

DESENVOLVIMENTO DE BLOCOS DE GESSO PRÉ-MOLDADOS UTILIZANDO FIBRAS NATURAIS RECICLADAS COMO AGENTE REFORÇANTE

A. D. L. Santos¹, A. R. Martins¹, H. L. B. O. Santos¹, L. B. A. Silva¹, M. H. M. de Oliveira¹, N. A. dos Santos¹, J. K. Tan².

1 - Faculdade de Tecnologia SENAI Cimatec, Área de Materiais, Salvador-BA.

2 – Universidade Federal de Sergipe, Aracaju-SE.

mherwans@yahoo.com.br

RESUMO

Este artigo tem como objetivo auxiliar a indústria da construção civil com o desenvolvimento de blocos de gesso pré-moldados utilizando fibras naturais recicladas e resinas com a finalidade de melhorar as propriedades mecânicas (tensão de ruptura, absorção de água e densidade). Foram utilizados procedimentos padrões para organizar todos os processos utilizados. Com base nos experimentos realizados os resultados indicaram que o uso de fibras naturais junto com resinas melhora significativamente as propriedades do gesso, trazendo sustentabilidade associado a novas tecnologias de materiais para a indústria de construção civil.

Palavras-chave: fibras naturais, pré-moldados, propriedades mecânicas.

INTRODUÇÃO

Em virtude da escassez de recursos naturais das diversas fontes renováveis ou não, tem se formado frente de estudo para a obtenção de alternativas de materiais a partir de um processo de criação sintética, de reuso e reciclagem ou ainda do uso de novos materiais para uma mesma finalidade, desde que tenham eficiência comprovada. O desenvolvimento na indústria da construção civil encontra-se no nível da automação das linhas produtivas, onde os pré-fabricados se apresentam como a melhor solução atual para as grandes e/ou rápidas construções permitindo ainda a produção em série.

O gesso é um material versátil para a construção civil e apresenta um processo relativamente simples de obtenção. Dentre as propriedades do gesso, destaca-se a

característica de ganhar e perder água com extrema facilidade, facilitando o seu manejo ou ganhando dureza. As cargas lignocelulósicas, como reforço em compósitos têm sido cada vez mais utilizadas em alinhamento com as atuais preocupações ambientais do setor industrial, bem como por suas boas propriedades, a saber: baixa densidade, boa biodegradabilidade, boa capacidade de incorporação pelas bases utilizadas resultando em elevada rigidez e manutenção da reciclabilidade³.

Segundo Mesquita (2002), o poliacetato de vinila (PVA) é um polímero amorfo e termoplástico, sendo produzido industrialmente com base na polimerização através da transferência de cadeia. O PVA não pode ser considerado um hidrofugante, pois uma das suas propriedades é a absorção de 3% de água. Neste artigo utilizou-se o NaHCO_3 como carga com o intuito de atribuir poros no compósito, onde este material é um agente tamponador, fonte de CO_2 , desodorizante e neutralizante do pH da solução. As propriedades físico-química do NaHCO_3 são: insolúvel em álcool, solúvel em água a 18°C e seu ponto de fusão é de 60°C.

Contudo, este artigo tem como objetivo relatar o desenvolvimento de um material compósito aplicável na construção civil como divisórias ou paredes pré-moldadas, onde se adotou a análise estatística experimental com o propósito de identificar a interação entre os fatores, e minimizar os valores e o tempo gastos no experimento em geral.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado na Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, no laboratório de Polímeros, na área destinada a projetos de Iniciação Científica e preparação de compósitos.

Para a realização do experimento foi utilizado o gesso como matriz, a carga fibrosa utilizada como reforçante foi farinha de madeira, na qual foi colocada na estufa a 100 °C durante 24h a fim de reduzir umidade. Para atribuir os poros no material foram utilizados o bicarbonato de sódio como reagente analítico e resina PVA (cola branca). Os corpos de prova foram produzidos com base na NBR 12129: Gesso para Construção - Determinação das Propriedades Mecânicas, pois segundo a norma o molde teve ter três compartimentos que permitam a moldagem simultânea

de três corpos de prova cúbicos de 50 mm de aresta. O molde foi confeccionado de madeira com aplicação do verniz, a fim de evitar vazamentos durante a moldagem.

