

## **ESTUDO DE TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO COM FIBRAS E PÓ DE COCO TRATADOS QUIMICAMENTE**

**Gisela Azevedo Menezes Brasileiro**  
giselabrasileiro@msn.com

**Franco Felix Caldas Silva**  
francofcs92@hotmail.com

**Resumo:** A degradação ambiental é assunto cada dia mais presente na sociedade, o que pede o desenvolvimento de novas perspectivas e métodos construtivos para que seja possível gerar desenvolvimento na sociedade com o mínimo de danos à natureza. Alarmante também é o déficit habitacional na capital sergipana, constituindo um problema com urgência de resolução. Materiais de construção de solo-cimento podem ser uma alternativa que concilia baixo custo, facilidade na fabricação do tijolo e não consumo de energia elétrica. Sabe-se que incluindo fibras nesses compósitos é possível promover melhora no desempenho mecânico. Os tratamentos químicos das adições podem ser feitos com intuito de melhorar o desempenho dos mesmos, aprimorando suas capacidades mecânicas. Assim, o objetivo desse trabalho foi o desenvolvimento de compósitos de solo-cimento com adições vegetais submetidas a tratamento químico para fins de vedação. Foram incorporadas, na matriz de solo-cimento, fibras curtas e partículas de pó de coco após as mesmas terem recebido tratamento químico. Afim de analisar o efeito dessas adições vegetais, foram produzidos três tipos de compósitos e cada um deles foi submetido a quatro tipos diferentes de tratamento químico. Moldaram-se corpos de prova de referência. Os moldes utilizados foram prismáticos de dimensões 4x4x16 cm<sup>3</sup>. Os resultados mecânicos e físicos mostram que os compósitos com adições vegetais tratadas quimicamente podem ser utilizados como elemento de vedação.

**Palavras-Chave:** Tijolo ecológico. Construção sustentável. Materiais alternativos. Sustentabilidade. Adições vegetais.

## **INTRODUÇÃO**

Um produto que vem sendo utilizado visando reduzir os impactos ambientais e produzir construções com baixo custo, conforme ratifica Borges et al. (2018), são os tijolos de solo-cimento, também chamados de tijolos ecológicos. Segundo Nogueira et al. (2016), os tijolos ecológicos promovem economia na construção e ótimo desempenho, garantindo conforto térmico e acústico.

Solo-cimento é a mistura homogênea composta de solo, cimento Portland e água, sendo comprimida por prensa e endurecida (ABNT, 2012a).

No campo dos tijolos ecológicos é possível promover ainda a adição de materiais diversos com intuito de melhorar suas propriedades. A incorporação de fibras e partículas de pó de coco no tijolo de solo-cimento tem comprovado sua eficiência na melhoria da interação entre adição natural e matriz (Leão, 2012).

Diante do exposto, torna-se clara a importância do aprofundamento dos estudos no campo aqui abordado, promovendo a difusão de novas alternativas construtivas viáveis e menos nocivas ao meio ambiente.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O solo utilizado foi doado pela empresa TORRE Empreendimentos. O cimento utilizado foi o Cimento Portland CP-V ARI RS (Cimento Portland de Alta Resistência Inicial) da Cimento MIZU, em virtude da sua maior velocidade de hidratação e de possuir menor teor de adições minerais que poderiam influenciar os tratamentos da fibra/partículas de pó de coco. A água usada para confecção dos corpos de prova e tratamento das adições

vegetais foi deionizada em um dispositivo de trocaxônica (marca Marte, modelo DM-50). A adiçã vegetal (fibras e partículas de pó de coco) foi doada pela EMBRAPA.

A caracterização dos materiais foi realizada no Laboratório de Materiais do Instituto Federal de Sergipe – IFS.

Inicialmente foi realizada a caracterização granulométrica do solo e do pó de coco, utilizando respectivamente a NBR 7181:2016 (ABNT, 2016c) e a NBR NM 248:2003 (ABNT, 2003).

Em seguida, foi determinado o índice de plasticidade do solo (ABNT, 6459, 1984 e ABNT, 2016b), a massa específica real (DNER, 1995) e o teor de umidade ótima (ABNT, 2016a). Também foram determinadas as massas específicas real (DNER, 1995) e aparente das partículas de pó de coco (ABNT, 1982).

