



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

PASTAS DE CIMENTO AUTO-ADENSÁVEIS REFORÇADAS COM RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E FIBRAS DE COCO

Vanessa L. Carneiro (1); Paulo R. L. Lima (2); Mônica B. Leite (3)

(1) Departamento de Tecnologia– Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental –
Universidade Estadual de Feira de Santana, Brasil – e-mail: vanessaluciacarneiro@yahoo.com.br

(2) Departamento de Tecnologia– Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental –
Universidade Estadual de Feira de Santana, Brasil – e-mail: lima.prl.uefs@gmail.com

(3) Departamento de Engenharia de Minas e do Petróleo, Escola Politécnica – Universidade de São
Paulo, Brasil– e-mail: mleite.uefs@gmail.com

RESUMO

As cascas de coco são geradas em grande volume e podem acarretar diversos problemas ambientais. Dessa forma, é importante buscar alternativas de aproveitamento desse resíduo a fim de mitigar os transtornos que este causa. O beneficiamento da casca de coco produz fibras longas e, como resíduo, fibras curtas e pó de coco. As fibras podem ser empregadas, por exemplo, na construção civil, reforçando materiais cimentícios e proporcionando maior tenacidade aos mesmos. A eficiência do reforço depende, dentre outros fatores, da distribuição uniforme da fibra na matriz, que pode ser alcançada com o uso de uma mistura auto-adensável, que permite a dispersão adequada do reforço fibroso. Caso contrário, as fibras podem emaranhar, formando aglomerados e favorecendo o surgimento de vazios, que prejudicam a resistência e a durabilidade do material. A inclusão de fibras na matriz cimentícia altera as suas propriedades no estado fresco e endurecido. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da adição de fibras curtas de coco nas propriedades físicas e mecânicas de pastas de cimento auto-compactáveis. Foram produzidas três misturas, que diferiram apenas no teor de fibras: 1, 2 e 3%, em volume. O traço unitário, em massa, adotado foi 0,5:0,3:0,2:0,3:0,5 (cimento: metacaulinita: resíduo cerâmico moído: fíler de RCD: água/aglomerante). A metacaulinita e o resíduo cerâmico moído foram utilizados como substitutos parciais do cimento, atuando como pozolanas. A fração fina de RCD (granulometria menor que 0,15 mm) foi aplicada como fíler. Foi adicionado superplastificante, num teor de 1% em relação à massa de material seco. A trabalhabilidade das misturas foi avaliada por meio do espalhamento no mini-slump e tempo de escoamento no funil V. As propriedades avaliadas nos compósitos, no estado endurecido, foram: absorção de água por imersão (aos 28 dias de idade), resistência à compressão (aos 3, 7 e 28 dias de idade), resistência à tração por compressão diametral e resistência à tração na flexão (aos 28 dias). Curvas carga-deflexão foram plotadas a partir dos dados obtidos em ensaio de flexão. As fibras acarretaram redução na trabalhabilidade, resistência mecânica e massa específica dos compósitos. Contudo, aumentou a tenacidade dos mesmos. Não houve influência do teor de fibra sobre a absorção e índice de vazios do material.

Palavras-chave: Pasta auto-adensável; Fibra de coco; Propriedades físicas; Resistência à compressão; Resistência à tração.

1 INTRODUÇÃO

A produção de coco-da-baía no Brasil, em 2008, ultrapassou 2 bilhões de frutos (IBGE, 2008), uma quantidade bastante elevada, existindo uma estimativa de crescimento para os próximos anos. Esses dados, embora representem um aspecto econômico favorável, significa a geração de um volume considerável de cascas e o agravamento dos problemas ambientais que esta provoca. As cascas de coco são frequentemente destinadas a aterros e vazadouros, onde são degradadas lentamente, sob condições anaeróbias, acarretando a redução da vida útil desses depósitos e promovendo a emissão de metano, um dos gases responsáveis pelo efeito estufa (PASSOS, 2005). Alternativamente, são descartadas indevidamente em praias, terrenos baldios e margens de estradas, conforme mostrado na Figura 1, servindo de abrigo para insetos e outros vetores de doenças e trazendo diversos transtornos (VILELA, 2007). Dessa forma, a busca por opções de reciclagem das cascas tem sido importante.



