



PRPG Pró-Reitoria de Pós-Graduação
PIBIC/CNPq/UFPG-2009

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DO PAPEL EM COMPÓSITO COM DIFERENTES MATRIZES

Elvis A. Soares¹; Antônio F. Leal²; Nerandi L. Camerini³; Valneide R. da Silva⁴ & José W. B. do Nascimento²

RESUMO

Este trabalho avaliou a utilização de resíduos da indústria do papel em compósitos à base de cimento, gesso e uma combinação de cimento e resíduos da indústria cerâmica, foram definidas quatro misturas: 1:4, 1:5, 1:6 e 1:7, sendo moldados corpos-de-prova prismáticos para realização de ensaio de tração na flexão em três pontos e absorção por imersão. Foi utilizado o Teste de Tukey para demonstrar a semelhança de valores. O ensaio de absorção proporcionou resultados entre 26,27 e 35,14 %, já os ensaios de resistência à tração na flexão variaram de 0,57 a 1,08 MPa. Os ensaios foram realizados aos 14 dias, sendo adaptado procedimento da NBR 6118 para estimar os valores de resistência aos 28 dias.

Palavras-chave: compósito, reaproveitamento, argamassa

ABSTRACT

This study evaluated the use of waste from the paper industry in composites based on cement, plaster and a combination of cement and ceramic industry waste, was established four mixtures: 1:4, 1:5, 1:6 and 1:7, and molded body-of-proof prismatic to the traction test in flexion at three points and absorption by immersion. It was used the Tukey's test to demonstrate the similarity of values. The test results provided the absorption between 26.27 and 35.14%, and the tests of traction in flexion ranged from 0.57 to 1.08 MPa. The tests were performed at 14 days, and a procedure of NBR 6118 was adapted to estimate the values of resistance at 28 days.

Keywords: composite, reuse, mortar

INTRODUÇÃO

A legislação ambiental tem se tornado cada vez mais restritiva, tornando onerosos os custos de tratamento e de descarte dos resíduos industriais que, posteriormente, são repassados ao consumidor através de impostos ou nos preços dos produtos. Além disso, como o atendimento a padrões rígidos de controle ambiental se tornou item obrigatório nas certificações de qualidade, que por sua vez são exigidas como condição para a exportação dos seus produtos, as indústrias buscam soluções que atendam as legislações ambientais e, ao mesmo tempo tornem seus produtos competitivos no mercado. Portanto, a utilização dos resíduos sólidos industriais como matéria-prima e sua transformação em produtos que possam ser comercializados ou que se mostrem economicamente viáveis, se apresenta como uma opção interessante tanto para as empresas que deles se descartam, como para o meio ambiente. Diante dessas considerações, busca-se neste trabalho de pesquisa uma opção para a utilização do resíduo sólido industrial resultante da produção do papel como adição em argamassas, para produção de placas para revestimento.

¹ Graduando em Engenharia Civil, participante do PIBIC, Universidade Federal de Campina Grande, elvissoares@hotmail.com;

² Professor da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, leal@deag.ufcg.edu.br; wallace@deag.ufcg.edu.br;

³ Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, nerandi@gmail.com;

⁴ Mestranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, rval707@yahoo.com.br.

Resíduos Sólidos

Os resíduos sólidos podem ser definidos como os restos das atividades humanas, sejam elas domésticas, comerciais, industriais ou de serviços e que são considerados como inúteis ou indesejáveis. São os resíduos da manufatura, construção, preparo de alimentos e outras atividades que usam os materiais e então deles se descartam. Normalmente apresentam-se sob estado sólido, semi-sólido ou semi líquido. Sewell (1978) apud Lébeis (2003) define os resíduos sólidos como o conjunto dos produtos indesejados e não aproveitados das atividades humanas, que não devem fluir diretamente para os rios ou se elevar imediatamente para o ar.

A reciclagem e a reutilização de resíduos provenientes de diferentes processos industriais, têm sido objeto de pesquisas em diversas instituições, que buscam soluções que conciliem vários aspectos, como custo de deposição, tratamentos, tipo e quantidade de resíduo, tecnologia e processos de utilização e, finalmente, o impacto econômico e ambiental da reciclagem.

