

## **PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE CORPOS DE PROVA DE SOLO-CIMENTO COM FIBRAS E PARTÍCULAS DE PÓ DE COCO**

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

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

**Igor Silva dos Santos**  
igor125ed@gmail.com

**Vitor Fernandes Lima Feitosa**  
vitor\_fernandeslf@outlook.com

**Resumo:** A problemática ambiental está cada dia mais presente na sociedade, exigindo uma reflexão sobre novas formas de desenvolvimento, gerando menos danos ambientais. Igualmente preocupante é o crescente déficit habitacional na capital sergipana. Materiais de construção de solo-cimento podem ser uma alternativa, que concilia baixo custo, facilidade na fabricação do tijolo, não consumo de energia elétrica. Estudos mostram que a inclusão de fibras nesses compósitos proporciona um melhor desempenho mecânico. Assim, o objetivo desse trabalho foi o desenvolvimento de compósitos de solo-cimento-adição natural para fins de vedação. Foram incorporadas fibras curtas e partículas de pó de coco na matriz de solo-cimento. A fim de analisar o efeito dessas adições vegetais, foram produzidos três tipos de compósitos, variando a proporção das adições: solo-cimento-fibra; solo-cimento-pó; solo-cimento-fibra-pó. Foram moldados corpos de prova cilíndricos com 5 cm de diâmetro por 10 cm de altura, para todos os compósitos, incluindo uma amostra de referência, sem adições, que foram submetidos a ensaios de absorção de água e de resistência à compressão aos 28 dias. O compósito que obteve o menor índice de absorção, 8,52%, foi o de solo-cimento-fibra com adição de 0,50% de fibras curtas de coco, comparado com 9,86% de absorção para o solo-cimento sem adições. Quanto ao desempenho mecânico, o melhor resultado foi do compósito solo-cimento-fibra-pó com 0,75% de fibra e 0,25% de pó incorporados, com 13,74 MPa, enquanto o compósito sem adições naturais obteve 14,62 MPa. Os resultados obtidos para os compósitos com adições naturais são válidos para credenciá-los como elemento de vedação.

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

### **INTRODUÇÃO**

Os tijolos de solo-cimento, também chamados de tijolos ecológicos, são um produto utilizado com intuito de reduzir os impactos ambientais (Borges et al., 2018).

De acordo com a norma NBR 10833 - Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica - Procedimento, caracteriza-se como solo-cimento a mistura homogênea composta de solo, cimento Portland e água em quantidades estabelecidas por norma, sendo comprimida por prensa e endurecida, sendo desnecessária a queima. A fabricação dos tijolos constitui-se de preparação do solo, preparo da mistura, moldagem, cura e por fim armazenamento do mesmo (ABNT, 2012a).

No campo dos tijolos ecológicos é possível promover ainda a adição de materiais diversos com intuito de melhorar suas propriedades. Estudos mostram que a incorporação de fibras em matrizes frágeis aumenta a capacidade do material em absorver energia antes da ruptura.

Uma característica que deve ser ressaltada com relação às adições de fibras e partículas de pó de coco é a conferência de ductilidade à peça, semelhante àquela ductilidade que o aço confere à peça de concreto.

O aprofundamento de estudos promovendo a difusão de novas alternativas construtivas menos nocivas ao meio ambiente é importante. Assim, esse estudo teve como objetivo geral desenvolver compósitos de solo-cimento com adição de fibras e partículas de pó de coco para avaliar a utilização desse material como elemento de vedação.

## MATERIAL E MÉTODOS

O solo utilizado foi doado pela empresa TORRE Empreendimentos e foi extraído da rodovia SE - 255. O cimento utilizado foi o cimento Portland de alta resistência inicial, CP-V ARI RS, da Cimento MIZU. A adição vegetal (fibras e partículas de pó de coco) foi coletada no galpão da Empresa Brasileiro de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, que nos fez a doação. A Figura 1 ilustra (a) as partículas de pó de coco e (b) as fibras de coco.