Figura 1- Cascas de coco depositadas em (a) praia e (b) terreno baldio, ambos localizados na Praia de Coroa, município de Vera Cruz, Ilha de Itaparica, Bahia, Brasil

O beneficiamento da casca de coco gera fibras longas como produto principal e, como resíduo (subprodutos), fibras curtas misturadas com pó de coco. Este resíduo é peneirado em peneira de malha 6 e então podem ser obtidas as fibras curtas contendo ainda uma fração de pó de coco. As fibras, principalmente as longas, apresentam amplo campo de aplicações, inclusive na construção civil, reforçando materiais à base de cimento e conferindo-lhes maior tenacidade, isolamento termo-acústico e leveza (SAVASTANO JR. et al., 1999). As fibras curtas ainda são pouco aproveitadas.

A fibra de coco apresenta protuberâncias superficiais, que permitem maior aderência fibra/matriz (SHIMIZU; JORILLO JR., 1992), além de alto teor de lignina, que a torna mais resistente ao apodrecimento (JÚSTIZ-SMITH et al., 2008). Painéis de revestimento e telhas podem ser elaborados a partir da inserção de fibras de coco em matrizes cimentícias, exibindo desempenho satisfatório (SAVASTANO JR. et al., 1999; GUIMARÃES, 1987; AGOPYAN, 1988; SAVASTANO JR.; PIMENTEL, 2000; JOHN et al., 2005).

A eficiência do reforço depende, dentre outros fatores, da distribuição efetiva das fibras no material. No caso particular de fibras vegetais, que possuem estrutura porosa e assim absorvem uma fração considerável da água de amassamento, aumentando a consistência da mistura, pode haver aglomeração dessas fibras, propiciando a formação de vazios no material. Assim, há prejuízo na resistência do mesmo. O uso de uma mistura auto-adensável ameniza o problema e favorece a dispersão adequada do reforço fibroso na matriz (FERRARA et al., 2007).

Outro aspecto a ser considerado na inclusão de fibras vegetais em materiais cimentícios é o ataque alcalino à fibra. O hidróxido de cálcio, resultante da hidratação do cimento, degrada a fibra, comprometendo sua função de reforço (GRAM, 1988). A adição de pozolanas minimiza este ataque, uma vez que consome o hidróxido por meio da reação pozolânica (TOLEDO FILHO et al., 2003; GRAM; NIMITYOGSKUL, 1987).

2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do teor de fibras curtas de coco sobre a trabalhabilidade, propriedades físicas e mecânicas de pastas de cimento auto-adensáveis usando filer de RCD.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

3.1.1 Cimento

Utilizou-se o Cimento Portland de Alta Resistência Inicial-CPV-ARI (100-95% de clínquer + gesso; 0-5% de material carbonático, em peso (ABCP, 2002)). A massa específica deste cimento é de 3,03 g/cm³ e sua composição granulométrica está apresentada no Gráfico 1. Noventa por cento dos grãos de cimento são menores que 60 µm.

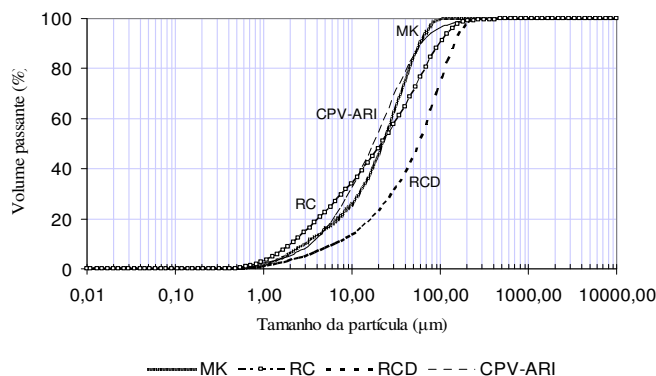


Gráfico 1- Curvas granulométricas referentes ao cimento Portland CPV-ARI, à metacaulinita (MK), ao resíduo cerâmico moído (RC) e aos finos de RCD