Nesta direção, a construção civil desbanca como principal absorvedora desses resíduos, ajudando nas questões sanitárias e ambientais, preservando as reservas naturais de matérias-primas, reduzindo os custos das construções e inclusive melhorando algumas propriedades dos materiais, como dos concretos leves e elementos para isolamento térmico e acústico.

Soares et al. (2008) estudaram a adição de resíduos da indústria calçadista e de cerâmica para produção de argamassa leve, visando a fabricação de painéis para vedação, dentre outros elementos sem fim estrutural. Trabalharam com o SBR (Stireno Butadieno Rubber), obtido através de aparas, o mesmo foi processado e incorporado às argamassas, como agregado miúdo, já o resíduo da indústria cerâmica, após processado foi incorporado em substituição ao cimento, melhorando ou mantendo propriedades dos compósitos. Rios (2008) realizou trabalho semelhante com resíduos da indústria calçadista para produção de compósitos leves, com maior propriedade, proporcionou inclusive comparação entre os compósitos trabalhados e os já existentes no mercado.

Lébeis (2003) avaliou a possibilidade de aproveitamento na construção civil do resíduo resultante do processo de produção do papel, através da sua utilização como adição em argamassas de cimento e de revestimento, caracterizou o resíduo e determinou as propriedades mecânicas dos compósitos com a sua adição, os resultados obtidos indicaram que a adição de 5% a 10 % de resíduo, promoveu melhorias ou manutenção das propriedades mecânicas dos compósitos, afirmando a existência de viabilidade técnica da utilização do resíduo da fabricação do papel em argamassas.

Neves (2003) avaliou o desempenho da argamassa celulósica em relação à resistência e estanqueidade através da determinação de propriedades físicas, mecânicas e de permeabilidade para diversas dosagens, identificando suas características, que, associadas às solicitações de uso, indicaram componentes habitacionais mais adequados.

Papel Tissue

As instalações operacionais da empresa na qual foram coletados os resíduos seguem um padrão bastante usual (Figura 1) em fábricas de papel tissue e que produzem produtos semelhantes.

As matérias-primas utilizadas para produção do papel tissue são aparas de papéis, podendo ser do tipo branco, para fabricação de papel tissue branco ou do tipo mista, para papeis do tipo natural. Estas aparas são adquiridas de aparistas, que são empresas especializadas na coleta, classificação e enfardamento destes materiais. Chama-se de aparas a todo pedaço de papel cuja sua finalidade principal tenha sido cumprida, e não tendo mais utilidade na forma como foi utilizado, sendo assim descartado.

