

DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE BLOCOS COMPÓSITOS DE GESSO COM ADIÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Silva, A.R.S.¹; Abreu, G.C.C.L.¹; Costa, G.B.O.¹; Formiga Andrade, F.L.^{1,2}
*¹Escola de Engenharias e Ciências Exatas, Universidade Potiguar – UnP,
Av. João da Escóssia 1561, Nova Betânia, Mossoró/RN²
felipe.formiga@unp.br²*

RESUMO

A reutilização dos resíduos de construção e demolição (RCD) na composição de novos materiais visa a aplicação dos princípios do desenvolvimento sustentável no setor da construção civil. O presente estudo teve como objetivo obter, através de modelagem estatística, a previsibilidade da resistência a compressão de blocos compósitos de gesso utilizando agregados oriundos da reutilização de resíduos classe A (Res. nº 307 – CONAMA) da construção civil. Os resíduos foram submetidos ao ensaio de abrasão “Los Angeles” e a granulometria do agregado resultante do ensaio foi determinada seguindo as especificações da NBR 7217. Foi realizado um planejamento fatorial completo 2², considerando os fatores relação água/gesso e proporção de gesso:agregado, com medidas em massa, como variáveis independentes. O ensaio de rompimento dos blocos maciços do compósito obedeceu a NBR 8492, e resultou em valores que satisfazem os requisitos mínimos de resistência a compressão para blocos aplicáveis em alvenarias de vedação.

Palavras-chave: Resíduos da construção civil, Planejamento Fatorial, Resistência a compressão.

ABSTRACT

The reuse of waste from construction and demolition (RCD) in the composition of new materials aims to apply the principles of sustainable development in the construction sector. This study aimed to obtain, through statistical modeling, predictability of resistance to compression of composite gypsum blocks using aggregates resulting from the reuse of waste Class A (Res nº 307 -. CONAMA) construction. The residues were subjected to "Los Angeles" abrasion test and the particle size of the resulting aggregate of the test was determined following the specifications of NBR 7217. A full factorial design was performed 2², considering the factors water/gypsum and gypsum ratio: aggregate, with massive action as independent variables. The test breaking of massive blocks of the composite followed the NBR 8492, and resulted in values that satisfy the minimum requirements for compressive strength of masonry blocks applicable seal.

Key-words: Construction waste, Factorial design, Resistance to compression.

INTRODUÇÃO

Desde os primórdios, o homem está inserido nos processos de evolução e com isso, adquiriu-se maiores conhecimentos sobre os minerais e suas propriedades, bem como suas possíveis combinações com demais materiais. Com os avanços no setor da construção civil, a busca por métodos e materiais construtivos que preconizem a sustentabilidade e que resultem em menos degradação ao meio ambiente tornou-se primordial para um melhor desenvolvimento do setor construtivo.

O volume de resíduos gerado na construção civil causa impactos ambientais e conseqüentemente o alto consumo de recursos naturais tem contribuído para o esgotamento destes últimos em escala global. Sendo o sistema construtivo responsável por este efeito negativo ao meio natural, tem-se a necessidade de desenvolver novos materiais resultantes da reutilização dos resíduos da construção e demolição (RCD), buscando alternativas viáveis e com custo-benefício que satisfaçam as necessidades no setor.

A Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002 do CONAMA, considera que os resíduos da construção civil representam um significativo percentual dos resíduos sólidos produzidos nas áreas urbanas, e a disposição destes em locais inadequados contribui para a degradação da qualidade ambiental. Para isso, se faz necessário que os geradores de resíduos da construção civil realizem uma gestão integrada dos resíduos, que resultará em benefícios de ordem social, econômica, e ambiental. E assim, verificar-se a viabilidade técnica e econômica de produção e uso de materiais provenientes da reciclagem de resíduos do setor, fazendo-os voltar a ser integrados na cadeia produtiva.

A demanda de matéria-prima e recursos naturais da indústria da construção civil requer um alto consumo de energia, e a abundância destes recursos dispostos no território brasileiro envolve atividades com importante impacto ambiental, desde a extração dos recursos necessários à produção até a fabricação de materiais e também os processos construtivos, bem como sua disposição final dos resíduos oriundos dos canteiros de obra.

A aplicação mais usual para o RCD reciclado é como material de preenchimento para preparação de terrenos, projetos de drenagem, sub-base de vias e estradas, fabricação de blocos de vedação, entre outras aplicações com baixa exigência de desempenho mecânico (ÂNGULO et. al., 2002). Porém, em especial,

os resíduos de gesso são os quais ainda não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação, o que propicia o descarte incorreto dos resíduos.