As adições naturais foram utilizadas como recebidas, tendo as fibras sido cortadas em comprimento de 2 milímetros. O diâmetro médio das fibras curtas foi de 0,33mm. As mesmas foram utilizadas substituindo sua quantidade pela equivalente quantidade de solo.

As proporções de adiçã utilizadas foram: 0,25% de adiçã de fibra de coco; 0,25% de adiçã de partícula de pó de coco e 0,75% de fibra e 0,25% de partícula de pó.

Dessa forma, a etapa posterior foi a definiçã dos tratamentos químicos. Os tratamentos utilizados foram: água deionizada a  $100 \pm 5$  °C (A); hidróxido de sódio (HS); hidróxido de cálcio (HC); cloreto de cálcio (CC).

Para os tratamentos químicos das fibras e partículas de pó de coco usou-se uma proporçã de 10 g de adições vegetais *in natura* para cada 100 ml de soluçã de tratamento. Os quatro tratamentos foram realizados em separado para as fibras e depois para as partículas de pó de coco.

As soluções de hidróxido de cálcio (HC) e cloreto de cálcio (CC) foram preparadas nas concentrações de  $2,5 \times 10^{-2}$  mol/L e a concentraçã da soluçã de hidróxido de sódio (HS) foi de 0,1 mol/L. Essas concentrações garantiram a saturaçã de íons cálcio e sódio nas soluções.

As adições vegetais *in natura* foram secas em estufa a  $65 \pm 5$  °C por 24 h. Elas foram colocadas num becker, depois foram imersas nas soluções de tratamento e deixadas em repouso por 48 h cobertas com papel filme com furos. Após decorridas as 48 h, foram lavadas com água deionizada até a água escoar de forma transparente, ou seja, até retirar todos os materiais lignocelulósicos extraídos com o tratamento. As adições vegetais foram lavadas sobre duas peneiras #200 (0,075 mm) sobrepostas. Assim houve uma perda das partículas mais finas menores que 0,075 mm. Os materiais tratados e lavados foram deixados secar ao ar por 24 horas no laboratório cobertos com papel filme furados para permitir a evaporaçã da água. Depois foram secos em estufa a  $65 \pm 5$  °C por 24h.

Para cada traço de solo-cimento-adiçã natural foram moldados grupos de três corpos de prova para cada um dos tratamentos acima mencionados seguindoos procedimentos da NBR 12024 (ABNT, 2012b). Também foram moldados corpos de prova de referênciã para cada um dos traços de solo-cimento-adiçã natural sem tratamento, bem como um corpo de prova sem qualquer tipo de adiçã natural ou tratamento.

Os traços e os tratamentos utilizados encontram-se expressos na Tabela 1. A nomenclatura para solo cimento foi escolhida como “SC”. Em seguida vem para fibra a letra “F” ou para partícula de pó a letra “P” tendo em seguida a porcentagem da adiçã. Após a adiçã natural é expresso o tipo de tratamento ao qual a mesma adiçã foi submetida.

Após a moldagem, foi iniciado o período de cura dos corpos de prova. Os compósitos ficaram 20 dias envolvidos em papel filme, dentro de uma caixa de isopor, a fim de minimizar a perda de água dos corpos de prova. Após cura de 20 dias, foi realizado o ensaio de absorçã, seguindo diretrizes da ABNT NBR 13555 (ABNT, 2012d).

Aos 28 dias, os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de resistênciã à traçã na flexã e em seguida cada uma das partes

resultantes do rompimento foi submetida ao ensaio de compressão realizados através do dispositivo RILEM múltiplo de argamassa (ABNT, 2005). A Figura 1 mostra um dos corpos de prova sendo rompido por tração na flexão.



Figura 1 - Rompimento por tração na flexão.

## RESULTADOS

Na Figura 2, vê-se a curva granulométrica do solo, que é composto por: 0,31% de pedregulho; 29,24% de areia grossa; 44,79% de areia média e fina; 5,48% de silte e 20,18% de argila.