**Figura 1** - a) Partículas de pó de coco “como recebida” e b) Fibra de coco “como recebida”.

A caracterização dos materiais foi realizada no Laboratório de Materiais do Instituto Federal de Sergipe – IFS. Foi realizada a análise granulométrica do solo de acordo com a NBR 7181 - Solo - Análise granulométrica (ABNT, 2016c). O pó de coco foi submetido ao ensaio de análise granulométrica, com base na NBR NM 248 - Agregados - Determinação da composição granulométrica (ABNT, 2003).

Pó e fibras de coco foram submetidos ao ensaio de absorção. As amostras foram

colocadas em estufa a  $105 \pm 5^\circ$  e, após decorridas 24 horas, suas respectivas massas secas foram registradas e as partículas e fibras de coco foram imersas em água. Suas massas úmidas foram aferidas nos intervalos: 5, 30, 60, 120, 1380 e 1440 minutos.

As partículas de pó de coco foram incorporadas nos compósitos na fração “como recebida”, ou seja, foi utilizada a granulometria original do material, contendo todos os tamanhos de partículas originais e suas respectivas porcentagens de ocorrência.

As fibras de coco “como recebidas” foram cortadas com comprimento de 2 mm para inclusão nos compósitos. O diâmetro médio das fibras curtas foi de 0,33mm.

Os compósitos produzidos foram moldados em corpos de prova cilíndricos de 5 cm de diâmetro por 10 cm de altura.

Inicialmente, foram moldados corpos de prova de solo-cimento, sem adições vegetais, nos traços (cimento:solo): 1:8; 1:10; 1:12; 1:14. Todos os corpos de prova foram feitos em triplicata para cada traço, moldados na umidade ótima com adição de água para uma relação água/cimento de 0,48.

Após definição do compósito solo-cimento de melhor desempenho mecânico, foi realizada a moldagem dos corpos de prova de referência (SC), ou seja, sem nenhuma adição vegetal.

Foram produzidos os compósitos do estudo, variando os teores de fibras e partículas de pó de coco adicionados ao compósito de referência (SC). Nesses compósitos com adição de fibras e/ou partículas de pó de coco, o teor de adições vegetais foi incorporado como substituição em massa do total de solo da mistura.

Foram realizadas as combinações de solo-cimento-fibra (SCyF) e solo-cimento-pó (SCxP). Também foram produzidos compósitos incorporando, simultaneamente, fibra e pó de coco (SCyFxP), solo-cimento-fibra-pó. Para manter os mesmos teores de substituição total do solo do estudo (0,25%, 0,50%, 0,75% e

1,00%), nesse último tipo de mistura foram feitas combinações de teores entre o pó e a fibra.

A Tabela 1 registra os compósitos produzidos e os respectivos teores de substituição de fibras e/ou partículas de pó de coco.

Todos os corpos de prova foram moldados de acordo com a NBR 12024 - Solo-cimento – Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos – Procedimento (ABNT, 2012b).

Para a cura de 28 dias, os corpos de prova foram envolvidos em papel filme e colocados dentro de uma caixa de isopor, evitando assim a

perda de umidade para o meio.

Após 20 dias de cura, iniciou-se o ensaio de absorção, de acordo com a NBR 13555 – Solo-cimento – Determinação da absorção de água – Método de ensaio (ABNT, 2012d).

Aos 28 dias, os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de resistência à compressão realizado através do dispositivo RILEM múltiplo de argamassa. Os procedimentos seguiram as recomendações da NBR 12025 – Solo-cimento – Ensaio de compressão simples de corpos de prova cilíndricos – Método de ensaio (ABNT, 2012c).