Os principais impactos sanitários e ambientais relacionados aos RCD geralmente são aqueles associados as deposições irregulares, uma conjunção de efeitos deteriorantes do ambiente local, e em especial, o gesso, por se tratar de um material solúvel em água, ocorre a formação de substâncias contaminantes que limitam seu descarte em aterros, podendo afetar a composição e pHs da água e do solo.

Com este panorama, o presente estudo teve como objetivo obter, através de modelagem estatística, a previsibilidade da resistência à compressão de blocos compósitos de gesso utilizando agregados oriundos da reutilização de resíduos classe A - classificação prescrita na resolução nº 307 do CONAMA, na construção civil. Bem como, visou caracterizar uma alternativa viável para beneficiar os resíduos do setor utilizando-os como agregados na composição de blocos compósitos de gesso.

O gesso: Propriedades e características

Gesso é o termo genérico de uma família de aglomerantes simples, constituídos basicamente de sulfatos mais ou menos hidratados e anidros de cálcio; são obtidos pela calcinação da gipsita natural, constituída de sulfato hidratado de cálcio geralmente acompanhado de uma certa proporção de impurezas, que varia desde uma proporção muito pequena até um limite máximo de cerca de 6% (BAUER, 2000).

Na forma em que o gesso se encontra disponível no mercado, é um pó branco, de elevada finura equivalente ao cimento, elevada plasticidade da pasta, pega (aderência) e endurecimento rápido, pequeno poder de retração na secagem e estabilidade volumétrica que garantem desempenho satisfatório quando utilizado como aglomerante na fabricação de pré-moldados ou aplicação como revestimento. Devido a solubilidade dos produtos em gesso (1,8 g/ l), a utilização destes fica restrito a ambientes interiores e onde não haja contato direto e constante com água (áreas molhadas).

O gesso de construção nacional é classificado de acordo com sua granulometria (fino ou grosso), sua utilização (fundição ou revestimento) e seu tempo de pega (rápido ou lento) (NBR 13207 (ABNT, 1994)).

O gesso endurecido possui densidade aparente baixa, da ordem de 1000 Kg/m³. Este valor, dependendo da porosidade do material, pode ser ainda menor (800 Kg/m³). As pastas de gesso, depois de endurecidas, atingem resistência à tração que varia aproximadamente de 0,7 a 3,5 MPa e à compressão entre 5,0 e 15,0 MPa. O gesso possui excelentes propriedades de isolamento térmico-acústico e de impermeabilidade ao ar.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados no processo de confecção do bloco compósito de gesso ficaram restringidos a adição de resíduos da construção provenientes de argamassas de reboco e chapisco e materiais cerâmicos vermelhos, visto obtermos um agregado de resistência satisfatória, e como material aglomerante utilizamos o gesso natural.

Os resíduos de argamassas foram triturados no “Los Angeles” numa rotação de 200, enquanto os oriundos de materiais cerâmicos foram submetidos a 500 rotações. Tal diferença no número de rotações foi adotado por se tratar de materiais de composição e arranjos diferenciados e assim obtermos resíduos de granulometria aproximada e evitar maior variabilidade do agregado.

Os resíduos após o procedimento de trituração foram submetidos ao ensaio de granulometria através do peneiramento e sedimentação com a finalidade de obter a curva granulométrica dos agregados baseando-se na norma NBR-7181/ABNT - Análise Granulométrica de Solos. Para a realização do ensaio fez-se necessário a utilização dos materiais como balança com resolução de 0,1% da massa da amostra de ensaio; peneiras das séries normal e intermediária, tampa e fundo (Figura 01); agitador mecânico de peneiras; bandejas e escova ou pincel de cerdas macias.



Figura 01 - Peneiras das séries normal e intermediária, tampa e fundo.
Fonte: Autores

Após a separação do material foram realizados os cálculos para dimensionamento da proporção do material para a confecção do bloco compósito de gesso nas dimensões de 10x5x20 cm. Propomos estudar um modelo estatístico satisfatório fundamentado no planejamento de experimentos e otimização de processos, visando determinar a interferência das variáveis sobre as respostas resultantes, analisando a viabilidade e o desempenho dos blocos.

Por meio do planejamento fatorial completo 2^2 com três pontos centrais e duas variáveis, sendo os fatores relação água/gesso e proporção de gesso:agregado, com medidas em massa, as variáveis independentes. Utilizou-se níveis máximos (+1) e mínimos (-1) para proporcionarem a obtenção da resposta final, como apresentado no modelo da matriz de planejamento (Tabela 1).