Na preparação dos compósitos de gesso adotou-se para a análise dos dados um fatorial fracionado. Inicialmente foram feitos os cubos de gesso com os fatores água/gesso de 60 e 75%. Após a produção dos CPs com gesso puro, foram feitos os compósitos de gesso, que são misturas contendo a pasta de gesso, e as cargas (bicarbonato de sódio, farinha de madeira e PVA). Para cada mistura havia uma proporção de material. A sequência adotada para a mistura dos materiais foi: água, PVA, gesso, fibra e bicarbonato de sódio.

O experimento foi realizado com 4 fatores (água, bicarbonato de sódio, farinha de madeira e PVA), 2 níveis, mínimo e máximo (-1 e 1), conforme é apresentado na tabela 1, e fracionado, com isso ao todo foram 8 corridas:

Tabela 1 - Porcentagens utilizadas no experimento fracionado.

Nível	Água	NaHCO ₃	Farinha de madeira	PVA
1	75%	3%	20%	5%
-1	60%	1%	10%	1%

Fonte própria

Os operadores foram bloqueados, os dados randomizados e não houve réplica, porém em cada corrida foi necessário a confecção de 2 corpos de prova para realização dos testes de absorção e compressão.

Com os dados obtidos no primeiro experimento houve a necessidade de um segundo experimento removendo a água como fator, utilizando apenas com uma porcentagem fixa de 60%. Com isso o segundo experimento foi realizado com 3 fatores (bicarbonato de sódio, farinha de madeira e PVA), 2 níveis, mínimo e máximo (-1 e 1) completo, conforme é demonstrado na tabela 2 abaixo:

Tabela 2 - Dosagens adotadas no segundo experimento.

CP	PVA	NaHCO ₃	Farinha de madeira
1	7%	0,50%	10%
-1	3%	0,10%	5%

Fonte própria.

Os operadores foram bloqueados, os dados foram randomizados e não houve réplica, com isso foram feitas 8 corridas. Porém para realização dos testes de compressão e absorção foram feitos 2 corpos de prova.

Os corpos de prova foram desmoldados e colocados durante 24h na estufa F 122, Palley Industrial LTDA. Para a realização do ensaio de compressão foi utilizada a máquina EMIC DL-2000, com capacidade máxima de 20kN. Durante a execução dos testes, o corpo de prova foi posicionado no centro da placa de ensaio, sendo aplicado uma carga contínua até a sua ruptura. Os dados coletados foram analisados e processados estatisticamente no Minitab versão 17. Para a realização do teste de absorção, primeiramente todos os corpos de prova foram pesados na Balança Digital com precisão de 0,1g, modelo JY50001 da Bioprecisa. Em seguida, os CPs foram imersos no recipiente cheio de água, de maneira que o nível da água estivesse 5 cm acima dos blocos. Decorrido 2h, pesou-se mais uma vez os mesmos corpos de prova. A última pesagem foi feita com o total de 24h do teste.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi utilizado o programa MiniTab17 para fazer uma análise dos dados obtidos nos dois experimentos.

Após secagem dos corpos de prova e seguindo a norma de ensaio NBR 12129/1991 de gessos para construções, foram realizados os testes de compressão e seguindo a norma NBR 13818/1997 para absorção de umidade em placas para revestimentos. Conforme a norma para ensaios de compressão de materiais duros é de interesse a análise da tensão na ruptura, pois materiais que têm comportamento frágil não apresentam transição da zona elástica para zona plástica.

Primeiro experimento

De acordo com os dados obtidos nos ensaios de compressão do primeiro experimento dos corpos de provas é possível ver a relação do compósito com o gesso puro como mostra a tabela 3:

Tabela 3 - Dados experimentais do primeiro experimento.