3.1.2 Metacaulinita

Utilizou-se metacaulinita comercial (produzida pela empresa Metacaulim do Brasil Indústria e Comércio LTDA) como substituto parcial do cimento. A massa específica deste material é 2,38 g/cm³, determinada conforme método definido pela NBR NM 23 (ABNT, 2001). As características físicas e químicas deste material atendem às exigências estabelecidas pela NBR 12653 (ABNT, 1992) para materiais pozolânicos. O Gráfico 1 mostra a composição granulométrica desse material, indicando que 90% das partículas de metacaulinita apresentam dimensão menor que 60 µm.

3.1.3 Resíduo cerâmico moído

Resíduo cerâmico finamente moído foi introduzido como substituto parcial do cimento, atuando também como pozolana. O resíduo consistiu de fragmentos de tijolos furados, com dimensões superiores a 4,8 mm, cujo processo de queima compreendeu as seguintes etapas: aquecimento, por 36 h, até 500°C; aumento da temperatura de 500 a 950°C, num período de 52 h; resfriamento por 36 h. O beneficiamento do resíduo incluiu a moagem primária em britador de mandíbulas de um eixo. Esta etapa visou obter grãos inferiores a 4,8 mm. Por fim, o material, em porções de 500 g, foi moído por 30 minutos, em moinho de bolas. A composição granulométrica do resíduo após a moagem está mostrada no Gráfico 1, em que pode-se observar que 90% dos grãos do resíduo cerâmico moído são menores que 100 µm. A massa específica do resíduo cerâmico é 2,62 g/cm³, determinada de acordo com a NBR NM 23 (ABNT, 2001). Este material também está em conformidade com a NBR 12653 (ABNT, 1992).

3.1.4 Resíduo de construção e demolição (RCD)

Como fíler, foi utilizada a fração fina (granulometria inferior a 0,15 mm) de um RCD, cujo beneficiamento abrangeu a separação manual da fração inerte (concreto, argamassa, material cerâmico) e das impurezas, como papel, papelão, plásticos, madeira, amianto, metais, entre outros. Em seguida, determinou-se a composição gravimétrica do RCD, a qual está apresentada no Gráfico 2.

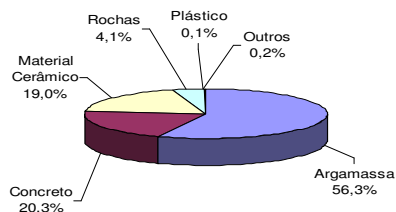


Gráfico 2- Composição gravimétrica do RCD

Em seguida, o resíduo foi britado em um britador de mandíbula de um eixo e peneirado na peneira com abertura de malha de 4,8 mm. A fração do RCD passante nesta peneira foi peneirada, sucessivamente, nas peneiras de abertura de malha de 2,4mm, 1,68 mm, 0,6 mm e, por fim, 0,15 mm para se obter a fração desejada, cuja massa específica é de 2,46 g/cm³, determinada conforme NBR NM 23 (ABNT, 2001). O Gráfico 1 mostra a composição granulométrica dos finos de RCD utilizados. Podemos notar que 90% dos finos de RCD possuem dimensão inferior a 145 µm.

3.1.5 Fibra de coco

A fibra curta de coco (Figura 2) foi fornecida pela empresa Saturno Fibras LTDA, localizada no município do Conde (Bahia-Brasil). A fibra é extraída de cascas de coco seco. O comprimento das fibras curtas encontra-se, predominantemente (cerca de 90%), entre 3 e 33 mm. Os 10% restantes medem entre 33 e 83 mm.



Figura 2-Fibra curta de coco

3.1.6 Aditivo químico

A fim de alcançar a fluidez desejada para a mistura, utilizou-se o superplastificante Adiment Premium, da Vedacit[®]. Este aditivo apresenta composição à base de policarboxilatos, densidade 1,09 g/cm³ e 30 % de sólidos.