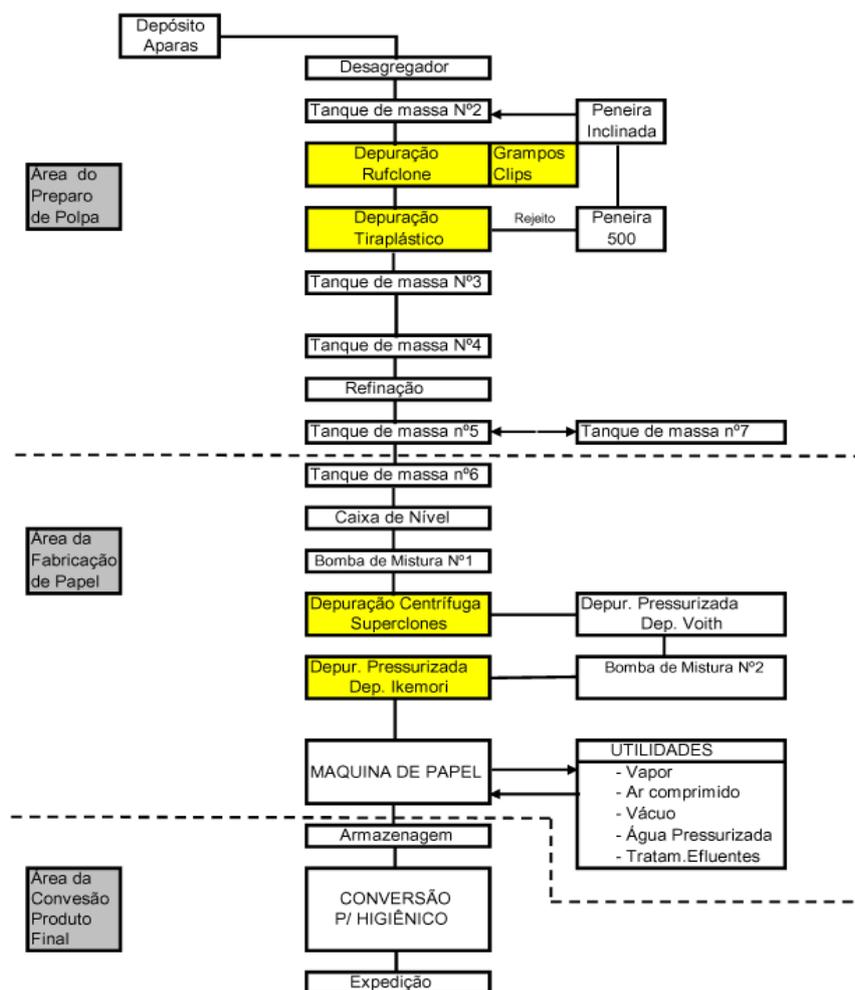


Figura 1. Fluxograma da produção de papel tissue

O Resíduo da Produção

Logo após ser descartado do processo de fabricação do papel, o resíduo se encontra em forma líquida com alto teor de sólidos em suspensão. Esse efluente líquido é submetido a um tratamento primário de flotação e prensagem, obtendo-se assim a forma sólida para a descarga em aterro, que é o principal método utilizado. Essa descarga gera um custo alto com o transporte, além do problema ambiental que essa forma de destinação do resíduo produz.

O resíduo resultante do processo de fabricação do papel, não é considerado tóxico para a manipulação, e está inserido na Classe 2 (resíduos não inertes) da NBR 10.004 (2004). Este resíduo é composto basicamente de caulim, celulose, traços não significativos de substâncias químicas e água. Sua produção (Tabela 1) segundo dados da indústria geradora e da literatura consultada, equivale a aproximadamente 1% da produção do papel.

Tabela 1. Dados da produção de papel no Brasil (Fonte: Bracelpa, 2009)

Ano	Produção (ton)	Resíduos ¹ (ton)
1989	4.871.336	48.713,36
1999	6.953.246	69.532,46
2007	9.008.440	90.084,40
2009 ²	9.384.000	93.840,00

¹ – estimativa em função de dados coletados e consultados; ² - projeção

Fibras vegetais com matrizes cimentíceas

O reforço de matrizes frágeis com fibras, tem como principais finalidades, o aumento da resistência à tração e ao impacto, a maior capacidade de absorção de energia e a possibilidade do uso no estágio pós-fissurado, além de conferir um isolamento termo-acústico aceitável (Agopyan et al, 1997 apud Lébeis, 2003).

As fibras vegetais têm sido muito estudadas, principalmente para reforço de componentes para construções de interesse social, em virtude do seu baixo custo, ao serem empregadas na própria região de origem, ou como rejeitos de outras aplicações (Savastano JR, 1992).

A celulose é considerada uma matéria-prima particularmente importante devido a sua ocorrência natural e abundante, e por ser largamente utilizada na produção de papel e como reforço em materiais de construção, seja na forma de madeira, serragem ou polpa de madeira.

Padilha et al. (2001) avaliaram a potencialidade de uma argamassa leve contendo vermiculita e polpa de sisal como material de alto isolamento térmico para utilização nas edificações rurais. Foram ensaiados diferentes traços contendo cimento, areia, vermiculita e polpa de sisal. Os resultados obtidos indicaram que a introdução da vermiculita e polpa de sisal na argamassa provocou um aumento no índice de vazios e na absorção de água do material, e como consequência, uma diminuição na densidade aparente e na resistência mecânica das misturas, mas dentro dos valores práticos recomendados para uso como material isolante ou estrutural. Apesar da diminuição da resistência mecânica, o estudo indicou que a adição de polpa de sisal aumentou a tenacidade das matrizes que deixaram de apresentar comportamento frágil. Com relação às propriedades isolantes, a adição de polpa de sisal reduziu significativamente a condutividade térmica. De acordo com os autores, os resultados indicaram que o compósito obtido pode ser utilizado tanto como material isolante quanto estrutural, sendo uma alternativa segura, ecológica e de baixo custo para a fabricação de blocos, painéis de alvenaria e de placas planas e corrugadas para uso nas edificações rurais.

