

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO FÍSICO E MECÂNICO DE ARGAMASSAS CONTENDO RESÍDUO DE FIBRA DE SISAL E CINZA DE LODO DE ESGOTO

Camila Louzado D'El Rei Dantas¹; Cintia Maria Ariani Fontes²; Paulo Roberto Lopes Lima³

1. Bolsista FAPESB, Graduanda em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: camila.delrei@hotmail.com

2. Orientadora, Universidade Estadual de Feira de Santana, Departamento de Tecnologia, e-mail: cintiafontes@gmail.com

3. Participante do Projeto, Universidade Estadual de Feira de Santana, Departamento de Tecnologia, e-mail: lima.prl.uefs@gmail.com

PALAVRAS-CHAVE: Resíduo da fibra de sisal, argamassa, comportamento.

INTRODUÇÃO

O lodo de esgoto é um dos subprodutos no tratamento dos esgotos e a sua gestão têm trazido atualmente atenção especial devido ao alto volume gerado e legislações mais restritivas quanto à sua disposição final. Segundo Andreoli *et al.* (2001), o correto tratamento e disposição final do lodo de esgoto deve fazer parte de todo o programa de tratamento dos efluentes sendo definido ainda em projeto, para que os objetivos do saneamento sejam efetivamente atingidos.

Para a correta disposição final do lodo de esgoto deve-se preocupar, principalmente, com a composição do mesmo, o que inclui metais pesados (cádmio, cobre, molibdênio, zinco e níquel), germes patogênicos, micropoluentes orgânicos e nitrogênio – que pode afetar diretamente na qualidade da água subterrânea. As principais alternativas de disposição final deste material são através de aterro sanitário, incineração (problemas ainda com a destinação final das cinzas), landfarming e reciclagem agrícola (devido ao elevado teor de matéria orgânica).

Segundo Fontes (2008), a incineração tem grande capacidade de redução do volume inicial do lodo gerado e apesar de apresentar custo elevado traz benefícios, como menor área de disposição e possível utilização dessa cinza na construção civil devido à eliminação da matéria orgânica e germes patogênicos. Dentro do setor de construção civil, a cinza do lodo de esgoto (CLE) poderia ser aplicada na produção de argamassas, concretos e blocos cerâmicos, como adição mineral (FONTES, 2008; GEYER, 2001). Porém a sua inserção propicia redução nas propriedades mecânicas para teores acima de 10%, em substituição ao cimento Portland.

Visando estudar melhorias nas propriedades mecânicas desse material optou-se por utilizar um resíduo agroindustrial, como microrreforço, proveniente da limpeza da fibra de sisal durante operação de beneficiamento na indústria de fios e tapetes. O pó gerado deste processo é conhecido como pó de bateadeira e, atualmente não possui valor comercial, sendo comumente utilizado como adubo orgânico ou em misturas para ração animal.

Para avaliar o desempenho físico-mecânico das argamassas foram realizados ensaios de absorção de água por capilaridade, resistência à compressão e resistência à tração em flexão, aos 28 dias, para teores de 0%, 5% e 7% de resíduo em pó de fibra de sisal (RPFS).

MATERIAIS E MÉTODOS

O cimento utilizado na presente pesquisa foi o CPV-ARI, por ser isento de adições minerais e com isso não influenciar no comportamento das adições minerais utilizadas na presente pesquisa (CLE e metacaulinita). A massa específica obtida foi de 3,07g/cm³ e o valor de resistência à compressão, aos 7 dias foi de 35,1 MPa. A CLE apresentou massa específica de 2,68 g/cm³ e índice de atividade pozolânica (IAP) de 96% (Ver Figura 1B). A metacaulinita (MC), para esses mesmos parâmetros, apresentou valores de 2,72 g/cm³ e 99%.