3.2 Produção das pastas

O traço adotado para produção das pastas foi 0,5:0,3:0,2:0,3:0,5 (cimento:metacaulinita:resíduo cerâmico:fíler de RCD:água/aglomerante). O teor de superplastificante foi 1%, calculado sobre a massa de finos (aglomerante e fíler). As misturas diferiram apenas no teor de fibra: M1 (1% de fibra); M2 (2% de fibra); e M3 (3% de fibra).

A proporção de fíler e a relação água/aglomerante foram determinadas por tentativas, buscando-se atingir uma matriz fluida.

A escolha dos teores de materiais pozolânicos foi baseada no trabalho de Toledo Filho et al.(2009), no qual verificou-se que a mistura com aglomerante constituído de 50% de cimento, 30% de metacaulinita e 20% de resíduo cerâmico ofereceu melhores resultados de trabalhabilidade e resistência à compressão em pastas de cimento, além de proporcionar uma matriz livre de hidróxido de cálcio.

A definição dos teores de fibra avaliados neste estudo também considerou resultados de pesquisas realizadas por vários autores sobre o uso de fibras de coco como reforço de matriz de cimento

(PARAMASIVAN et al., 1984; HUSSIN; ZAKARIA, 1990; SAVASTANO JR. et al., 1997), segundo os quais a faixa entre 1 e 4% ofereceram os melhores desempenhos mecânicos nos compósitos avaliados. Todavia, neste trabalho, não foi possível obter uma mistura auto-adensável com 4% de fibras curtas de coco, pois o alto teor de fibra provocou elevada perda de trabalhabilidade. A adição de maior teor de superplastificante e de água para resolver o problema ocasionou segregação das fibras.

As pastas foram misturadas em argamassadeira com capacidade para 20 L. Primeiramente, o superplastificante, misturado à água de amassamento, foi adicionado ao recipiente da argamassadeira, iniciando-se, em seguida, o processo de mistura em velocidade baixa. Os materiais finos, previamente misturados, foram, então, adicionados ao recipiente, durante 90 s. O processo de mistura foi paralisado por 60 s, para remoção de partículas finas aderidas ao recipiente. Após este procedimento, reiniciou-se a mistura na argamassadeira por mais cinco minutos e meio, sendo que, durante os primeiros 90 s a fibra foi adicionada gradativamente.

Por fim, iniciou-se o procedimento de moldagem, que consistiu em duas etapas: preenchimento de 50% do molde, seguido de vibração, em mesa vibratória, durante 10 s; adição de mistura até completar o volume do molde, com subsequente vibração por 40 s. Os corpos-de-prova foram curados ao ar por 24 h, sendo submetidos, em seguida, à cura em água com cal, em câmara úmida, até a idade de ensaio.

3.3 Métodos de ensaio

A avaliação das misturas no estado fresco consistiu em medir o espalhamento no mini slump (Figura 3a) e o tempo de escoamento das mesmas (650 ml) no funil V (cujas dimensões constam na Figura 3b) a fim de verificar a auto-adensabilidade das misturas.

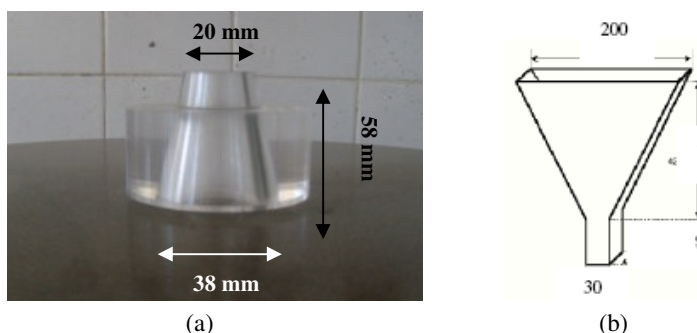


Figura 3- (a) Mini slump e (b) Dimensões do funil V utilizado neste trabalho (adaptado de MANUEL, 2005)

As propriedades físicas avaliadas nas pastas foram absorção de água, índice de vazios e massa específica, aos 28 dias, conforme procedimento descrito na NBR 9778 (ABNT, 2005). Foram avaliados seis corpos de prova cilíndricos, com 50 mm de diâmetro e 100mm de altura, por mistura.