CP	Peso inicial (g)	Peso após 2h (g)	Peso após 24h (g)	Densidade (g/cm ³)	Força Máx. (N)	Tensão de Ruptura (MPa)
Gesso puro	162,5	214,8	216,8	1,300	-----	3,5 à 4,5
5	123,3	177,9	180,1	0,986	4727,98	1,891
4	92,4	168,7	167,8	0,739	801,92	0,321
7	124,5	173,2	177,7	0,996	4136,72	1,655
1	136	189	192,8	1,088	3086,21	1,234
3	125,4	177,5	180,4	1,003	5373,31	2,149
2	128,4	174,7	180,3	1,027	6477,19	2,591
8	97,5	161,2	164	0,780	353,91	0,142
6	114,7	163,7	170,6	0,918	1726,03	0,690

Fonte própria.

Como visto na tabela acima os resultados não foram os esperados, sendo assim havendo a necessidades da criação de uma nova rodada de experimentos para análise das concentrações do agente reforçante e dos aditivos. Através dos cálculos feitos pela ferramenta Minitab17 pôde-se analisar a influência de cada parâmetro na sua resistência à compressão, mostrado na figura 1 abaixo:

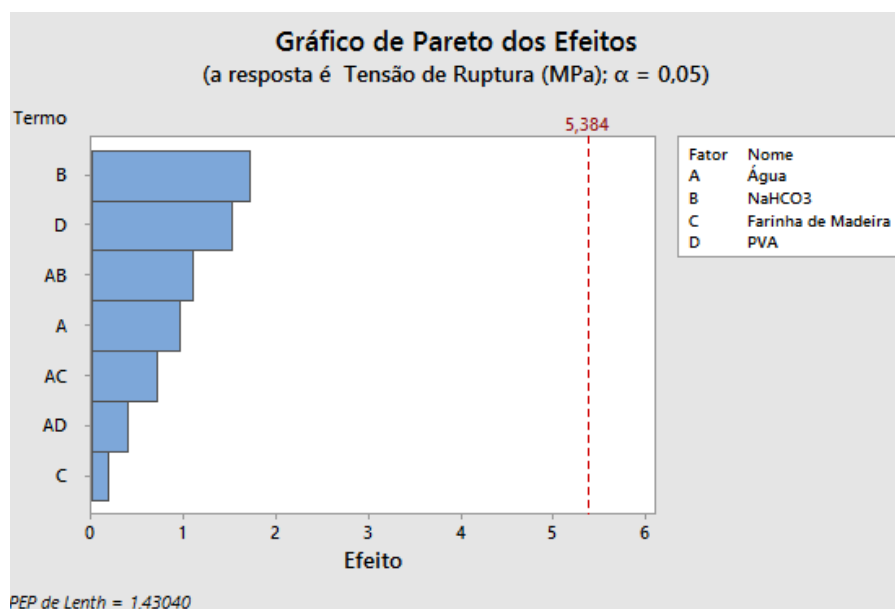


Figura 1 - Efeito de Pareto para Tensão na Ruptura (MPa).

A partir da análise do gráfico de Pareto construído foi possível verificar que a resistência à compressão do compósito sofre maior influência da adição de

Bicarbonato de Sódio (NaHCO_3), sendo o ponto crítico do processo. Analisando também a influência na absorção conforme a figura 2:

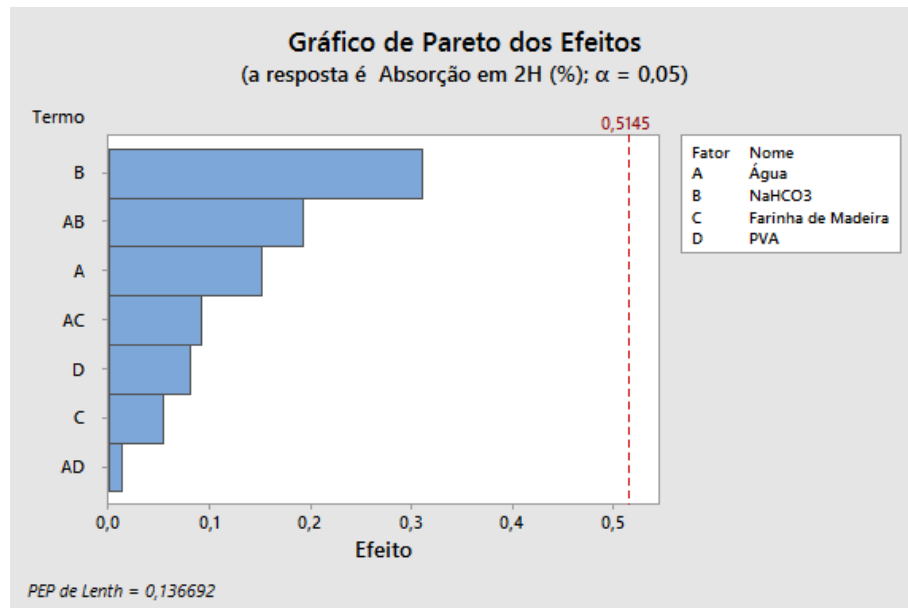


Figura 2 - Efeito de Pareto para Absorção de umidade.

Segundo análises feitas no gráfico de Pareto foi possível verificar que a absorção estava diretamente sendo influenciada pela adição do Bicarbonato de Sódio (NaHCO_3). Desta forma houve a necessidade de criação de um novo experimento para minimizar a influência deste elemento no resultado final a fim de se obter os resultados esperados de resistência à compressão e de absorção de umidade.

Segundo experimento

A partir dos dados obtidos no primeiro experimento houve a necessidade de uma melhoria no processo e de uma nova formulação, pois de acordo com os percentuais utilizados de máximos e mínimos na primeira formulação não trouxeram bons resultados, principalmente de absorção de umidade e densidade, impactando diretamente na resistência final do material à compressão devido a sua aplicação como blocos pré-moldados, onde a necessidade maior é a compressão. Estes dados podem ser observados de acordo com a tabela 3:

Tabela 4 - Dados experimentais do segundo experimento.

CP	Peso inicial (g)	Peso após 2h (g)	Peso após 24h (g)	Densidade (g/cm ³)	Força Máx. (N)	Tensão de Ruptura (MPa)
4	119,7	166,9	174,9	0,958	7064,94	2,826
2	140,8	190,9	197,1	1,126	16579,88	6,632
8	132,1	176,5	183,8	1,057	10410,26	4,164
1	151,5	201,8	209,8	1,212	5865,56	2,346
7	113,4	191,2	199,6	0,907	6288,99	2,516
3	141	192,5	199,3	1,128	11964,25	4,786
6	127,7	176,8	183,1	1,022	11672,13	4,669
5	138,2	192,5	198,6	1,106	9847	3,939

Fonte própria.

Conforme os dados obtidos nos ensaios mecânicos de compressão, densidade e absorção de umidade, puderam-se observar um aumento da resistência à compressão dos corpos de prova após a otimização do processo conforme previsto nos cálculos realizados através do Minitab17. Com os resultados da tensão da ruptura verificou-se que o comportamento do compósito criado é muito superior ao do gesso puro, como foi visto na tabela 3, onde a tensão do material na ruptura é de 3 a 5 MPa. A densidade apresentou decaimento considerando o acréscimo de Bicarbonato de Sódio, dando leveza ao material. A absorção de umidade se manteve a mesma em comparação ao gesso puro, sendo analisada de acordo com a quantidade de água absorvida em dois períodos: 2 horas e 24 horas.

De acordo com os resultados obtidos na ferramenta Minitab17 e analisando a influência de cada elemento de carga no compósito pôde-se definir uma composição onde as propriedades de absorção, menor densidade e maior resistência à compressão foram alcançadas conforme a tabela 4:

Tabela 5 - Concentração em percentual de massa dos aditivos.

CP	PVA	NaHCO ₃	Farinha de madeira
Definitivo	7%	0,10%	10%

Fonte própria.