Paiva (2007) estudou o aproveitamento do lodo de ETE de indústria de papel na produção de compósitos cimentícios para uso na construção civil. Foi estudada a influência de diferentes teores da adição do lodo de ETE em argamassa de cimento e areia, com relação água-cimento pré-estabelecida. O resíduo foi classificado segundo a NBR 10.004 (2004). Sua incorporação na argamassa aumentou a absorção de água, houve também a diminuição da resistência à compressão com a incorporação do resíduo e decréscimo na massa específica do compósito. Os resultados permitiram concluir que o compósito é adequado para uso em materiais de construção sem função estrutural.

MATERIAL E MÉTODOS

Todos os ensaios e procedimentos aqui descritos foram realizados no Laboratório de Construções Rurais e Ambiente – LaCRA, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB.

Após coleta do resíduo em indústrias locais, o mesmo foi armazenado no Laboratório, sob condições que mantivessem o teor de umidade do resíduo encontrado nas instalações industriais. Foram coletados resíduos sob duas formas, um antes e outra após passagem do mesmo por um rolo prensa, foi determinado o teor umidade das duas formas do resíduo, através de procedimento simples de pesagem, secagem em estufa e nova pesagem.

Foram definidas algumas misturas (em massa) para realização de ensaios e análises, quais sejam: 1:4 (cimento;resíduo após prensagem); 1:5; 1:6; 1:7; 1:4S (cimento + substituição por tijolo moído;resíduo após prensagem); 1:5S; 1:6S; 1:7S e 1:4G (gesso;resíduo após prensagem); 1:5G; 1:6G; 1:7G. Moldaram-se corpos-de-prova prismáticos (NBR 5738, 1994) para determinação da resistência à tração na flexão (NBR 5641, 1977) e absorção por imersão (NBR 9778, 1987).

A mistura dos materiais foi realizada em recipiente plástico, sendo primeiramente colocado o resíduo, em seguida o aglomerante, sendo realizada homogeneização manual. A água utilizada na hidratação foi tão somente a já contida no resíduo.

A moldagem dos corpos-de-prova realizou-se imediatamente após o amassamento e com a maior rapidez possível. Aplicou-se nos moldes uma fina camada de óleo com o objetivo de impedir a aderência do material à forma. A moldagem da argamassa foi feita com o auxílio da espátula, em quatro camadas de alturas aproximadamente iguais.

Após a moldagem, foi aplicada energia de prensagem de 3MPa através de prensa hidráulica até que a liberação de água da argamassa cessasse. Após 24 horas, todos os corpos-de-prova foram retirados da forma e esperaram-se as idades para a cura e ensaio das argamassas.

Depois de confeccionados 80 corpos-de-prova (5 para cada traço), e de aguardar a cura de 14 dias, comeram os ensaios referentes à resistividade e absorção do material.

Ensaio de resistência à tração na flexão

Para os ensaios de resistência à tração na flexão, foram utilizados cinco corpos-de-prova prismáticos para cada traço, confeccionados a partir dos moldes recomendados pela NBR 5738. Os ensaios, para os compósitos, foram realizados aos 14 dias a partir da data de moldagem dos corpos-de-prova.

A configuração do ensaio de flexão em três pontos está baseada nas indicações da norma NBR 5641, 1977, cujo objetivo é avaliar o comportamento das placas sob carregamento. Realizaram-se ensaios com vão de 200 mm e carregamento linearmente distribuído no meio do vão. O ensaio foi realizado em uma prensa Shimadzu, com controle de deslocamento a uma taxa de 5 mm min⁻¹ (Lima et al., 2007).

Absorção por imersão

Na realização do ensaio para determinação da absorção observaram os parâmetros e recomendações da NBR 9778, 1987. Todos os corpos foram colocados para secagem em estufa durante 24h à temperatura de 105 ± 1 °C. Após esta fase, os corpos foram pesados em balança analítica da marca Marte, sendo sua menor divisão de leitura 0,01g, esta massa obtida, denominou-se de massa seca. A partir de então, os corpos foram submersos em água à temperatura ambiente, tendo-se o cuidado de mantê-los imergidos sob uma coluna de água de aproximadamente 50 ± 1 mm, retirados para nova pesagem após 5, 15, 30, 60, 120 e 1440 minutos de submersão. Quando da retirada da água, enxugava-se a superfície da amostra com pano seco.