Os ensaios mecânicos realizados incluíram resistência à compressão uniaxial (3, 7 e 28 dias), resistência à tração por compressão diametral e resistência à tração na flexão (aos 28 dias). Para os ensaios de resistência à compressão uniaxial e resistência à tração por compressão diametral foram moldados seis corpos de prova cilíndricos, com 50 mm de diâmetro e 100mm de altura, por mistura, em cada idade avaliada. Os métodos de ensaio estão definidos pela NBR 7215 (ABNT, 1996) e NBR 7222 (ABNT, 1994), respectivamente. Seis corpos de prova prismáticos (dimensões: 160 mm de comprimento, 40 mm de altura e 40 mm de largura), por mistura, foram utilizados para o ensaio de resistência à tração na flexão, cujo método é estabelecido pela NBR 13279 (ABNT, 2005).

Visando obter as curvas carga-deflexão das pastas M1, M2 e M3, além da matriz (pasta sem fibras-M0), foi realizado um ensaio de resistência à tração na flexão, com três corpos-de-prova prismáticos (dimensões: 160 mm de comprimento, 40 mm de altura e 40 mm de largura) por mistura. O ensaio foi executado em uma prensa Shimadzu AG-X 100 kN, com velocidade de deslocamento de 0,2 mm/min, configuração de quatro pontos e maior vão entre os apoios de 140 mm. Os resultados foram

armazenados por um sistema de aquisição de dados e a deflexão central da amostra foi medida por um LVDT. A idade dos corpos-de-prova foi 28 dias. A partir das curvas carga-deflexão, foram calculados os fatores de tenacidade (FT), baseando-se na norma NBN B15-238/1992. O FT é igual a $(n \cdot T_n)/(bd^2)$, onde: n corresponde à razão entre o vão livre entre apoios L e a deflexão δn , ou seja, $n=L/\delta n$; T_n é a área sob a curva até a deflexão δn ; b é a largura do corpo-de-prova; e d é a altura do mesmo.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Avaliação da consistência das pastas

A Tabela 1 contém os resultados dos ensaios de espalhamento no mini slump e do funil V para as pastas estudadas.

Tabela 1- Espalhamento médio no mini slump e tempo de escoamento no funil V das misturas com 1% (M1), 2% (M2) e 3% (M3) de fibras curtas de coco

<i>MISTURA</i>	<i>Espalhamento médio no mini slump(mm)</i>	<i>Tempo de escoamento no funil V (s)</i>
M1	77,3	22,0
M2	75,3	22,0
M3	57,2	22,0

Segundo Gomes et al. (apud CAVALCANTI, 2006, p. 78), pastas auto-adensáveis devem apresentar espalhamento no mini slump de 180 ± 10 mm. Comparando com esta referência, as misturas avaliadas não possuem a característica de auto-adensabilidade. A tentativa de ampliar o espalhamento das pastas produzidas e atingir este valor característico por meio da adição de um teor maior de superplastificante ou pelo aumento na relação água/aglomerante não obteve sucesso, pois provocou segregação das fibras na mistura. Entretanto, analisando os resultados alcançados, deve-se ponderar que as pastas em estudo contém fibras vegetais, as quais limitam o espalhamento adequado. Além disso, apesar da presença dessas fibras, as misturas apresentaram capacidade de preenchimento do molde do mini slump e do funil V pelo seu peso próprio, mantendo-se coesa e exibindo distribuição uniforme das fibras na mistura. Por esse motivo, as misturas produzidas foram consideradas auto-adensáveis.

Observa-se que a mistura 1 exibiu maior espalhamento, pois o menor teor de fibra não influenciou na consistência de modo significativo. Na misturas 2 e 3, o espalhamento foi reduzido em 2,6% e 26%, respectivamente, em relação à mistura 1. A mistura 3 apresentou menor trabalhabilidade, indicando que o efeito da fibra sobre a fluidez foi mais marcante.