O agregado miúdo utilizado foi uma areia quartzosa, proveniente do município de Alagoinhas - BA, com dimensão máxima de 1,2 mm, módulo de finura de 2,65 e massa específica 2,64 g/cm³. O Superplastificante (SP) utilizado no presente estudo foi de terceira geração, à base de éter carboxílico, com teor de sólidos de 30,86%. A dosagem deste material variou para cada mistura em virtude do teor de fibra e da necessidade em se obter uma mistura auto adensável. Além disso, devido à alta absorção de água pelo resíduo fibroso, tornou-se necessário a utilização de um elevado fator água/cimento, o que normalmente provoca segregação do material cimentício. Para evitar essa segregação foi usado um agente modificador de viscosidade (AMV) a base de polímeros de celulose. O resíduo em pó de fibra de sisal (Figura 1A) proveniente do Município de Valente foi coletado na Fábrica de tapetes e carpetes de sisal da APAEB (Associação dos Pequenos Agricultores do Estado da Bahia). Esse tipo de resíduo por ser oriundo da fibra de sisal, apresenta massa específica em torno de 0,90 g/cm³, conforme estudo realizado por Lima (2004).



Figura 1. Amostras de RPFS (a) e CLE (b)

A dosagem das argamassas foi realizada com o objetivo de produzir uma matriz autoadensável. Tal fato contribui para aumentar a incorporação de RPFS às misturas, bem como melhorar a sua dispersão no meio. Para isso o espalhamento foi fixado em (400 ± 10) mm. Foram produzidas argamassas com traço de referência de 0,5:0,3:0,2:0,5:0,75 (cimento:MC:CLE:areia:água) e adições de 5% e 7% de RPFS. O percentual de CLE e metacaulinita foi definido em Santos (2011). Na Tabela 1 encontra-se o traço e o consumo de materiais por m³ de argamassa para todas as misturas utilizadas na presente pesquisa.

Tabela 1. Traço em massa e consumo de materiais das argamassas por m³

Mistura	Traço em massa	Consumo (kg/m ³)							
		Cimento	MC	CLE	Areia	RPFS	Água	SP	AMV***
Arg0%	0,5:0,3:0,2:0,5:0,75	388,45	233,07	155,38	388,45	0,00	381,12	0,00	0,00
Arg5%	0,5:0,3:0,2:0,5:0,05:0,75	372,37	223,42	148,95	372,37	37,24	368,50	14,48*	0,37
Arg7%	0,5:0,3:0,2:0,5:0,07:0,75	366,31	219,79	146,52	366,31	51,28	362,50	33,24**	0,37

*Arg5% refere-se a 0,7% SP; **Arg7% refere-se a 1,4% SP; *** AMV: 0,05% da massa de aglomerantes

O procedimento das misturas foi realizado inicialmente com a adição da água e do superplastificante, seguido do material cimentício (cimento + MC + CLE), por 30 segundos, com a argamassadeira ligada em velocidade baixa. Posteriormente foi inserido, pelo mesmo tempo e na mesma velocidade, a areia. Após essa etapa a argamassadeira permaneceu ligada por mais 30 segundos. Em seguida desligou-se o equipamento e o mesmo permaneceu em repouso por 1 minuto e 30 segundos. Nos primeiros 15 segundos fez-se a raspagem do material preso nas bordas da cuba e na pá. No tempo restante a mistura foi coberta com pano úmido. Após esse período, a argamassadeira foi ligada, em velocidade baixa, por 2 minutos e 30 segundos. Em seguida, foi colocado o AMV e o RPFS, por 1 minuto. O equipamento foi desligado e fez-se uma nova raspagem da cuba para a retirada de qualquer fibra aderida, durante o período de 30 segundos. Por fim, o material foi misturado em velocidade alta por 1 minuto. Este procedimento segue a metodologia utilizada na NBR 7215 (ABNT, 1996), diferindo no tempo de mistura, pois o superplastificante utilizado no presente estudo só começa a agir após 6 minutos de mistura.

Após o processo de produção das misturas, corpos-de-prova cilíndricos e prismáticos forma moldados para os ensaios de absorção de água por capilaridade e resistências à compressão e tração na flexão. Após 24 horas os mesmos foram desmoldados e encaminhados à câmara úmida onde permaneceram até a idade dos ensaios (28 dias).