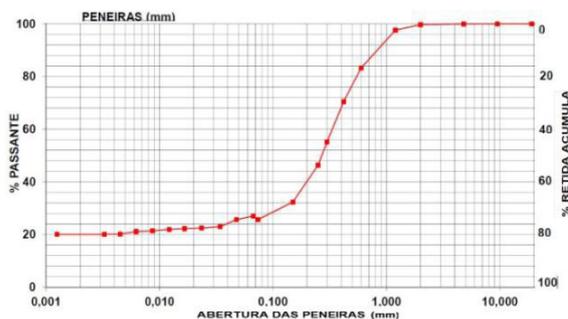


Figura 2 - Curva granulométrica do solo.

A Figura 3 mostra a curva granulométrica das partículas de pó de coco. O módulo de finura foi igual a 2,44

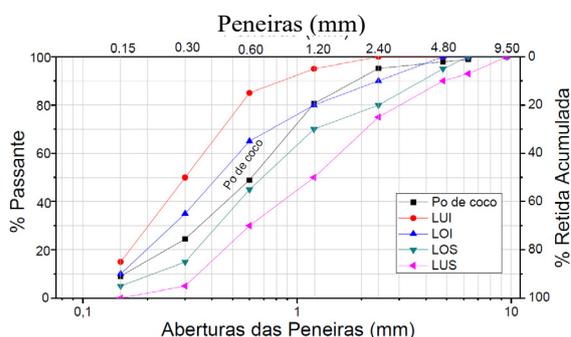


Figura 3 - Curva granulométrica das partículas de pó de coco. Legenda: LUI = limite utilizável inferior; LOI = limite ótimo inferior; LOS = limite ótimo superior; LUS = limite utilizável superior.

A massa específica real do solo foi igual a 2,679 e o índice de plasticidade - IP foi igual a 7%. No ensaio de compactação do solo, a umidade ótima foi de 9,30% e o peso específico aparente seco máximo foi de 2,127g/cm<sup>3</sup>.

As partículas de pó de coco apresentaram densidade específica real de 1,6347 g/cm<sup>3</sup> e densidade aparente igual a 0,06406g/cm<sup>3</sup>.

Os resultados dos parâmetros físico e mecânicos dos corpos de prova estão expressos na Tabela 1.

Adição	Sigla	Absorção (%)	Tração na flexão (MPa)	Resistência à compr. (MPa)
Sem adição	SC	7,18 ± 0,66	2,50 ± 0,81	7,90 ± 0,36
Fibra (F)	SCF25-A	13,90 ± 0,50	2,10 ± 0,19	7,13 ± 0,64
	SCF25-HS	8,49 ± 0,21	1,63 ± 0,10	4,83 ± 0,62
	SCF25-HC	7,34 ± 0,36	2,23 ± 0,28	5,47 ± 0,91
	SCF25-CC	11,97 ± 0,27	1,33 ± 0,16	4,43 ± 0,72
Pó (P)	SCP25	10,04 ± 0,33	2,37 ± 0,37	4,50 ± 0,37
	SCP25-A	12,34 ± 0,55	2,83 ± 0,56	6,63 ± 1,01
	SCP25-HS	9,68 ± 0,18	2,60 ± 0,84	5,80 ± 0,36
	SCP25-HC	10,97 ± 0,44	3,10 ± 1,20	6,17 ± 0,86
Fibra (F) + Pó (P)	SCF75P25-CC	9,29 ± 0,98	3,37 ± 1,63	4,70 ± 0,74
	SCF75P25	8,23 ± 1,23	2,93 ± 0,52	5,43 ± 0,89
	SCF75P25-A	8,35 ± 0,71	3,67 ± 0,81	7,53 ± 0,64
	SCF75P25-HS	8,24 ± 0,01	3,77 ± 0,01	5,90 ± 0,08
Pó (P) + Fibra (F)	SCF75P25-HC	9,13 ± 1,05	3,57 ± 0,52	7,03 ± 0,91
	SCF75P25-CC	10,66 ± 0,57	3,46 ± 0,64	6,60 ± 0,84
	SCF75P25	9,45 ± 0,41	3,70 ± 0,01	7,50 ± 0,33

Tabela 1 - Resultados da tração na flexão, compressão e absorção dos corpos de prova de solo-cimento, solo-cimento-fibra, solo-cimento-fibra- tratamento, solo-cimento-pó, solo-cimento-pó- tratamento.