Tabela 1 – Modelo da matriz do planejamento fatorial utilizado no experimento.

| MATRIZ | | DETERMINAÇÃO DAS PROPORÇÕES | | |
|--------|------|-----------------------------|--------------|------------------|
| GESSO | ÁGUA | GESSO (g) | AGREGADO (g) | FATOR ÁGUA:GESSO |
| -1 | -1 | | | |
| 1 | -1 | | | |
| -1 | 1 | | | |
| 1 | 1 | | | |
| 0 | 0 | | | |
| 0 | 0 | | | |
| 0 | 0 | | | |

Visto o ineditismo em se fabricar blocos compósitos de gesso utilizando como agregado miúdo resíduos de construção e demolição, propomos o arranjo experimental baseando-se em NBR's de blocos de solo-cimento e em pesquisas que apresentavam semelhanças técnicas e experimentais com o estudo supracitado,

sendo para a variável do fator água:gesso tomamos como referência a “lei de Abrams”. Com as proporções de materiais definida (Tabela 2), iniciou-se o processo de fabricação das amostras dos blocos.

Tabela 2 – Proporções de Gesso e Agregado reciclado.

| MATRIZ | | DETERMINAÇÃO DAS PROPORÇÕES | | |
|--------|------|-----------------------------|--------------|------------------|
| GESSO | ÁGUA | GESSO (g) | AGREGADO (g) | FATOR ÁGUA:GESSO |
| -1 | -1 | 600 | 1400 | 0,45 |
| 1 | -1 | 1400 | 600 | 0,45 |
| -1 | 1 | 600 | 1400 | 0,55 |
| 1 | 1 | 1400 | 600 | 0,55 |
| 0 | 0 | 1000 | 1000 | 0,50 |
| 0 | 0 | 1000 | 1000 | 0,50 |
| 0 | 0 | 1000 | 1000 | 0,50 |

O processo de fabricação e modulagem dos blocos foi realizado de forma manual, fazendo-se uso de formas metálicas. As amostras foram identificadas e submetidas ao processo de secagem por cura ambiente. Para o rompimento dos blocos utilizamos a Prensa EMIC - modelo PC 200 C, sendo o ensaio realizado quando os blocos atingiram a idade de 28 dias baseando-se na NBR 8492:1984 - Tijolo maciço de solo-cimento - Determinação da resistência à compressão e da absorção d’água, e que resultou nos dados presentes na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultado do Rompimento dos blocos compósitos de gesso.

| RESULTADOS DO ENSAIO DE ROMPIMENTO | | |
|------------------------------------|----------|--------------------------------|
| AMOSTRAS | PESO (g) | RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (MPa) |
| BCG 01 | 1.586,40 | 1,80 |
| BCG 02 | 1.967,07 | 11,50 |
| BCG 03 | 1.575,08 | 2,00 |
| BCG 04 | 1.932,19 | 10,90 |
| BCG 05 | 1.960,80 | 9,80 |
| BCG 06 | 1.987,66 | 10,20 |
| BCG 07 | 2.066,47 | 14,20 |

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao realizar-se o ensaio de granulometria, através do peneiramento e sedimentação com a finalidade de obter a curva granulométrica de um solo baseada na norma NBR-7181/ABNT - Análise Granulométrica de Solos, obtivemos o módulo de finura da amostra igual a 1,89 e o diâmetro máximo do agregado de 4,75mm. Logo todo o material foi peneirado na peneira #4,75 e com a conclusão do ensaio obtivemos a curva granulométrica de acordo com a Figura 02.

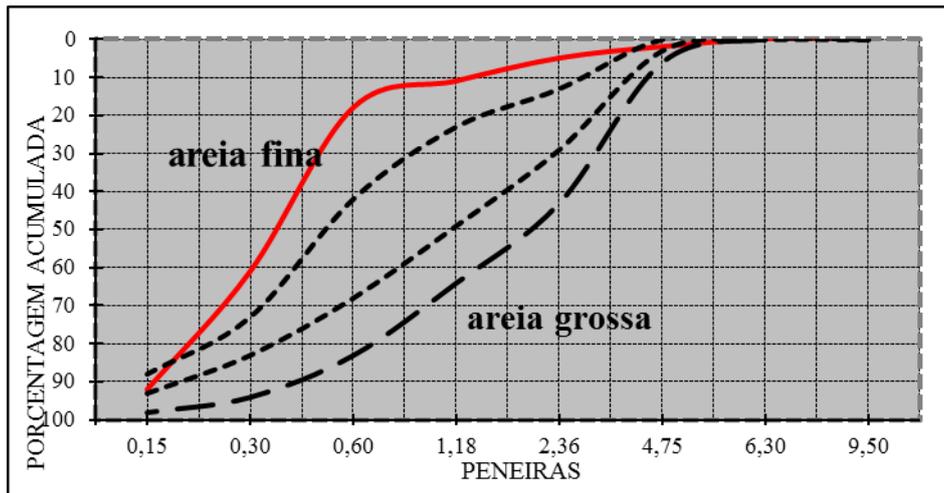


Figura 02 – Curva Granulométrica do composto de argamassa e material cerâmico.
Fonte: Autores (gráfico obtido no Excel)



Figura 03: Ensaio de rompimento do bloco composto de gesso e resíduos da construção civil.

