



XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

SUBSTITUIÇÃO DO CIMENTO POR RESÍDUOS DE CONCHAS DE MOLUSCOS BIVALVES EM ARGAMASSAS¹

RIOS, Safira Ferreira de Melo (1); SILVA, Ana Paula Gonçalves (2); MOURA, Washington Almeida (3)

(1) UEFS, e-mail: safira_mail@yahoo.com.br; (2) UEFS, e-mail: anagoncavessilva@hotmail.com; (3) UEFS, e-mail: washington.moura@gmail.com

RESUMO

Tanto o cultivo quanto a pesca extractiva de moluscos gera uma grande quantidade de resíduo, na forma de conchas, que geralmente não são destinadas corretamente. Razão pela qual, constantemente são buscadas alternativas para a incorporação destes resíduos em outros processos produtivos. Este artigo apresenta os resultados do estudo da utilização de resíduos de conchas de moluscos bivalves - RCMB moídos, em substituição parcial ao cimento, para a produção de argamassas. Os teores de RCMB moído utilizados foram de 5% e 10%, em relação à massa de cimento. O traço das argamassas foi 1:3 (cimento:areia) em massa, sendo mantida fixa a relação água/cimento que foi de 0,48. As argamassas produzidas foram avaliadas quanto à resistência à compressão e absorção de água, cujos resultados foram validados através de tratamento estatístico utilizando-se a análise de variância – ANOVA. Também foi realizado o ensaio de atividade pozolânica do RCMB moído, com o cimento Portland. Os resultados levam a concluir que o resíduo de conchas não possui atividade pozolânica. As argamassas com 5% e 10% de RCMB apresentaram resultados compatíveis com a argamassa de referência.

Palavras-chave: Conchas de moluscos bivalves. Pozolanicidade. Argamassa.

ABSTRACT

The cultivation and the extractive fishing clams generates a large amount of waste in the form of shells, which are generally not discarded properly. For this reason sought alternatives to the incorporation of waste into other production processes. This paper presents the study results of the use of waste mollusc shells - RCMB ground in partial replacement of cement for the production of mortars. The ground RCMB contents used were 5% and 10%, relative to the cement mass. The trace of the mortars was 1: 3 (cement: sand) mass being kept fixed the water / cement was 0.48. The mortars produced were evaluated for compressive strength and water absorption, the results were validated through statistical processing using the analysis of variance - ANOVA. Also, the test was performed with pozzolanic activity RCMB ground with Portland cement. The results lead to the conclusion that the shells residue does not have pozzolanic activity. The mortar with 5% and 10% RCMB showed results consistent with the reference mortar

Key-words: Seashells. Pozzolanicity. Mortar.

¹RIOS, Safira Ferreira de Melo; SILVA, Ana Paula Gonçalves da; MOURA, Washington Almeida. Substituição do cimento por resíduo de conchas de moluscos bivalves em argamassas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional, atrelado ao desenvolvimento econômico tem desencadeado um conflito: disponibilidade de matérias-primas para atender a grande e crescente demanda. Este conflito se configura um grave problema ambiental considerando que as matérias-primas são esgotáveis e que no processo de exploração e beneficiamento é gerado um grande volume de resíduos.

A malacocultura, ou seja, o cultivo e/ou extração de moluscos bivalves, também é um setor produtivo que incorre nessa problemática. No Brasil, atualmente, o estado de Santa Catarina é o maior produtor de mariscos e ostras do país (EPAGRI 2014). Este estado é favorecido pelas características geográficas do seu litoral, constituídos por baías, enseadas e regiões estuarinas regulares, que favorecem as condições para o desenvolvimento destas espécies (BRANDINI *et al.*, 2000).

O Nordeste do Brasil também possui características apropriadas para o desenvolvimento da malacocultura, sendo esta desenvolvida na forma de cultivos em alguns estados, tais como Ceará, Rio Grande do Norte e Pernambuco. Na Bahia, apesar da atividade ser realizada da forma exploratória, já existe projetos pilotos para a implantação de cultivos desta atividade.

Não há dados precisos a cerca da quantidade de resíduos gerados pela malacocultura, sendo que o mesmo pode ser estimado em locais onde a atividade é realizada na forma de cultivos. Estudo desenvolvido por Petrielli (2008) aponta que o total de conchas possa ser correlacionado, com maior, confiabilidade à quantidade de sementes compradas pelas fazendas de cultivo.