## DISCUSSÃO

A análise da composição granulométrica do solo utilizado indicou que é uma areia argilosa. A literatura afirma que os solos adequados para uso em misturas de solo-cimento são solos arenosos com teores variando entre 50 a 90% de areia, contendo de 10 a 50% de silte e argila (TeixeiraFilho, 1996). Dessa forma o solo utilizado está apto para a utilização.

A análise granulométrica das partículas de pó de coco mostrou que o pó de coco pode ser considerado como um agregado miúdo e está na zona ótima devido ao módulo de finura (ABNT,2003).

O IP igual a 7% enquadra o solo como medianamente plástico. De acordo com

Associação Brasileira de Cimento Portland-ABCP (2000), os solos adequados para a fabricação de misturas de solo-cimento devem ter IP igual ou inferior a 18%.

De acordo com a ABCP (2000), a absorção média de água não deve ser superior a 20% em misturas de solo-cimento. Verificou-se que nenhum compósito excedeu esse limite. Os índices de absorção para blocos e tijolos cerâmicos não podem ser inferiores a 8% nem superiores a 21% (ABNT, 2017). Assim os únicos compósitos que ficaram fora desse intervalo foram a amostra de referências em adições (SC) e a amostra de solocimento com 0,75% de substituição de fibras de coco tratada com hidróxido de cálcio (SCF25-HC).

Os resultados para a absorção de água dos compósitos com fibras e/ou partículas de pó de coco tratadas mostram que os tratamentos foram eficazes em retirar componentes da superfície das adições, o que aumentou, em geral, a absorção de água pelos compósitos. Em geral os índices de maior absorção ocorreram nos compósitos com presença exclusiva de fibras em sua composição.

De acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland-ABCP (2000), o traço para a fabricação de tijolos de solo-cimento deverá conferir valor médio de resistência à compressão igual a 2,0 Mpa na idade mínima de 7 dias. Assim, todos os compósitos analisados respeitaram esse parâmetro.

O compósito solo cimento sem adições vegetais (SC) apresentou comportamento frágil, com ocorrência de ruptura sem exibir capacidade de deformação. Nota-se que a incorporação das fibras/partículas de pó de coco nos compósitos, em geral, foi capaz de aumentar a força necessária para a ruptura e, ainda mais importante, retardou o processo de rompimento do corpo de prova.

Para a resistência à compressão, a amostra sem fibras/pó de coco (SC) obteve o maior resultado ( $7,90 \pm 0,36$ MPa). Em geral, a incorporação das fibras e/ou pó de coco tratadas reduziu esse parâmetro para todos os compósitos, mas todos os resultados foram

acima de  $4,43 \pm 0,72$  MPa. Tal comportamento está relacionado com o número de vazios inseridos (porosidade) nos compósitos com a adição das fibras e/ou partículas de pó de coco. Quanto maior a porosidade, menor a resistência à compressão.

Analisando todos os compósitos com adições produzidos, observa-se para a resistência à compressão, que as amostras de solocimento com 0,75% de substituição de fibras de coco e 0,25% de partículas de pó de coco e tratamentos diversos (SCF75P25-z) obtiveram os melhores resultados dentre os compósitos analisados. Em geral, o tratamento com água deionizada produziu os melhores desempenhos em seus respectivos traços.

Quanto à tração na flexão, com relação aos tratamentos químicos das adições, observa-se que os compósitos com melhores desempenhos foram os compósitos solo cimento com 0,75% de substituição de fibras de coco e 0,25% de partículas de pó de coco tratadas com hidróxido de sódio (SCF75P25-HS) e os compósitos solo cimento com 0,25% de substituição de partículas de pó de coco tratadas com cloreto de cálcio (SCP25-CC).

Observando os resultados mecânicos para os compósitos com adição de fibra e pó de coco simultaneamente (SCF75P25-z), independente dos tratamentos químicos, percebe-se que houve uma interação entre as duas adições que levou a obtenção de melhores desempenhos em comparação com os compósitos com apenas uma adição, pó de coco ou fibras de coco.