CONCLUSÃO

Compósitos estão cada vez mais presentes no mercado atual devido às combinações das propriedades características de um ou mais materiais juntadas em um único só produto. Com isto faz-se a necessidade do estudo e caracterização de

novos materiais que atendam requisitos específicos que um só material não apresenta. Com os resultados obtidos no presente artigo identificou-se que a concentração de cada material no composto final foi o fator crucial para as propriedades características desejadas no produto final. Com a adição do Bicarbonato de Sódio (NaCO_3) o compósito apresentou baixa densidade até um percentual de 0,1% até 0,5%. A cola de Poliacetato de vinila (PVA) serviu como compatibilizante da farinha de madeira com a matriz (gesso) garantindo aderência da matriz com o agente reforçante aumentando sua resistência à compressão variando entre percentuais 3% a 7% para cola PVA e de 5% a 10% em farinha de madeira. A utilização da ferramenta Minitab¹⁷ foi essencial para determinação da influência de cada elemento de carga no produto final definindo a concentração de cada fator dando uma composição em percentual na matriz de gesso de 0,1% de Bicarbonato de Sódio, 10% de farinha de madeira e 7% de cola PVA.

REFERÊNCIAS

LEITE, M. B. Avaliação das propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. 2001, 290p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

LIMA, S. Y. V. Propriedades físicas e mecânicas de compósitos à base de gesso contendo fibras e resíduos. 2011, 68p. Monografia – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró - RN.

SERRA, S.M.B.; FERREIRA, M.de A.; PIGOZZO, B. N. Evolução dos pré-fabricados de concreto. In: 1º Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em Concreto pré-moldado. São Carlos, SP, 2005, p. 1-10. Ref. 2-4. Disponível em: http://www.set.eesc.usp.br/1enpppcpm/cd/conteudo/trab_pdf/164.pdf. Acesso em 23 de setembro de 2014.

MONTGOMERY, Douglas C. Design and Analysis of Experiments. 8 ed. 757 p. Arizona State University. New York: John Wiley & Sons, 2012.

SILVA, M. F. Emprego de Gesso na Construção Civil: A sistematização do Resíduo da Pasta de Gesso, Gesso Acartonado e Placas de Gesso. 2013, 60p. Monografia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

EIRES R. *et al.* Novos Materiais de Construção à Base de Gesso e Desperdícios Industriais. Congresso Construção, Coimbra, Portugal, dezembro de 2007. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1822/7556>. Acesso em 26 de novembro de 2014.

MATOSKI, A. Utilização de Pó de Madeira com Granulometria Controlada na Produção de Painéis de Cimento-Madeira, 202p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade do Paraná, Curitiba 2005.

MACEDO, D. G. Compósitos de serragem de madeira e resíduos, 144p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Dep. Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

MESQUITA, A. C. Estudo da Polimerização do Acetato de Vinila Utilizando a Radiação Ionizante. 2002, 90p. Tese (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Aplicações) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

UJVARI, M. L. de T. Bicarbonato de Sódio. Instituto Oswaldo Cruz, Coordenação de tratamento de efluentes, maio/2003. Disponível em: <http://www.oswaldocruz.br/download/fichas/Bicarbonato%20de%20s%C3%B3dio2003.pdf>. Acesso em 10 de novembro de 2014.

Cloro Mato Grosso Produtos Químicos e Embalagens. Bicarbonato de Sódio. Cloro Mato Grosso, 2006. Disponível em: http://cmtquimica.com.br/upload/produtos/pdf/15_PROD_PDF.pdf. Acesso em 12 de novembro de 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12129: 1991: Gesso para construção – Determinação das propriedades mecânicas. Rio de Janeiro: ABNT, 1990. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13818: 1997: Placas cerâmicas para revestimentos – Especificações e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 1997. 78p.

DEVELOPMENT OF PRE MOLDED PLASTER BLOCKS USING RECYCLED NATURAL FIBERS AS REINFORCING AGENT

ABSTRACT

This report has as objective to assist the civil construction industry with the development of precast plaster building blocks using recycled natural fibers and resins with a purpose to rise the mechanical properties (rupture tension, water absorption and density). It was used standard procedures to organize the entire process. Based on this experiments the results points that the use of natural fibers and resins together meaningfully improve the plaster properties, also, bringing sustainability related to new materials technologies for the construction industry.

Key-words: natural fibers, pre molded, mechanical properties.