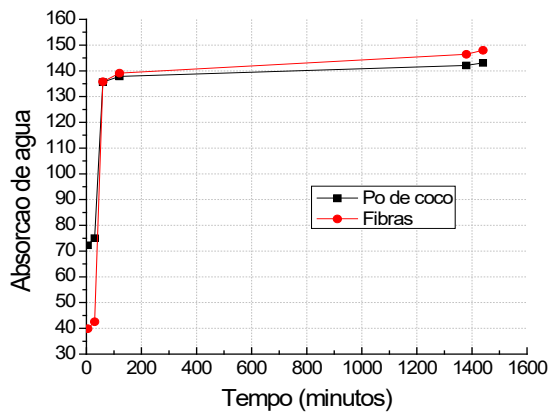
**Tabela 1** - Teores de substituição de solo por adições vegetais e compósitos produzidos.

| Compósitos com adição                 | Teores de substituição(%) |                   |                |
|---------------------------------------|---------------------------|-------------------|----------------|
|                                       | Siglas                    | Fibra de coco (F) | Pó de coco (P) |
| Sem adição                            | SC                        | 0                 | 0              |
| Fibra de coco (F)                     | SC25F                     | 0,25              | 0              |
|                                       | SC50F                     | 0,50              | 0              |
|                                       | SC75F                     | 0,75              | 0              |
|                                       | SCF                       | 1,00              | 0              |
| Pó de coco (P)                        | SC25P                     | 0                 | 0,25           |
|                                       | SC50P                     | 0                 | 0,50           |
|                                       | SC75P                     | 0                 | 0,75           |
|                                       | SCP                       | 0                 | 1,00           |
| Fibra de coco (F) +<br>Pó de coco (P) | SC125F125P                | 0,125             | 0,125          |
|                                       | SC25F25P                  | 0,25              | 0,25           |
|                                       | SC25F50P                  | 0,25              | 0,50           |
|                                       | SC50F25P                  | 0,50              | 0,25           |
|                                       | SC50F50P                  | 0,50              | 0,50           |
|                                       | SC25F75P                  | 0,25              | 0,75           |
|                                       | SC75F25P                  | 0,75              | 0,25           |

## RESULTADOS

Os resultados do ensaio de absorção de água para as partículas de pó de coco e para

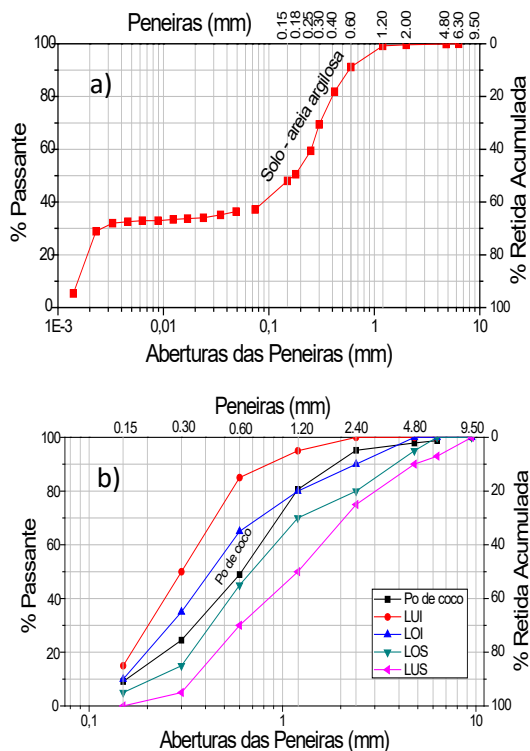
as fibras curtas de pó de coco está apresentado na Figura 2.



**Figura 2** - Gráfico de absorção de água pelas fibras e partículas de pó de coco.

Realizada a análise granulométrica, encontrou-se que o solo é composto por: 0,38% de pedregulho; 17,76% de areia grossa; 44,64% de areia média e fina; 4,70% de silte e 32,52% de argila. Assim, pela NBR 6502, ele é uma areia argilosa, (ABNT, 1995).

A Figura 3 mostra as curvas granulométricas dos (a) solo e (b) partículas de pó de coco.



**Figura 3** - Curvas granulométricas dos (a) solo e (b) partículas de pó de coco, onde: LUI = limite utilizável inferior; LOI = limite ótimo inferior; LOS = limite ótimo superior; LUS = limite utilizável superior.

Os resultados para a resistência à compressão dos corpos de prova de solo-cimento moldados com diferentes traços estão indicados na Tabela 2.