## CONCLUSÕES

Os valores para resistência à compressão nos compósitos com adições tratadas com água deionizada mostram que os tratamentos foram eficazes para melhorar a interação matriz e adições, o que resultou em valores próximos ao obtido na amostra de solo-cimento sem adições.

Quanto aos resultados para tração na flexão, com relação aos tratamentos químicos, pode-se concluir que os corpos de prova com

melhores desempenhos no ensaio de tração na flexão foram P25-CC e F75P25-HS.

De modo geral, percebe-se que os tratamentos químicos não foram muito significativos para alterar os resultados mecânicos para os compósitos. Isso pode estar relacionado com o baixo teor de adição vegetal nos compósitos, igual ou inferior a 1% da massa de argila.

A principal característica observada foi o efeito das partículas e fibras no ganho de ductilidade. As adições vegetais incorporadas ao compósito solo-cimento melhoraram o desempenho mecânico dos compósitos quando expostos a esforços de tração na flexão, quando comparados com o solo-cimento sem adições vegetais. O efeito exclusivo da adição de partículas de pó de coco ou o efeito combinado da adição de fibras e partículas de pó de coco foram eficiente para tornar os compósitos mais dúcteis. As partículas de pó de coco permitiram que os compósitos suportassem cargas por mais tempo antes da ruptura sem total desintegração. As partículas de pó de coco absorveram energia durante a fratura, atuando como agentes tenacificadores.

Dessa forma o presente trabalho apresenta resultados que qualificam a utilização de compósitos de solo-cimento com adições de fibra e partículas de pó de coco tratadas ou não.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND – ABCP. Fabricação de tijolos de solo-cimento com a utilização de prensas manuais. Ed. São Paulo, ABCP, 2000.

\_\_\_\_\_. NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro.2003.

\_\_\_\_\_. NBR 6502:1995–Rochasesolos. Rio de Janeiro.1995.

\_\_\_\_\_. NBR 6459: Solo – Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro.1984

\_\_\_\_\_. NBR 7181: Análise granulométrica. Rio de Janeiro.2016c.

\_\_\_\_\_. NBR 10833: Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica – Procedimento. Rio de Janeiro.2012a.

\_\_\_\_\_. NBR 12024: Solo-cimento – Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos – Procedimento. Rio de Janeiro. 2012b.

\_\_\_\_\_. NBR 13555: Solo-cimento – Determinação da absorção de água – Método de ensaio. Rio de Janeiro.2012d.

\_\_\_\_\_. NBR 15270-1: Componentes cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria - Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro.2017.

BORGES, L. A. B.; VIANA, G. A. S.; LOBATO, M. F. Estudo de viabilidade da produção de tijolos solo-cimento com resíduos da construção civil e a fibra do coco babaçu. In: VI SEMANA DE ENGENHARIA DO MARANHÃO, 1, São Luís, 2018. Anais. São Luís, Universidade Federal do Maranhão, 2018. p.78-88. Disponível na internet via: <<https://even3.blob.core.windows.net/anais/SENGEMAANAIS.pdf>>. Acessado em 08 de março de 2020.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – DNER. DNER-ME 084/95: Agregado miúdo – determinação da densidade real. Rio de Janeiro, 1995.

NOGUEIRA, Francisca Rosiane; FARIAS, Moisés Rocha; PINHEIRO, Antonio Auriseu Nogueira. Técnica adobe e adição da fibra de coco como alternativa de construção sustentável. In: 7º CONGRESSO FLUMINENSE DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA ETECNOLOGIA, Campos dos Goytacazes, 7, Campos dos Goytacazes, 2016. Disponível em: <<http://www.essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/confict/article/view/9168/6789>>. Acessado em 8 de junho de 2020.

LEÃO, Rosineide Miranda. Tratamento superficial de fibras de coco e aplicação em materiais compósitos como reforço do polipropileno. 2012. Tese (Mestrado em Ciências Mecânicas) – Universidade de Brasília, Brasília.

TEIXEIRA FILHO, Fernando José. O solo-cimento e suas aplicações rurais. 2ed. São Paulo: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND – ABCP, 1996.