Quanto ao tempo de escoamento no funil V, o valor de 22 s foi alcançado pelas três misturas. Contudo, o comportamento das pastas durante o escoamento foi diferente. As misturas 1 e 2 apresentaram fluxo contínuo, enquanto na mistura 3 houve algumas interrupções devido à sua maior consistência.

4.2 Propriedades físicas

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados de absorção de água, índice de vazios e massa específica dos compósitos reforçados com 1% (M1), 2% (M2) e 3% (M3) de fibras de coco, aos 28 dias.

Tabela 2- Absorção de água (ABS), índice de vazios (IV), massa específica seca (ρ_s), massa específica saturada (ρ_{sat}) e massa específica real (ρ_{real}), com os respectivos desvios-padrão, das pastas de cimento contendo 1% (M1), 2% (M2) e 3% (M3) de fibras curtas de coco, aos 28 dias

MISTURA	ABS (%)	IV (%)	ρ_s (g/cm ³)	ρ_{sat} (g/cm ³)	ρ_{real} (g/cm ³)
M1	29,47±0,30	42,4±0,40	1,44±0,00	1,86±0,00	2,50±0,01
M2	30,31±0,30	42,7±0,25	1,41±0,01	1,83±0,00	2,45±0,00
M3	30,57±0,30	42,4±0,24	1,39±0,00	1,81±0,00	2,40±0,01

Nota-se que, com relação à absorção de água e ao índice de vazios, as misturas são bastante semelhantes, indicando que o teor de fibra não influenciou de modo relevante essas propriedades. Percebe-se um decréscimo suave (inferior a 5%) das massas específicas com o aumento do teor de fibra, devido à estrutura porosa desta e aos vazios que incorpora na mistura. Neste estudo, provavelmente, a reação pozolânica da metacaulinita e do resíduo cerâmico moído, além do efeito fíler dos finos de RCD, conduziram ao refinamento da estrutura de poros das pastas, minimizando a influência da fibra sobre as propriedades físicas do compósito.

4.3 Propriedades mecânicas

A Tabela 3 mostra os resultados de resistência à compressão e à tração das pastas, nas diferentes idades estudadas.

Tabela 3- Resistência mecânica, com os respectivos desvios-padrão, das misturas M1, M2 e M3

MISTURA	fc (MPa)			ftd (MPa)	ftf (MPa)
	3 d	7 d	28 d	28 d	28 d
M1	16,6±0,2	26,4±0,9	30,9±1,0	2,44±0,08	7,66±0,31
M2	14,3±0,3	26,9±0,8	29,1±0,8	2,24±0,08	5,84±0,28
M3	13,0±0,4	24,2±1,0	26,3±0,7	2,18±0,07	6,21±0,11

Verifica-se a redução na resistência à compressão com o aumento do teor de fibra, especialmente quando o teor de fibra é de 3%. Aos 28 dias, a mistura 3 apresentou queda de 14,9 % na resistência em relação à mistura 1 e de 9,6% em relação à mistura 2. Isso se deve à estrutura porosa das fibras vegetais e ao ar que as mesmas aprisionam no material, reduzindo sua resistência.

O avanço da idade proporcionou o aumento na resistência à compressão das pastas devido à evolução da hidratação e à reação pozolânica.

Com relação à resistência à tração, observa-se uma tendência de redução nestas resistências com a adição de maiores teores de fibras. Assim como na resistência à compressão, os vazios embutidos nas pastas em virtude da presença das fibras prejudica sua resistência à tração. Na resistência à tração por compressão diametral, as misturas apresentam valores próximos. Com relação à resistência à tração na flexão, as misturas M2 e M3 foram, respectivamente, 23,8% e 18,9% menos resistentes que a mistura M1.

O Gráfico 3 corresponde às curvas de carga-deflexão da matriz (pasta sem fibras-M0) e das misturas M1, M2 e M3. Observa-se que a adição de fibras reduz a carga de pico dos compósitos, com exceção da mistura 1, na qual as fibras proporcionaram acréscimo nesta carga. Contudo, compósitos com maior teor de fibras exibem maior capacidade de deformação.

