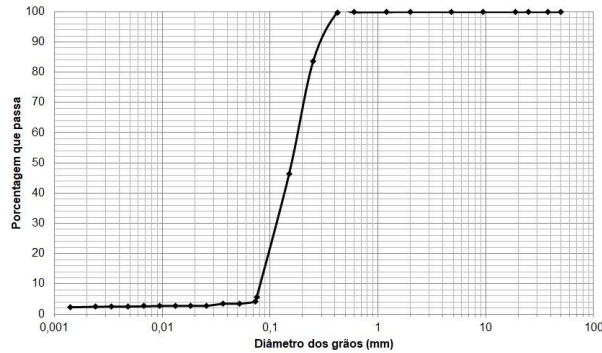


Figura 1. Curva granulométrica da areia

De acordo com a Fig. 1, o solo estudado apresenta um coeficiente de não uniformidade (CNU) de 2,11 e um coeficiente de curvatura (CC) de 0,72. Portanto, percebe-se que a areia de Osório não é muito bem graduada, visto que o valor do CNU é próximo de 2, e que a curva apresenta uma falta de grãos com diâmetros mais graúdos e extremamente finos, uma vez que o CC é menor do que 1.

A massa específica dos grãos (ρ_s) foi obtida pela média de três ensaios utilizando o picnômetro, conforme descrito na NBR 6458 (ABNT, 2017). Assim, a ρ_s da areia de Osório vale 2,536 g/cm³.

Quanto aos limites de liquidez e de plasticidade, devido o material ser predominantemente granular, não foi possível realizar os ensaios. Portanto, atribui-se ao solo o comportamento não-plástico (NP). Dessa forma, o solo foi classificado como pertencente ao grupo A-3 da *Highway Research Board* (HRB) e SP pelo Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS). Ambas classificações convergem para uma areia fina mal graduada.

Por fim, o ensaio de compactação foi realizado conforme a NBR 7182 (ABNT, 2016b), empregando a energia normal de compactação (26 golpes aplicados por camada). Na Fig. 2, é possível verificar a curva de compactação da areia de Osório com incrementos de, aproximadamente, 2% de umidade.

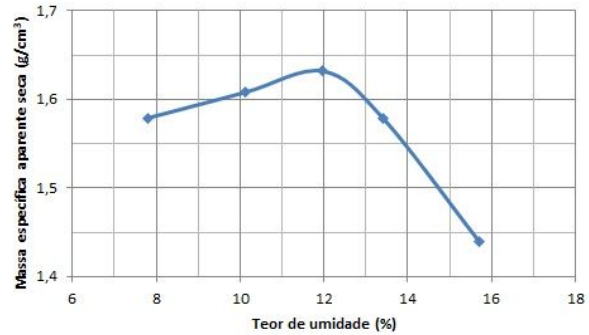


Figura 2. Curva de compactação da areia

A partir da curva de compactação apresentada na Fig. 2, pode-se observar que o teor de umidade ótimo ($w_{ót}$) e a massa específica aparente seca máxima ($\rho_{d,máx}$) é de 12% e 1,63 g/cm³, respectivamente. Cabe salientar que, com a adição do resíduo de cerâmica vermelha e do cimento, esses valores podem sofrer uma pequena variação. Entretanto, para não inserir mais variáveis na análise, optou-se por usar os parâmetros de compactação do solo puro para todas as misturas analisadas.

2.1.2 Cimento

O cimento utilizado nesta pesquisa foi o CPV-ARI (cimento Portland de alta resistência inicial), que foi escolhido por sua alta reatividade em poucos dias de cura e devido ao seu grau de moagem que proporciona um maior rendimento à mistura desejada. O cimento empregado possui, no máximo, 3,5%, 4,5% e 6,5% de resíduo insolúvel, SO₃ e MgO, respectivamente. Além disso, não apresenta adição de escória e nem de material pozolânico. Por fim, pode ter até 10% de filer calcário neste tipo de cimento.

2.1.3 Resíduo de cerâmica vermelha

A cerâmica vermelha, como descrito por Kazmierczak (2007), é obtida a partir de uma massa à base de argila submetida a um

processo de secagem lenta, após a retirada de quase toda a água presente, e queimada em temperaturas elevadas.