Estimativa da resistência aos 28 dias

Todos os ensaios foram realizados ao 14 dias, para estimar os valores das resistências à tração na flexão aos 28 dias dos compósitos à base de cimento, foi adaptado procedimento da NBR 6118, 2004, que admite a resistência aos 28 dias (f_{28}) como função da resistência à t dias (f_t), equacionadas por um fator β :

$$f_{28} = f_t * \beta$$

onde: f_{28} , resistência aos 28 dias;
 f_t , resistência aos t dias;
 β , fator de proporcionalidade;

$$\beta = \text{Exp} \left\{ s * \left[1 - \left(\frac{28}{t} \right)^{0,5} \right] \right\}$$

em que: t, idade efetiva de cura em dias;
s = 0,38 para cimento CPIII e IV;
s = 0,25 para cimento CPI e II;
s = 0,20 para cimento CPV-ARI;

Tratamento dos dados e análise estatística

Foram utilizados 12 (doze) tratamentos com 5 (cinco) repetições. Aplicou-se o teste de Tukey à nível de 5% para comparação das médias, através do software ASSISTAT®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a produção de componentes, os materiais que apresentam menor porosidade e menor absorção de água são preferíveis, pois produzirão componentes com características físicas melhores. Na determinação da absorção (Tabela 2) as fibras presentes no resíduo tiveram grande influência, podendo-se afirmar que boa parte da água infiltrada no corpo ficou aprisionada no interior da fibra. Em relação ao aglomerante utilizado, as absorções tiveram valores próximos, indicando que a utilização do resíduo cerâmico é viável, podendo inclusive reduzir a absorção do compósito (Figura 1).

Tabela 2. Absorção dos compósitos

Mistura	Tempo após imersão						
	0	5	15	30	60	120	1440
1:4	0,00	3,97	9,02	12,51	15,06	18,82	28,49
1:5	0,00	5,25	10,76	15,79	19,86	23,64	32,63
1:6	0,00	5,70	13,34	17,27	20,76	24,07	34,81
1:7	0,00	6,04	10,43	16,73	20,04	24,50	35,05
1:4S	0,00	4,69	8,84	11,73	14,75	17,24	27,20
1:5S	0,00	6,03	11,31	13,97	17,86	20,58	32,42
1:6S	0,00	6,59	10,58	14,84	17,91	20,43	31,68
1:7S	0,00	7,04	12,36	16,57	18,89	21,94	33,50
1:4G	0,00	7,97	12,03	13,70	16,14	19,04	26,27
1:5G	0,00	9,25	13,16	15,80	18,36	20,75	28,73
1:6G	0,00	6,97	14,33	18,31	22,19	27,60	36,23
1:7G	0,00	8,54	14,99	18,52	22,24	26,65	35,14