Os resíduos gerados pela malacocultura, a exemplo das conchas de moluscos bivalves, são muitas vezes descartados em locais inadequados, tais como terrenos baldios ou áreas de restingas, causando impacto ambiental. Além de incorrer em problemas sanitários, pois a decomposição da matéria orgânica presente nas conchas gera mau cheiro e atrai insetos e animais que podem provocar doenças na população.

As conchas de moluscos bivalves são constituídas basicamente por carbonato de cálcio. Sendo este mineral um constituinte básico de vários produtos/processos, há uma grande possibilidade de aplicações deste resíduo (CHIERIGHINI *et al.*, 2011). Alguns estudos já foram realizados e outros vêm sendo desenvolvidos como é o caso da utilização do RCMB na remoção de corantes provenientes de efluentes têxteis industriais (ASSIS FILHO *et al.*, 2014), uso no setor agrícola, na correção de solos ácidos (COSTA, 2012), bem como na pecuária, sendo utilizado na suplementação animal como fonte de cálcio (VITTI *et al.*, 2006).

Alguns estudos foram desenvolvidos visando utilizar o RCMB também na construção civil: Tristão *et al.* (2009) verificaram o potencial econômico e ambiental na utilização do resíduo de conchas de moluscos bivalves, após a

devida calcinação, para a fabricação da cal para produção de argamassas de restauração de edificações históricas. Estudo desenvolvido por Etuk *et al.* (2012) constatou que o RCMB calcinado apresentou características pozolânicas. Os autores concluíram que é possível a utilização de até 15% RCMB em substituição ao cimento, para produção de concreto. Ettu *et al.* (2013) verificaram que é possível a substituição de até 75% de fragmentos graníticos, utilizados para formulação de concretos, por conchas.

Neste contexto foi desenvolvido este estudo, com o objetivo de verificar a viabilidade da utilização de resíduos de conchas de moluscos bivalves RCMB, em substituição parcial ao cimento, para produção de argamassa.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Para a realização do procedimento experimental foram utilizados os seguintes materiais: cimento, areia normal, areia quartzosa, resíduo de conchas de moluscos bivalves – RCMB moído e água proveniente do sistema de abastecimento da Empresa Baiana de Águas e Saneamento - EMBASA.

O cimento utilizado no programa experimental foi o Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CP V - ARI), cuja massa específica é de 3,06 kg/dm³.

Neste trabalho foram utilizados dois tipos de areia. Para a realização dos ensaios de pozolanicidade e de resistência à compressão axial foi utilizada uma areia normal, conforme ABNT NBR 7214:2015. Para a realização dos ensaios de absorção por imersão foi utilizada uma areia quartzosa proveniente do município de Alagoinhas, estado da Bahia, cujas características estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Características da areia quartzosa proveniente de Alagoinhas-BA

Abertura da peneira (mm)	(%) Retida acumulada
4,8	1
2,4	1
1,2	2
0,6	13
0,3	67
0,15	93
<0,15	100
Dimensão máxima característica (mm)	1,22
Módulo de finura	1,77
Massa específica (g/cm³)	2,61
Massa unitária no estado solto (g/cm³)	1,60

Fonte: Os autores

As conchas foram provenientes do município de Maragojipe, Bahia, sendo o RCMB composto por conchas de dois tipos de moluscos, o *Anomalocardia Brasiliana*, (chumbinho) e o *Tagelus Plebeius* (mapé). Estes resíduos foram provenientes da pesca artesanal da referida região. Geralmente são descartados em locais inadequados, como na beira da praia ou em terrenos baldios. A Figura 1 ilustra uma das formas de descarte deste material.

Figura1 – Disposição inadequada de RCMB



Fonte: Os autores

As conchas foram submetidas a um processo de beneficiamento, tendo passado pelas seguintes etapas: lavagem, secagem e Trituração. O processo de lavagem foi realizado numa betoneira com capacidade de 220 litros, sendo as conchas submetidas a esta etapa por duas vezes. Posteriormente as conchas foram secas ao ar livre, depois submetidas ao processo de Trituração em moinho de martelo. No processo de Trituração foi sempre utilizado seis quilos de conchas durante três minutos no moinho. Após a Trituração o resíduo apresentava-se com aspecto de uma areia fina. A Figura 2 ilustra o moinho utilizado para a Trituração das conchas.