Nesta pesquisa, empregaram-se resíduos de cerâmica vermelha composto de argila mole que passa por um processo de moagem e, em seguida, é colocada numa máquina para moldagem de tijolos. Passado esse processo, o tijolo cru permanece aproximadamente por 30 dias em um pavilhão onde a umidade é igual a zero. Após esse período, o tijolo é colocado no forno numa faixa de temperatura de queima entre 900°C e 1000°C e, assim, estará pronto para ser utilizado. Para evitar a contaminação cruzada do material, utilizaram-se os tijolos coletados diretamente na olaria que os fabricou, dando preferência para os quebrados e inutilizáveis para a venda.

Leite e Dal Molin (2002), observaram que o material cerâmico finamente moído poderia contribuir com alguma reatividade pozolânica, melhorando o desempenho mecânico. Isso porque argilas calcinadas a temperaturas não muito altas, possuem um material com maior grau de pozolanicidade.

Por isso, os tijolos defeituosos foram triturados, inicialmente, no britador de mandíbula e, com o tamanho reduzido dos pedaços, colocou-se, então, o material no moinho de bolas, onde obteve-se um pó do resíduo de cerâmica vermelha. Na Fig. 3, pode-se observar o processo de britagem e moagem do resíduo de cerâmica vermelha.



Figura 3. Processo de britagem e moagem do resíduo de cerâmica vermelha

A moagem foi realizada utilizando 500 g do resíduo britado de cerâmica vermelha com 7,4 kg de massa de bolas no moinho até atingir 1500 voltas numa velocidade de 30 rpm. Visando propiciar uma maior possibilidade de reatividade pozolânica, após a moagem do resíduo de cerâmica vermelha no moinho de bolas, peneirou-se o material resultante para adicionar nas misturas solo-cimento apenas o material com tamanho inferior a 0,075 mm, ou seja, passante na peneira N° 200.

2.1.4 Água

A água utilizada neste estudo é potável e proveniente da rede de abastecimento pública do município de Lajeado/RS. A quantidade de água em cada mistura foi calculada em função da umidade ótima do solo utilizado.

2.2 Programa experimental

Neste item, será detalhado o programa experimental empregado na pesquisa, dando ênfase para a dosagem das misturas, moldagem dos corpos de prova (CPs), processo de cura e ruptura dos CPs.

2.2.1 Dosagem das misturas

As porcentagens de cimento empregadas nas misturas foram definidas a partir da recomendação da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 1986), que sugere a relação de teores de cimento em função da classificação HRB, conforme apresentado na Tabela 1. Dessa forma, como o solo estudado foi classificado como sendo do grupo A-3, o teor de cimento recomendado é de 8% em relação à massa, então também foram analisados teores abaixo e acima para verificar o efeito do teor de cimento na resistência das misturas. Portanto, foram avaliados os teores de 6%, 8% e 10% para compor as misturas.

Tabela 1. Teor de cimento recomendado em função da classificação HRB

Classificação HRB	Teor de cimento (%)
A-1-a	5
A-1-b	6
A-2	7
A-3	8
A-4	10
A-5	10
A-6	12
A-7	13

Fonte: ABCP (1986).

Quanto à adição do resíduo de cerâmica vermelha moído, não foi encontrado indicação de teores recomendados, então foram definidos os teores de 10%, 20% e 30%, também em relação à massa. Pela curva granulométrica do solo estudado, percebe-se que existe carência de materiais muito finos (grãos menores que 0,075 mm), então entende-se que esses teores são adequados, pois valores mais elevados que esses podem começar a prejudicar o travamento dos grãos das misturas e não contribuir para o aumento da sua resistência.

Assim, o programa experimental desta pesquisa conta com as dosagens apresentadas na Tabela 2. Para cada dosagem, moldaram-se CPs em triplicata.

Tabela 2. Dosagens estudadas na pesquisa

Dosagem	Teor de resíduo (%)	Teor de cimento (%)	Número de CPs
1	0	6	3
2	0	8	3
3	0	10	3
4	10	6	3
5	10	8	3

Continua...

Continuação da Tabela 2.