**Tabela 2** - Resistência à compressão para amostras de solo-cimento com diferentes traços.

| Traço | Resistencia à compressão (MPa) |
|-------|--------------------------------|
| 1:8   | 10,00 ± 0,76                   |
| 1:10  | 6,83 ± 0,99                    |
| 1:12  | 7,09 ± 2,98                    |
| 1:14  | 7,68 ± 2,53                    |

Os resultados para a absorção de água e a resistência à compressão dos compostos de referência, com adições de pó de coco, fibra de coco e pó + fibras de coco estão apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3** - Absorção de água e resistência à compressão de corpos de prova de solo-cimento, solo-cimento-fibra, solo-cimento-pó, solo-cimento-fibra-pó.

| Adição                             | Sigla      | Absorção de água (%) | Resistência à compressão (MPa) |
|------------------------------------|------------|----------------------|--------------------------------|
| Sem adição                         | SC         | 9,86 ± 0,32          | 14,62 ± 0,75                   |
| Fibra de coco (F)                  | SC25F      | 8,41 ± 1,42          | 5,65 ± 0,52                    |
|                                    | SC50F      | 8,15 ± 2,37          | 5,34 ± 0,51                    |
|                                    | SC75F      | 10,32 ± 2,54         | 5,30 ± 0,37                    |
|                                    | SCF        | 9,77 ± 0,70          | 5,24 ± 0,37                    |
| Pó de coco (P)                     | SC25P      | 6,76 ± 0,71          | 7,63 ± 0,83                    |
|                                    | SC50P      | 10,12 ± 1,20         | 5,79 ± 1,04                    |
|                                    | SC75P      | 7,82 ± 0,66          | 4,63 ± 0,61                    |
|                                    | SCP        | 5,88 ± 0,76          | 5,04 ± 0,15                    |
| Fibra de coco (F) + Pó de coco (P) | SC125F125P | 9,29 ± 0,31          | 6,34 ± 0,05                    |
|                                    | SC25F25P   | 9,13 ± 0,18          | 6,44 ± 0,72                    |
|                                    | SC25F50P   | 9,34 ± 0,25          | 4,97 ± 0,46                    |
|                                    | SC50F25P   | 9,17 ± 0,23          | 5,56 ± 0,50                    |
|                                    | SC50F50P   | 9,43 ± 0,54          | 11,34 ± 1,05                   |
|                                    | SC25F75P   | 10,30 ± 0,48         | 8,94 ± 3,78                    |
|                                    | SC75F25P   | 8,52 ± 0,60          | 13,74 ± 1,66                   |

## DISCUSSÃO

Os resultados para a absorção de água das fibras e das partículas de pó de coco mostram que, nos primeiros 30 minutos de imersão, o pó de coco (75%) foi capaz de absorver muito mais água do que as fibras (43%). Sugere-se que esse comportamento seja devido à grande porosidade das partículas de pó de coco resultante da sua morfologia, que apresenta estruturas esfoliadas, compostas por folhas e placas sobrepostas, semelhantes a “folhas de papel amassado”, conforme dito por Brasileiro et al. (2013). Analisando a continuidade do processo de imersão, observa-se que a incorporação excessiva de água nas fibras (136%) e nas partículas de pó de coco (136%) ocorre na primeira 1 hora de imersão, como foi também aferido por Brasileiro et al (2013).

A análise da caracterização granulométrica do solo mostra que a fração areia presente corresponde a mais de 60% das partículas do solo utilizado e a fração fina (silte e argila) corresponde a aproximadamente 37% do total. 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 (Teixeira Filho, 1996).

A análise granulométrica das partículas de pó de coco mostrou que o pó de coco pode ser considerado como um agregado miúdo. O módulo de finura foi igual a 2,44. Pelo módulo de finura e pelo enquadramento nas curvas de referência, as partículas de pó de coco têm granulometria na zona ótima.

O traço de referência que obteve o melhor desempenho foi de 1:8 (cimento:solo), que é compatível com o descrito na literatura, que indica que, nas misturas usuais de solo-cimento, as quantidades de cimento variam na faixa de 6 a 12 partes de cimento para 100 partes de solo seco (Teixeira Filho, 1996).