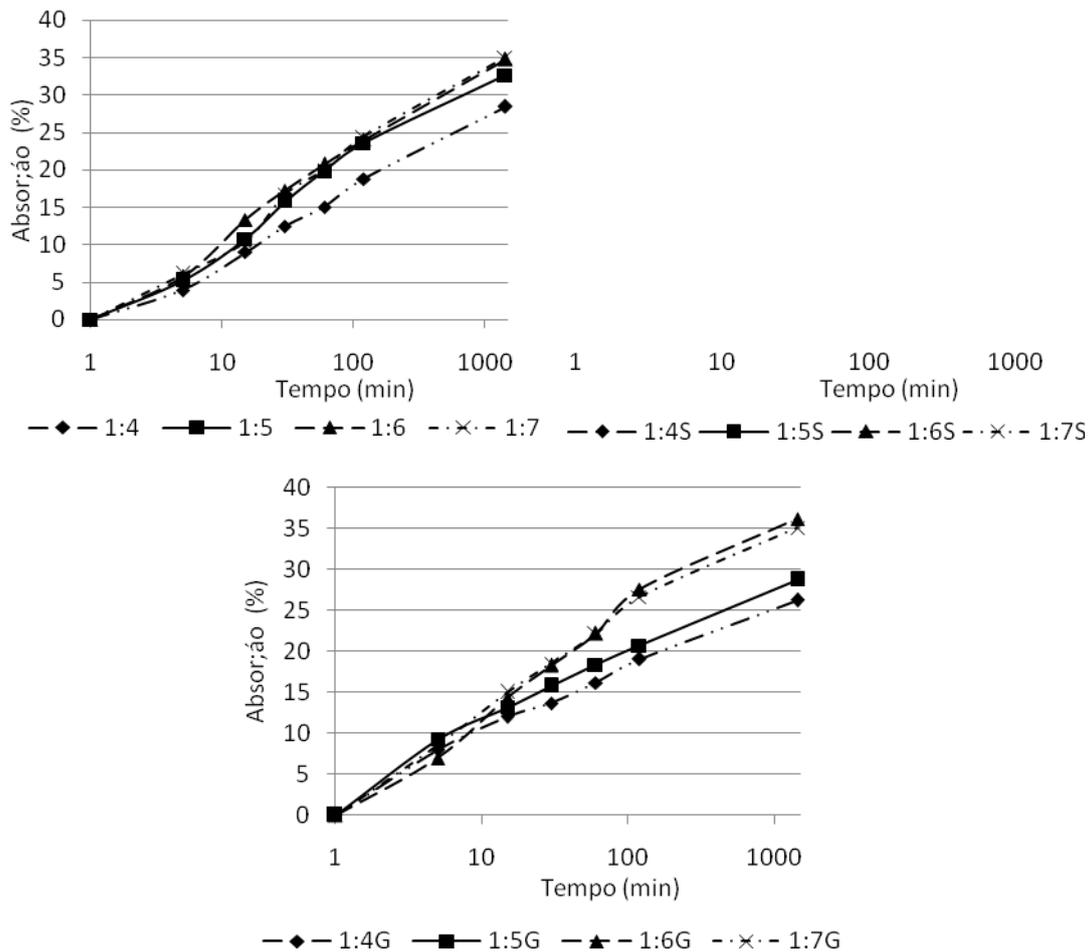


Figura 1. Absorção dos compósitos à base de cimento (A), cimento e resíduos cerâmicos (B), e gesso (C) em função do tempo.

No ensaio para determinação da resistência à tração na flexão (Figura 2A), observou-se ruptura brusca dos corpos, ou seja, após carregamento, atinge-se o máximo de resistência acontecendo ruptura rápida, após esta, o corpo não mais suporta carga significativa, o que demonstra baixa tenacidade. Esse modelo de ruptura pode ser explicado pelo pequeno tamanho das fibras presentes no compósito. Verificando-se a semelhança dos resultados dentro dos conjuntos com mesmo aglomerante, recorreu-se à estatística para demonstrar a semelhança dos valores obtidos (Tabela 3), os traços à base de cimento, tiveram resistência iguais estatisticamente, assim como os traços à base de cimento e resíduo cerâmico, já nos traços à base de gesso observou-se que o traço 1:6G diferiu dos outros traços, fato esse que pode ser atribuído à algum erro experimental, necessitando portanto, de nova moldagem para esclarecer o ocorrido.

Como os ensaios foram realizados aos 14 dias, adaptou-se da NBR 6118 procedimento matemático para estimar a resistência aos 28 dias, observando que os traços 1:6 e 1:7S tiveram os maiores valores de resistência, respectivamente 1,26 e 0,98 MPa, procedimento semelhante não foi encontrado e portanto, não adotado para o gesso.

Foi determinada a massa específica dos compósitos (Figura 2A), onde se observa média geral de 1302 kg/m³, com base nesta informação e na semelhança estatística dos valores pode-se classificar os compósitos como argamassas leves, tendo-se por base os valores adotados para os concretos (Tabela 4).