Figura 2 – Moinho de martelos



Fonte: Os autores

Como o RCMB triturado se apresentava com granulometria próxima a de uma areia fina, foi necessário realizar um novo processo de cominuição, desta vez em moinhos de bolas horizontal CT 242 Servitech, que conferiu ao resíduo o aspecto de pó. Inicialmente estabeleceu-se um tempo de moagem de 10 minutos, porém como o resíduo ainda apresentava muitos grãos superiores 75 μm , o tempo de moagem foi aumentado para 20 minutos, o que resultou num material mais pulverulento. A carga utilizada no moinho obedeceu à proporção: 735g de bolas para 735g de RCMB triturado seco. A Figura 3 ilustra os aspectos dos resíduos, de acordo com o processo de cominuição e tempo de permanência no moinho.

Figura 3 – Aspectos do RCMB para os diferentes processos e tempos de cominuição



Fonte: Os autores

Para que uma granulometria mais fina fosse alcançada, após a moagem o resíduo foi peneirado na peneira 75 μm , sendo descartado o material retido.

O RCMB moído e peneirado apresentou massa específica de 2,71 kg/dm³, que foi determinada conforme a ABNT NBR NM 23.

2.2 Métodos

Com o objetivo de verificar a aplicação do RCMB moído em substituição ao cimento em argamassas, foi realizado o ensaio de determinação de atividade pozolânica com o cimento Portland, de acordo com a ABNT NBR 5752:2014.

Para a confecção das argamassas foi utilizado o traço 1:3 (aglomerante:areia). Os teores de substituição do cimento pelo RCMB foram de 5 e 10%, em massa. As argamassas foram nomeadas de acordo com a Tabela 2:

Tabela 2 – Nomenclatura das argamassas produzidas

Argamassa	Teor de substituição do cimento(%)	Consumo de cimento (Kg/m ³)
REF	0	495,8
RCMB5	5	473,8
RCMB10	10	451,9

Fonte: Os autores

A relação água/cimento foi mantida constante em 0,48, sendo que os índices de consistência das argamassas, determinados conforme ABNT NBR 13276:2002, apresentaram-se na faixa de 177 ± 10mm. A mistura dos materiais, moldagem e condições de cura atenderam a ABNT NBR 7215:1996. Para a realização de cada ensaio foram moldados seis corpos de prova cilíndricos, de dimensões 50x100 mm. Após 28 dias de cura os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de resistência à compressão, conforme ABNT NBR 13279:1995 e absorção de água por imersão e índice de vazios, de acordo com a ABNT NBR 9778:2005.

Os resultados foram analisados estatisticamente através da análise de variância - ANOVA

3 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

3.1 Índice de atividade pozolânica com o cimento

A Tabela 3 ilustra os resultados obtidos para o índice de atividade pozolânica com o cimento.

Tabela 3 - Índice de atividade pozolânica do RCMB

Argamassa	Relação a/c	Consistência	Média de resistência à compressão	Índice de atividade (%)

				(MPa)
25%RCMB	0,48	177	22,88	74
REF	0,48	179	30,94	100
Índice normativo				
	≥ 90			

Fonte: Os autores

Observa-se que o índice normativo não foi atendido. Logo, o RCMB moído não possui atividade pozolânica.

3.2 Resistência à compressão

Os resultados obtidos para o ensaio de resistência à compressão aos 28 dias das argamassas estão demonstrados na Tabela 4.

Tabela 4 – Resistência à compressão das argamassas produzidas

Argamassa – Teor de substituição	Resistência à compressão (MPa)	Média da Resistência à compressão (MPa)	Desvio máximo (%)
0%	32,2	31,3	5,9
	29,5		
	30,8		
	32,0		
	32,2		
	29,0*		
5%	31,6	31,9	5,7
	33,4		
	32,2		
	35,4*		
	30,1		
	32,3		
10%	31,9	31,5	2,3
	30,8		
	31,5		
	31,		
	32,2		
	33,7*		

*Valor discrepante desconsiderado conforme a ABNT NBR 13279:1995

Fonte: Os autores

Os resultados de resistência à compressão foram avaliados estatisticamente através da análise de variância – ANOVA, cujos resultados estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Resultados da ANOVA para o ensaio de resistência à compressão

Fator	GDL	MQ	F_{cal}	$F_{0,05}$	Significância
Teor de resíduo	2	0,47	0,44	3,88	NS
Erro	12	1,07			

Nota: GDL – Graus de Liberdade; MQ – Média Quadrada; $F_{calculado}$ – Valor calculado de F; $F_{0,05}$ – Valor tabelado de F para nível o de significância de 5%; S – Significativo; NS – Não Significativo.