Nesse estudo, comparados com a amostra

de referência (SC – 9,86% de absorção), os compósitos com incorporação de fibras e/ou pó de coco, em geral, não tiveram um aumento na capacidade de absorção de água. A variação do parâmetro foi entre 8,15% e 10,32%, ou seja, valores num intervalo de teores 17% inferiores até 5% superiores, ou seja, em geral houve redução da absorção de água.

Para a resistência à compressão, a amostra sem fibras/pó de coco obteve o maior resultado (14,62 MPa). Em geral, a incorporação das fibras e pó de coco reduziu esse parâmetro para todos os compósitos, mas todos os resultados foram acima de 4,5 MPa. 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.

Para a inclusão de apenas um tipo de adição vegetal, fibra ou pó, observou-se que o menor teor de adição (0,25%), resultou em melhores resultados mecânicos, ou seja, teores maiores de adição reduziram a resistência à compressão. Esse resultado é coerente com a teoria que maior número de vazios, diminui a resistência do compósito.

Observando os resultados mecânicos para os compósitos com adição de fibra e pó de coco simultaneamente, 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.

Oliveira (2011) moldou corpos de prova cilíndricos de solo-cimento utilizando a adição de fibra nas proporções de 0,3% e 0,6%, tendo obtido resultados abaixo de 4 MPa.

Brasileiro et al (2013), relata que a adição de partículas de pó de coco confere ductilidade à matriz cimentícia frágil. As partículas de pó de coco permitem que os compósitos suportem cargas por mais tempo antes da ruptura sem total desintegração. As partículas de pó de coco tem a capacidade de

absorver energia durante a fratura, atuando como agentes tenacificadores.

A ductilidade desenvolvida nos compósitos com o acréscimo das partículas de pó de coco que é salientado por Brasileiro (2013) foi notada visualmente na análise dos corpos de prova após serem rompidos, principalmente na amostra SC75F25P. Porém, para expressar essa observação de forma numérica é necessário o desenvolvimento de ensaio de tração na flexão nos compósitos analisados.

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nos ensaios de resistência à compressão comprovam que os compósitos com adições vegetais, fibras curtas e/ou partículas de pó de coco, desenvolvem resistência mecânica acima do mínimo especificado para elementos de vedação.

Os resultados obtidos no ensaio de absorção também comprovam a viabilidade da utilização dos compósitos com adições vegetais, uma vez que os valores de absorção de água obtidos são inferiores a 20%, limite máximo para misturas de solo-cimento.

O presente estudo conclui que os compósitos solo-cimento acrescidos de partículas de pó e fibras curtas de coco estão qualificados para utilização na construção civil enquanto elemento não estrutural, ou seja, elemento de vedação, cumprindo também seu papel sustentável na cadeia construtiva.

## 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 – Rochas e solos**. Rio de Janeiro. 1995.

**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.

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 fevereiro de 2019.

BRASILEIRO, Gisela Azevedo Menezes. **Produção, Caracterização e Avaliação da Durabilidade de Compósitos Cimentícios com Partículas de Pó de Coco**. 2013. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia dos Materiais) – Universidade Federal de Sergipe - UFS, São Cristóvão.

BRASILEIRO, Gisela Azevedo Menezes; VIEIRA, Jhonatas Augusto Rocha; BARRETO, Ledjane Silva Barreto. Use of coir pith particles in composites with Portland cement. **Journal of Environmental Management**, v.131, 228-238, 2013.

OLIVEIRA, Clélia Ribeiro de. **Avaliação de solo-cimento reforçado com fibras do coco de babaçu para produção de tijolo modular ecológico**. 2011. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Materiais) - Universidade Federal do Pará, Marabá. Disponível na internet via: <<https://femat.unifesspa.edu.br/images/TCCs/2011/TCC-CLELIA-RIBEIRO-DE-OLIVEIRA-2011.pdf>> Acessado em 13 de agosto de 2018.

TEIXEIRA FILHO, Fernando José. **O solo-cimento e suas aplicações rurais**. 2ed. São Paulo: ABCP, 1996.