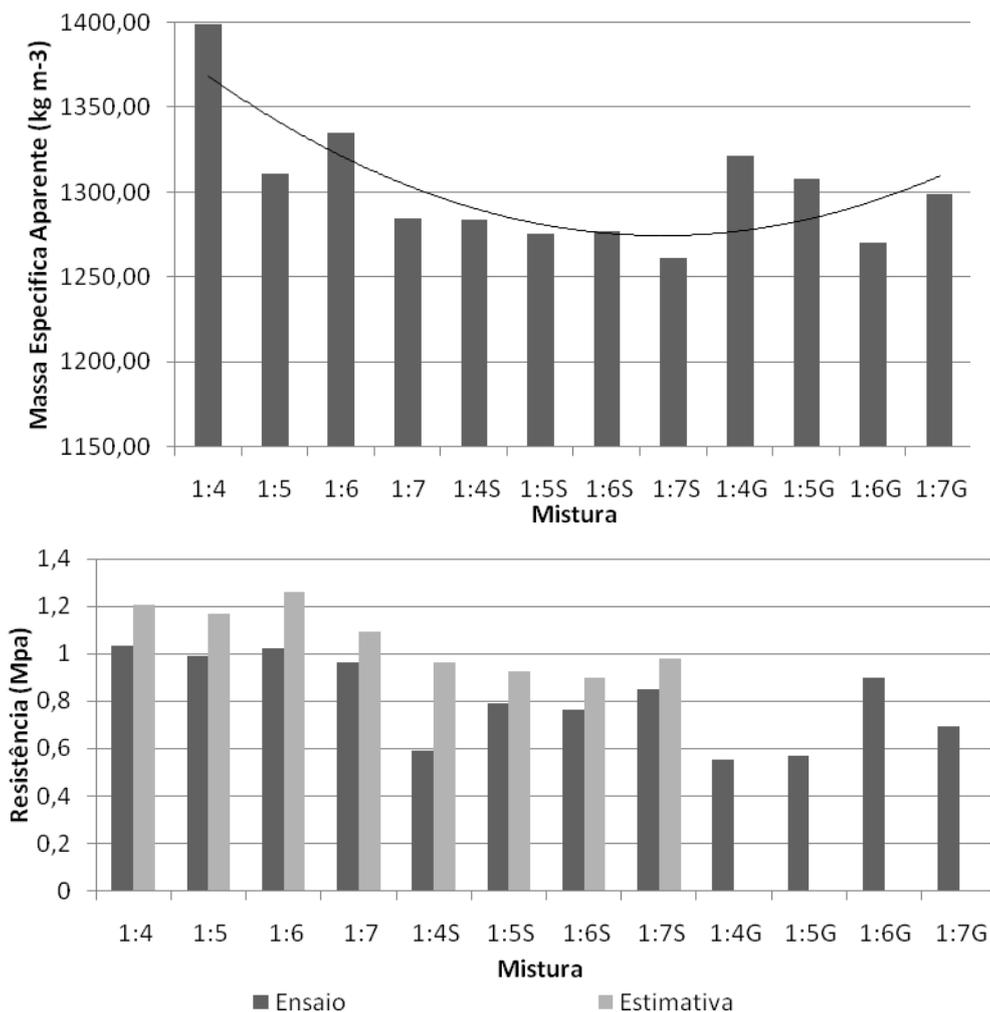


Figura 2. Massa específica (A) e resistência à tração na flexão (B).

Tabela 3. Resistência à tração na flexão e massa específica dos compósitos

Mistura	Tração na Flexão* (MPa)	Estimat. Tração na Flexão* (MPa)	Massa específica aparente* (Kg m ⁻³)
1:4	1,04 ab	1,21 a	1398,62 a
1:5	1,00 abc	1,17 ab	1310,86 ab
1:6	1,08 a	1,26 a	1334,80 ab
1:7	0,93 abcd	1,09 abc	1284,27 ab
1:4S	0,82 cd	0,96 c	1283,98 ab
1:5S	0,79 de	0,92 c	1275,28 ab
1:6S	0,77 def	0,90 c	1276,72 ab
1:7S	0,84 bcd	0,98 bc	1261,09 b
1:4G	0,60 ef	-	1321,51 ab
1:5G	0,57 f	-	1307,58 ab
1:6G	0,95 abcd	-	1270,52 b
1:7G	0,75 def	-	1298,77 ab

TABELA 4. Dados de referência da massa específica dos concretos leves

<i>Referência</i>	<i>Massa específica (kg/m³)</i>
RILEM (1975)	$\gamma < 2000$
CEB-FIP (1977)	$\gamma < 2000$
NS 3473 E (1992)	$1200 < \gamma < 2200$
ACI 213R-87 (1997)	$1400 < \gamma < 1850$
CEN prEN 206-25 (1999)	$800 \leq \gamma \leq 2000$

(Fonte: Lébeis, 2003)

Observou-se a aparição de fungos nas amostras (Figura 3), fato esse ligado possivelmente à qualidade da água utilizada no processo de fabricação do papel, bem como à própria origem orgânica da parte sólida do resíduo. A água utilizada é oriunda de um reservatório urbano que recebe diversas cargas poluidoras provenientes de esgotos domésticos, o que possivelmente favoreceu a proliferação dos fungos.