Fonte: Autores

Com os resultados do rompimento dos blocos compostos de gesso (Figura 3) realizamos a modelagem estatística com planejamento fatorial completo 2^2 utilizando o software Statistica (versão 3.01), que permite a geração de uma função que é capaz de prever os resultados de acordo com as alterações que possam acontecer nos fatores, sendo a relação água/gesso e proporção de gesso:agregado, com medidas em massa, as variáveis independentes. Assim, obtivemos o seguinte modelo matemático:

$$\text{Resistência do Bloco} = 8,6 + 4,625xG - 0,125xTA - 0,225xGxTA$$

Onde:

RB – Resistência do Bloco

G – Aglomerante (Gesso)

TA – Teor de Água

Através da fórmula, é possível determinar a quantidade em massa (g) de gesso necessária para confeccionar os blocos com a resistência que se almeje obter. E assim, poder verificar experimentalmente a veracidade da expressão para atingir as resistências determinadas. Para isso, se faz necessário determinar um valor para a variável fator de água, estimar uma resistência que se deseja alcançar, e assim obter o resultado em massa (g) de gesso para produção o bloco.

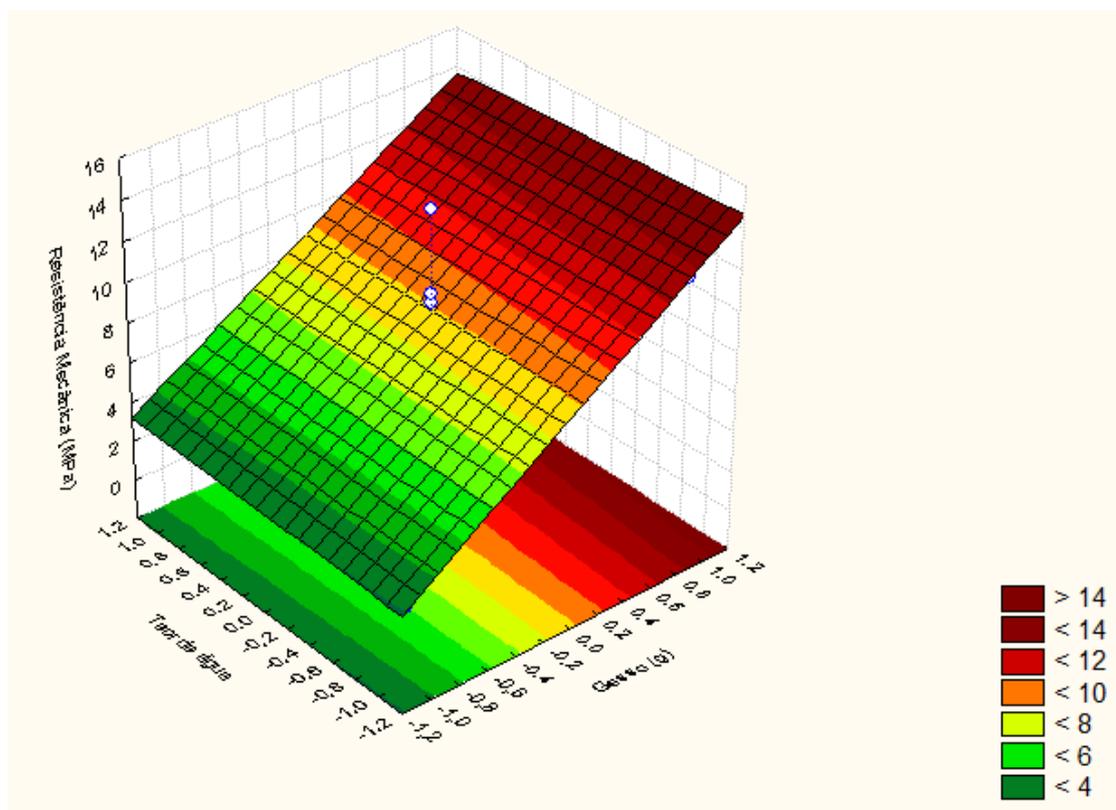


Figura 04: Superfície de resposta das variáveis analisadas.