Os ensaios mecânicos de resistência à compressão e resistência à tração na flexão (Ver Figura 2) foram realizados conforme NBR 13279 (ABNT, 2005). Para o ensaio de resistência à compressão utilizou-se corpos-de-prova prismáticos provenientes do ensaio de resistência à tração na flexão, com dimensões de 40 mm x 40 mm x 40 mm. Os ensaios foram realizados em máquina servo-hidráulica microprocessada para ensaios, com capacidade de 200 toneladas.



Figura 2. Ensaio de resistência à tração na flexão (a) e resistência à compressão (b)

O ensaio de absorção de água por capilaridade (Figura 3) foi realizado conforme a NBR 9779 (ABNT, 1995), em corpos-de-prova com dimensões de 50mm de diâmetro por 100mm. Para avaliar este parâmetro, inicialmente os corpos-de-prova foram retirados da câmara úmida, aos 28 dias de idade, e colocados em estufa à temperatura de $80^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ até constância de massa.



Figura 3. Ensaio de absorção por capilaridade

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 2 encontra-se os resultados referentes aos ensaios de resistência à compressão, resistência à tração na flexão e absorção de água por capilaridade para as misturas com e sem adição de RPFS.

Tabela 2. Resultados dos ensaios em argamassas no estado endurecido

Misturas	Resistência à compressão (MPa)	Resistência à tração na flexão (MPa)	Absorção de água por capilaridade (%)
Arg0%	9,5	3,7	4,4
Arg5%	7,4	2,8	2,3
Arg7%	5,2	1,5	2,5

Analisando os resultados apresentados verifica-se que tanto a resistência à compressão, quanto a resistência à tração na flexão reduziram com a incorporação de RPFS. Isto provavelmente ocorreu em virtude do resíduo possuir uma menor capacidade resistente não atuando como microrreforço. Além disso, verificou-se em Miranda (2013), para as

mesmas misturas, que o teor de ar incorporado aumentou com a incorporação de RPFS. O aumento deste parâmetro pode, também, ter contribuído na redução da resistência mecânica do material.

Em relação à absorção de água por capilaridade, as duas misturas Arg5% e Arg7% apresentaram resultados menores que a mistura de referência. Pode-se dizer que a presença do resíduo reduziu a conectividade entre os poros, dificultando a percolação da água. Este comportamento está associado tanto à finura do resíduo, quanto a sua elevada absorção de água.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final da análise dos resultados pode-se dizer que o resíduo fibroso não atuou como microrreforço. Apesar de não ter proporcionado acréscimos de resistência mecânica às misturas, o mesmo reduziu a interconectividade entre os poros o que favorece a durabilidade do material.

Porém, não se deve deixar de mencionar que no sentido amplo desta pesquisa, mais investigações precisam ser realizadas nestes materiais, principalmente com relação à investigação da estrutura porosa e da resistência mecânica.

REFERÊNCIAS

- ANDREOLI, C.V. VON SPERLING, M.; FERNANDES, F., Lodo de esgotos: tratamento e disposição final. 1ª ed. Belo Horizonte, DESA/UFMG e SANEPAR, 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7215: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 9779: Argamassa e concreto endurecido – Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro, 1995.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- FONTES, C.M.A. Utilização das cinzas de lodo de esgoto e de resíduo sólido urbano em concretos de alto desempenho. 273 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.
- GEYER, A.L.B. Contribuição ao estudo da disposição final e aproveitamento da cinza de lodo de estações de tratamento de esgotos sanitários como adição ao concreto. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, 2001.
- LIMA, P.R.L. Análise teórica e experimental de compósitos reforçados com fibra de sisal. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.
- MIRANDA, S.A.S. Influência do resíduo da fibra de sisal nas propriedades de argamassas no estado fresco. In: XVII Seminário de Iniciação Científica da UEFS, Feira de Santana. 2013 (em andamento).
- SANTOS, N.O. Influência do resíduo de fibra de sisal no comportamento mecânico de argamassas. Relatório Final – Programação Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – FABESP/UEFS, Feira de Santana, 2011.