Durante a cura dos corpos-de-prova também se observou a retração da mistura, e, portanto, a moldagem de corpos cilíndricos (NBR 7215, 1996) não foi possível de ser realizada, devido justamente a esta retração, que deformou desordenadamente o corpo-de-prova. Dessa forma, foram confeccionados os corpos-de-prova prismáticos, a retração não deixa de existir, porém ocorre de maneira ordenada, nas três direções, conservando a forma do corpo-de-prova.



Figura 3. Fungos (A) e retração (B e C) durante a cura das amostras

CONCLUSÕES

- Os traços que apresentaram os maiores valores de resistência à tração na flexão aos 14 dias foram 1:6, 1:7S, 1:6G, cm resistências 1,08, 0,84 e 0,95 MPa, respectivamente;
- Com relação à absorção os traços que apresentaram menores valores finais foram 1:4, 1:4S, 1:4G com resultados 28,49; 27,20 e 26,27% respectivamente;
- A massa específica dos compósitos variou de 1261,09 (1:7S) a 1398,62 (1:4) kg/m³.
- A melhor mistura utilizada foi a 1:7S, que apresentou elevada resistência à tração na flexão e baixa massa específica.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq – Brasil, pelo auxílio financeiro que possibilitou a realização deste trabalho. À IPELSA pelo apoio e informações fornecidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10004 - Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5641 - Chapas estruturais de cimento amianto: Determinação da resistência à flexão**. Rio de Janeiro, 1977.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5738 - Confeção e cura de corpos-de-prova de concreto, cilíndricos ou prismáticos - Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 1994.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7215 - Determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro, 1996.
- 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, 1987.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6118 – Projeto de Estruturas de Concreto- Procedimento**. Rio de Janeiro, 2004.
- Lébeis, Vinícius D. Lepri. **Viabilidade do uso de resíduos da fabricação do papel em argamassas**. Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campina, 2003, 99p. Dissertação de Mestrado.
- Neves, Célia M. M. “**Componentes habitacionais de argamassa celulósica e espuma de poliuretano**”, in Janaíde Cavalcante Rocha [e] Vanderley Moacyr John (orgs.), *Utilização de Resíduos na Construção Habitacional*, Coletânea Habitar, v. 4. Porto Alegre: ANTAC, 2003.
- Rios, Fábio R. de A. **Incorporação de Resíduos de Calçados (SBR) na Produção de Compósitos Leves**. Campina Grande, Universidade Federal de Campina Grande, 2008, 86p. Dissertação de Mestrado.
- Soares, E.A.; Leal, A.F. & Cardoso, J.A.F. **Argamassas Leves Produzidas com Resíduos de Calçados e de Cerâmicas** In: V Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2008.
- Savastano JR., H.; **Zona de transição entre fibras e pasta de cimento portland: caracterização e inter-relação com as propriedades mecânicas do compósito**. Tese - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, 1992, 209p.
- Padilha, J.A.S.; Toledo Filho, R.D.; Lima, P.R.L.; Joseph, K; Leal, A.F, **Argamassa leve reforçada com polpa de sisal: compósito de baixa condutividade térmica para uso em edificações rurais**, Engenharia Agrícola, v.21, n.1, Jaboticabal, 2001. p. 1-11
- Paiva, Samantha Nazaré de. **Compósito cimento-lodo de ETE de indústria de papel para aplicação na construção civil**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Universidade de São Paulo, 2007, 110p. Dissertação de Mestrado.
- BRACELPA. **Associação Brasileira de Celulose e Papel**. Disponível em: <http://www.bracelpa.org.br/bra/estatisticas/pdf/anual/papel_00.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2009.