Fonte: Autores (obtida do software Statistica)

As curvaturas das linhas do gráfico demonstram que existe uma interação diretamente proporcional entre o consumo de gesso e a resistência mecânica do bloco. Analisando o teor de água, temos que quanto maior a quantidade de água empregada na mistura mais alta a resistência mecânica do produto final, visto que a água confere uma maior plasticidade a mistura, facilitando a homogeneização manual dos materiais.

Propondo-se obter um bloco com resistência à compressão de 6,0 MPa e adotando-se o fator de água:gesso igual a 0,75 na sua composição, encontramos a estimativa da quantidade de gesso necessária nesta formulação utilizando a equação supracitada. Vejamos:

$$\text{Resistência do Bloco} = 8,6 + 4,625xG - 0,125xTA - 0,225xGxTA$$

$$6,0 = 8,6 + 4,625xG - 0,125x0,75 - 0,225xGx0,75$$

$$-2,50625 = 4,625G - 0,16875G$$

$$4,45625G = -2,50625$$

$$G = -0,5624$$

Interpolando este resultado, obtemos para G o valor de 775,04 gramas, que corresponde a massa de gesso que será necessária para fabricar o bloco compósito de gesso com a proporção de água e resistência à compressão determinadas.

CONCLUSÕES

- A água influencia diretamente a trabalhabilidade da massa utilizada na confecção do bloco, e que combinado com a quantidade menor de gesso resulta em blocos menos resistentes;
- O gesso está diretamente ligado a resistência do bloco, e que combinado com o agregado reciclado não comprometeu os valores da resistência a compressão dos mesmos, visto que o agregado artificial atendeu as especificações previstas nas normas;
- Com a mesma metodologia, é possível estudar novas variáveis como granulometria do agregado reciclado e a incorporação de resíduos de gesso na composição do bloco;

A confecção de blocos compósitos de gesso com adição de resíduos da construção civil, mesmo com limitações técnicas, foi possível atingir resistência satisfatória atendendo ao objetivo pressuposto pelo estudo. Concluindo-se que é possível fabricar blocos compósitos de gesso com resíduos da construção e demolição, resultando em blocos de boa qualidade e resistentes, garantindo com a incorporação do gesso em sua composição melhores propriedades térmicas e

acústicas, podendo os blocos serem indicados para construção de alvenarias de vedação interna. E assim, a reutilização dos resíduos para confeccionar blocos de gesso se torna uma alternativa para reduzir os impactos ambientais ocasionados pela má gestão dos resíduos nas obras e centros urbanos.

O modelo matemático obtido pelo planejamento fatorial adotado na pesquisa, comprovou ser uma ferramenta favorável, devido o provimento de forma objetiva e eficaz da interação entre as variáveis que potencializam a resistência à compressão do bloco, permitindo reduzir os índices de desperdício de materiais. Este método corroborou para a obtenção da previsibilidade da resistência mecânica do produto final mediante a alteração das condições das variáveis dentro do intervalo estudado.

REFERÊNCIAS

- (1) ÂNGULO, S. C. et al. Desenvolvimento de novos mercados para a reciclagem massiva de RCD. In: Seminário de Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil, 5, 2002, São Paulo. Anais: São Paulo: IBRACON/IPEN. 2002. P. 293-307.
- (2) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 8492: Tijolo Maciço de Solo-Cimento – Determinação da Resistência à Compressão e da Absorção d'água. Rio de Janeiro, 1984, 5p.
- (3) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 13.207: Gesso para construção civil. Rio de Janeiro, 1994, 2p.
- (4) BAUER, L. A. F. Materiais de Construção 1. 5ª ed. Rio de Janeiro: LCT – Livros, 2000. 403p.
- (5) CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 01, de 23/01/1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA.
- (6) CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 01, de 23/01/1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA.
- (7) JOHN, V. M.; CINCOTTO, M. A. Alternativas de Gestão dos Resíduos de Gesso. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. São Paulo, 2003.
- (8) PINTO, T. P. Gestão dos resíduos de construção e demolição em áreas urbanas – da ineficiência a um modelo de gestão sustentável. Reciclagem de Entulho para a produção. Salvador: Editora da UFBA, 2001.

- (9) Sindicato das Indústrias e Extração e Beneficiamento de Gipsita, Calcários, Derivados de Gesso e de Minerais Não-metálicos do Estado de Pernambuco (SINDUSGESSO). Mercado de gipsita e gesso no Brasil. Pernambuco, 2004. Disponível em: <<http://www.sindusgesso.org.br/jornal/>>. Acesso em: 7 julho 2007.