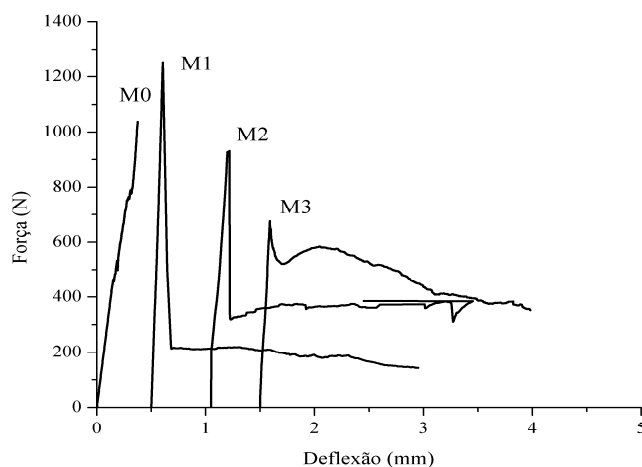


Gráfico 3- Curvas carga-deflexão das pastas de cimento M0 (sem fibras), M1, M2 e M3

Na Tabela 4 estão mostrados os fatores de tenacidade referentes às curvas do Gráfico 3. As fibras conferiram aumento na tenacidade dos compósitos, sinalizada no gráfico pela maior área sob a curva.

Tabela 4- Fator de tenacidade (FT) dos compósitos, aos 28 dias

MISTURA	FATOR DE TENACIDADE (FT _n)
M0	0,47
M1	0,95
M2	1,54
M3	2,01

5 CONCLUSÕES

A adição de fibras de coco acarretou perda de trabalhabilidade das misturas. Entretanto, foi possível classificá-las como auto-adensáveis, pois apresentaram capacidade de preenchimento dos moldes e resistência à segregação.

O aumento no teor de fibra de coco não interferiu na absorção de água e no índice de vazios, mas acarretou redução na resistência mecânica e nas massas específicas do material. As fibras proporcionaram ganho de tenacidade ao compósito.

6 REFERÊNCIAS

AGOPYAN, V. Vegetable fibre reinforced building materials-developments in Brasil and other Latin American countries. In: SWAMY, R. N. (Ed.) **Natural fibre reinforced cement and concrete**. London: Blackie and Son Ltd, 1988. v. 5.

ABCP-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia básico de utilização do cimento Portland**. 7.ed. São Paulo, 2002. 28p. (BT-106). Disponível em: <http://www.abcp.org.br/downloads/arquivos_pdf/BT106_2003.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2008.

ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279-** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos-Determinação da resistência à tração na flexão. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778**- Argamassa e concreto endurecidos- Determinação da absorção de água por imersão, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 23**- Cimento Portland e outros materiais em pó-Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2001.

ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215**- Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996.

ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7222**- Argamassa e Concreto-Ensaio de resistência à tração por compressão diametral. Rio de Janeiro, 1994.

ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12653**- Materiais pozolânicos. Rio de Janeiro, 1992.

CAVALCANTI, D. J. de H. **Contribuição ao estudo de propriedades do concreto auto-adensável visando sua aplicação em elementos estruturais**. 2006. 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió.

FERRARA, L.; PARK, Y.; SHAH, S. P. A method for mix-design of fiber-reinforced self-compacting concrete. **Cement and Concrete Research**, v.37, p. 957-971, 2007.

GRAM, H. Durability of natural fibres in concrete. In: SWAMY, R. N. (Ed.) **Natural fibre reinforced cement and concrete**. London: Blackie and Son Ltd, 1988. v. 5.

GRAM, H.E.; NIMITYOGSKUL, P. **Durability of natural fibers in cement-based roofing sheets**. Proceedings of the ESCAP/RILEM/CIB Symposium on Building Materials for Low Income Housing in asia and the Pacific, Bangkok, January, 1987, p. 328-334.