Dosagem	Teor de resíduo (%)	Teor de cimento (%)	Número de CPs
6	10	10	3
7	20	6	3
8	20	8	3
9	20	10	3
10	30	6	3
11	30	8	3
12	30	10	3

De acordo com a Tabela 2, o programa experimental consiste na moldagem de um total de 36 CPs que serão rompidos à compressão simples. Com as dosagens propostas será possível identificar o efeito da adição do resíduo de cerâmica vermelha nas misturas solo-cimento estudadas.

2.2.2 Moldagem dos corpos de prova

Inicialmente, destaca-se que, para evitar a interferência de outras variáveis além do teor de resíduo de cerâmica vermelha e do cimento, todos os CPs das misturas foram moldados visando atingir a $w_{ót}$ e a $q_{d,máx}$ do solo puro. A moldagem foi realizada em um cilindro de ferro fundido tripartido, cujas dimensões eram de 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura.

A confecção dos CPs foi realizada pelos procedimentos de pesagem, mistura, compactação e desmoldagem. Após a pesagem dos materiais que compunham a mistura em balança com precisão de 0,01g, misturavam-se primeiro o solo com o resíduo de cerâmica vermelha moído até obter-se uma mistura com coloração homogênea e, em seguida, adicionava-se o cimento e, novamente, misturava-se para homogeneizar. Então, por fim, misturava-se a água.

A quantidade de resíduo de cerâmica vermelha moído adicionada era um percentual referente à massa de solo seca, enquanto que a quantidade de cimento foi calculada percentualmente em relação à massa seca do solo e do resíduo. Já a quantidade de água (teor de umidade) foi calculada em relação à massa seca total da mistura. A massa total da mistura era suficiente para a moldagem de apenas um CP e para coletar uma amostra para determinação da umidade durante a compactação.

Após a mistura dos materiais, dividia-se a massa necessária para a moldagem de um CP em três partes iguais para ser compactada estaticamente com o auxílio de uma prensa manual. O processo de compactação pode ser visto na Fig. 4.



Figura 4. Compactação estática do CP

Após a conclusão da compactação estática, o CP era desmoldado para pesagem e medição com precisão de 0,001 g e 0,1 mm, respectivamente. Para validar a moldagem, empregaram-se as tolerâncias propostas por Dalla Rosa (2009), que consistem em: grau de compactação de 99% e 101% em relação a

$\rho_{d,máx}$ do solo, dimensões com tolerância de $\pm 0,5$ mm no diâmetro e $\pm 1,0$ mm na altura. Além disso, aceitou-se uma variação de $\pm 2\%$ em relação a $w_{ót}$ do solo. Todos os CPs que não atenderam a um ou mais desses critérios de tolerâncias previamente estabelecidos foram moldados novamente para se adequarem. Com isso, foi possível minimizar a dispersão dos resultados obtidos no conjunto da triplicata.

2.2.3 Cura dos corpos de prova

Os CPs foram curados por um período de 7 dias na câmara úmida, este tempo de cura foi definido em função do cimento adotado ser do tipo CPV-ARI. Faz-se necessário a cura ocorrer num ambiente com temperatura e umidade controladas para não afetar as reações químicas das misturas e influenciar nos resultados. Então, a câmara úmida foi ajustada para temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa do ar superior a 95%.

Com o intuito de aproximar a mistura solo-cimento à condição de saturada, 24 horas antes do término da cura, ou seja, antes da ruptura, os CPs foram submersos num recipiente com água. Dessa forma, foi desconsiderada a contribuição da sucção na resistência das misturas. Conforme pode ser observado na Fig. 5, os CPs foram submersos no recipiente de modo a se obter uma lâmina d'água de, aproximadamente, 1,0 cm acima do seu topo.

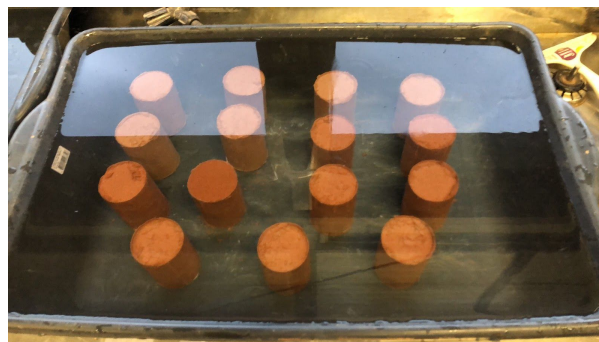


Figura 5. Imersão dos CPs para saturação

2.2.4 Ruptura dos corpos de prova

A resistência à compressão simples é a principal etapa desta pesquisa e tem como objetivo analisar o efeito da adição de resíduo de cerâmica vermelha moído e, também, do teor de cimento empregados nas misturas. Os CPs foram rompidos à compressão simples numa prensa universal de ensaios, automática, cuja capacidade é de 50 kN. A velocidade de deformação empregada no ensaio foi de 1,14 mm/minuto. A resistência à compressão simples da mistura consiste na maior tensão axial que o CP suporta antes de romper.

3. RESULTADOS E ANÁLISES

Após a moldagem dos CPs, percebeu-se que a adição do resíduo de cerâmica vermelha moído alterou visualmente a aparência da mistura em relação ao solo-cimento. A aparência dos CPs solo-cimento se mostra mais porosa e erosiva do que a os com a mistura do resíduo cerâmico, ainda a pigmentação da mistura com resíduo de cerâmica vermelha é mais avermelhada devido a sua composição argilosa, conforme pode ser visto na Fig. 6.



Figura 6. CP's apenas de solo-cimento (à esquerda) e com adição de resíduo de cerâmica (à direita)

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos de resistência à compressão simples (q_u) para os diferentes teores de cimento e de resíduo de cerâmica vermelha moído com o tempo de cura de 7 dias.

Tabela 3: Resultados de q_u (em MPa)

Teor de cimento (%)	Teor de resíduo (%)			
	0	10	20	30
6	0,56	0,20	1,55	3,17
6	0,63	0,19	1,64	3,21
6	0,46	0,14	1,46	3,59
8	0,54	0,77	2,18	3,58
8	0,68	1,05	2,27	3,62
8	0,56	0,78	2,17	3,63
10	0,72	2,00	3,23	3,75
10	0,94	2,24	3,31	3,64
10	0,85	1,88	3,16	4,04

Para uma melhor visualização do efeito da adição de resíduo de cerâmica vermelha na resistência, os resultados apresentados na Tabela 3 foram plotados no gráfico apresentado na Fig. 7. Dessa forma, para cada percentual de resíduo de cerâmica vermelha moído verificou-se a forma da tendência da resistência à compressão simples em função do teor de cimento da mistura.

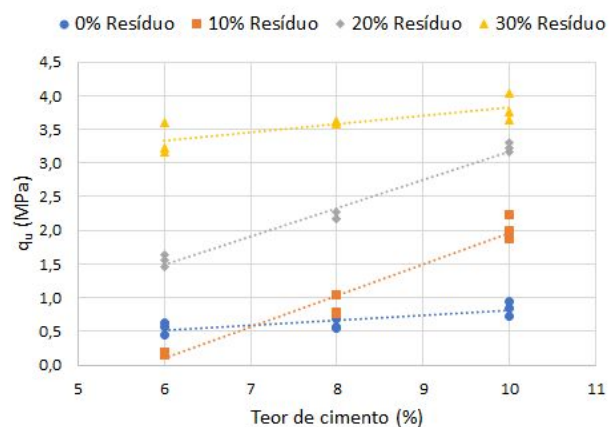


Figura 7. Resistência à compressão simples em função do teor de cimento

Pode-se observar que a mistura solo-cimento na ausência do resíduo de material cerâmico moído apresenta um leve crescimento de tensão de ruptura conforme aumenta o teor de cimento. Já para os percentuais de adição de 10% e 20% de resíduo de cerâmica vermelha a tendência de crescimento com o teor de cimento é muito mais acentuada, demonstrando que, possivelmente, além do ganho de resistência pelo efeito de filler do material adicionado, também deve ter ocorrido aumento da atividade pozolânica das misturas. Entretanto, nas misturas com adição de 30% de resíduo de cerâmica vermelha nota-se um crescimento moderado da resistência com o aumento do teor de cimento, possivelmente devido a sílica contida no resíduo ser excessiva para os maiores teores de cimento, uma vez que para o teor mais baixo de cimento obteve-se um grande aumento de resistência em comparação às misturas com 10% e 20% de resíduo.