GUIMARÃES, S. da S. Some experiments in vegetable fiber-cement composites. **Informe Técnico do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento-CEPED**. [S.l.]: CEPED, ano 2, n.30, set. 1987.

HUSSIN, M. W.; ZAKARIA, F. Prospects for coconut fibre reinforced thin cement sheets in the Malaysian construction industry. In: SOBRAL, H.S. (Col.). **Vegetable Plants and Their Fibres as Building Materials**: Proceedings of the Second International Symposium, Chapman & Hall, 1990.

IBGE-PAM-2008. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, SIDRA, Banco de Dados Agregados, Produção Agrícola Municipal. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?z=t&i=P>>. Acesso em: 08 mar. 2010.

JOHN, V. M.; CINCOTTO, M. A.; SJÖSTRÖM, C.; AGOPYAN, V.; OLIVEIRA, C.T.A. Durability of slag mortar reinforced with coconut fibre. **Cement & Concrete Composites**, v.27, n. 5, p. 565-574, May 2005.

JÚSTIZ-SMITH, N.G. ; VIRGO, G.J. ; BUCHANAN, V.E. Potential of Jamaican banana, coconut coir and bagasse fibres as composite materials. **Materials Characterization**, v.59, n.9, p. 1273-1278, Sept. 2008.

MANUEL, P. J. M. **Estudo da influência do teor de argamassa no desempenho de concretos auto-adensáveis**. 2005. 178 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

NBN B 15 238. **Essais des betons reinforce de fibres- Essai de flexion sur éprouvettes prismatiques**, Institute Belge de Normalisation (IBN), Brussels, Belgium, 1992, 9 p.

PARAMASIVAM, P.; NATHAN, G.K.; GUPTA, N.C. das. Coconut fibre reinforced corrugated slabs. **International Journal of Cement Composites e Lightweight Concrete**, v.6, n.1, p. 19-27, Feb. 1984.

PASSOS, P. R. de A. **Destinação sustentável de cascas de coco (*Cocos nucifera*) verde: obtenção de telhas e chapas de partículas**. 2005. 186f. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) - Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia (COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SAVASTANO JR, H.; AGOPYAN, V.; NOLASCO, A.M.; PIMENTEL, L. Plant fibre reinforced cement components for roofing. **Construction and Building Materials**, v. 13, n.8, p.433-438, Dec. 1999.

SAVASTANO JR, H; PIMENTEL, L.L. Viabilidade do aproveitamento de resíduos de fibras vegetais para fins de obtenção de material de construção. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n. 1, p. 103-110, 2000.

SAVASTANO JR, H. ; AGOPYAN, V. ; OLIVEIRA, L. Estudo da microestrutura das fibras vegetais e de suas implicações sobre o desempenho de compósitos cimentícios. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.17, n.1, p. 113-124, set. 1997.

SHIMIZU, G.; JORILLO JR, P. Coir fibre reinforced cement based composite. Part 1: Microstructure and properties of fibre-mortar. In: SWAMY, R.N. (Ed.). **Fibre Reinforced Cement and Concrete**: Proceedings of the Fourth RILEM International Symposium. London: E & FN Spon, 1992.

TOLEDO FILHO, R. D.; SILVA, F. de A.; FAIRBAIRN, E.M.R.; MELO FILHO, J. de A. Durability of compression molded sisal fiber reinforced mortar laminates. **Construction and Building Materials**, v. 23, n. 6, p. 2409-2420, June 2009.

TOLEDO FILHO, R.D.; GHAVAMI, K.; ENGLAND, G.L.; SCRIVENER, K. Development of vegetable fibre-mortar composites of improved durability. **Cement & Concrete Composites**, v.25, n.2, p. 185-196, Feb. 2003.

VILELA, P. **Coco verde**. Disponível em: <http://www.portal.sebrae.com.br/setor/fruticultura/o-setor/frutas/coco-verde/coco-1031/BIA_1031/integra_bia>. Acesso em: 29 set. 2007.

7 AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), ao Programa de Cooperação Acadêmica (PROCAD/CAPES) e à COPPE/UFRJ.