Portanto, ao executar o programa experimental proposto nesta pesquisa, foi possível constatar que o resíduo de cerâmica vermelha moído contribui para o ganho de resistência das misturas solo-cimento estudadas e que, devido às características do solo empregado nesta pesquisa, proporcionou o efeito de filler e também deve ter contribuído com o aumento da reatividade pozolânica. Assim, o reaproveitamento do resíduo de cerâmica vermelha mostrou-se com um grande potencial para ser destinado à estabilização de solos.

4. CONCLUSÕES

Esta pesquisa constatou que o resíduo de cerâmica vermelha moído apresenta um resultado promissor quando utilizado para estabilizar solos sedimentares em conjunto com cimento. Teores de até 30% do resíduo proporcionaram um aumento expressivo na resistência à compressão simples, com

destaque para a mistura com 30% de resíduo de cerâmica vermelha e 6% de cimento que se mostrou com a melhor relação custo-benefício devido a resistência atingida e o menor consumo de cimento.

Assim, pode-se afirmar que o resíduo de material cerâmico moído é um material alternativo para misturar ao solo-cimento, tanto pelo seu baixo custo, quanto pelas suas propriedades pozolânicas que desempenham um papel que confere um acréscimo de resistência. Ainda, essa nobre destinação promove a reutilização sustentável de materiais que seriam descartados ao meio ambiente e, por vezes, em locais inadequados que prejudicam o mesmo.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Dosagem das Misturas de Solo-Cimento**: Normas de Dosagem e Métodos de Ensaio. Estudo Técnico 35. São Paulo: ABCP, 1986. 54p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181**: Solo - Análise granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2016a. 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182**: Solo - Ensaio de compactação. Rio de Janeiro: ABNT, 2016b. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6458**: Grãos de pedregulho retidos na peneira de abertura 4,8 mm - Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2016 versão corrigida 2: 2017. 10 p.

CASAGRANDE, M. D. T. **Comportamento de solos reforçados com fibras submetidos a**

grandes deformações. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Civil - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil): Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

DALLA ROSA, A. **Estudo dos parâmetros-chave no controle da resistência de misturas solo-cinza-cal.** 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil): Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

FOPPA, D. **Análise de variáveis-chave o controle da resistência mecânica de solos artificialmente cimentados.** 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil): Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

ISAIA, G. C. A ciência e a Engenharia de Materiais de Construção Civil. In: ISAIA, G. C. **A ciência e a engenharia de materiais de construção civil e princípio de Ciência e Engenharia de Materiais.** 1. ed. São Paulo: IBRACON, 2007. p. 01-36.

KASMIERCZAK, C. S. Produtos de Cerâmica Vermelha. In: ISAIA, G. C. **A ciência e a engenharia de materiais de construção civil e princípio de Ciência e Engenharia de Materiais.** 1. ed. São Paulo: IBRACON, 2007. p. 563-585.

LEITE, B. M.; Dal Molin, D. Avaliação da atividade pozolânica do material cerâmico presente no agregado reciclado de resíduo de C&D. **Sitientibus.** Feira de Santana, n.26, p. 111-120, jan-jun 2002.

REDIVO, M. I. **Utilização de resíduos de cerâmica vermelha em misturas com solo para construção de camadas de pavimentos**

com baixo volume de tráfego. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil - Departamento de Engenharia Civil): Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.

SCHNAID, F.; PRIETTO, P. D. M.; CONSOLI, N. C. Characterization of cement sand in triaxial compression. **Journal of Geotechnical and Geoenvironmental.** New York, V.127, p. 857-868, 2001.

SILVA, A. D. B. **Estudo de misturas solo cimento agregado reciclado de telhas cerâmicas para fabricação de blocos para alvenaria.** 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil - Departamento de Engenharia Civil): Universidade Federal de Uberlândia, MG, 2015.

SPINELLI, L. F. **Comportamento de Fundações Superficiais em Solos Cimentados.** 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil): Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999.