Fonte: Os autores

Verificando-se os resultados obtidos observa-se que a substituição do cimento pelo RCMB moído não influenciou significativamente na resistência à compressão das argamassas, para os teores de substituição estudados.

Como o RCMB moído não possui atividade pozolânica, então, muito provavelmente, o mesmo atuou como fíler, melhorando o empacotamento dos grãos na mistura. Assim, o efeito cimentante foi compensado pelo efeito fíler.

Lertwatanaruk et al. 2012 estudaram a substituição de cimento Portland por resíduos de conchas de moluscos bivalves, e verificaram que a substituição de 5% de cimento por resíduo de conchas provocou uma diminuição na resistência à compressão das argamassas na ordem de 16%. Porém, alguns estudos que utilizaram resíduos inertes como fíler mostraram que o resíduo provocou aumento na resistência à compressão. Gonçalves (2000) utilizou teores de 10% e 20% de adição de resíduo de serragem de granito (em relação à massa de cimento) na produção de concreto e verificou que os concretos com 10% do resíduo apresentaram melhor comportamento mecânico. O autor atribuiu este comportamento ao efeito fíler proporcionado pelo resíduo, uma vez que foi constatado que este não possuía atividade pozolânica.

3.3 Absorção de água por imersão e índice de vazios

A Tabela 6 mostra os resultados de absorção por imersão e índice de vazios das argamassas produzidas.

Tabela 6 – Absorção de Água e Índice de Vazios das argamassas produzidas

Teor de substituição (%)	Absorção de água (%)	Coeficiente de Variação (%)	Índice de Vazios	Coeficiente de Variação (%)
0	8,6	0,5	15,2	2,6
5	8,8	0,2	17,7	0,1
10	8,9	0,1	18,0	0,2

Fonte: Os autores

A influência da substituição parcial do cimento pelo RCMB moído na absorção foi verificada através da análise de variância – ANOVA. Os resultados estão demonstrados na Tabela 7.

Tabela 7: Resultados da ANOVA para o ensaio de absorção de água

Fator	GDL	MQ	F_{cal}	$F_{0,05}$	Significância
Teor de resíduo	2	0,0941	66,2	5,14	S
Erro	6	0,0014			

Nota: GDL – Graus de Liberdade; MQ – Média Quadrada; F_{cal} – Valor calculado de F; $F_{0,05}$ – Valor tabelado de F para o nível de significância de 5%; S – Significativo; NS – Não Significativo

Fonte: Os autores

Através da análise dos resultados pôde-se observar que a substituição parcial do cimento pelo RCMB moído influenciou significativamente na absorção.

Apesar da ANOVA mostrar que a utilização do RCMB moído influenciou nos resultados de absorção, pode-se observar que este aumento foi pequeno: 2,3% e 3,5% para as argamassas com 5% e 10% de RCMB, respectivamente.

4 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos no presente estudo, pode-se tirar as seguintes conclusões:

- a substituição do cimento pelo RCMB moído, para teores de até 10 por cento, não alterou o índice de consistência das argamassas produzidas;
- o índice normativo, para o ensaio de pozolanicidade com o cimento não foi atendido indicando que o RCMB moído não possui atividade pozolânica;
- a utilização de até 10% de RCMB moído não influenciou nos resultados de resistência à compressão das argamassas;
- a utilização de 10% RCMB moído provocou um aumento de 3,5% na absorção por imersão das argamassas, em relação à argamassa de referência.

Portanto, com base nos resultados, pode-se concluir que é possível utilizar até 10% de RCMB moído como substituição do cimento para produção de argamassa. Além da vantagem econômica o aproveitamento do RCMB em substituição ao cimento implica numa redução no impacto ambiental causado pelo descarte inadequado deste resíduo.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR NM 23. Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica: NBR 6474. Rio de Janeiro, 2001.

ABNT NBR 5752. Materiais pozolânicos — Determinação do índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias. Rio de Janeiro, 2015.

ABNT NBR 7214. Areia normal para ensaio de cimento — Especificação. Rio de Janeiro, 2015.

ABNT NBR 7215. Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996.

ABNT NBR 12653. Materiais pozolânicos — Requisitos. Rio de Janeiro, 2014.

ASSIS FILHO, R.B.; MENEZES, G.A.; FERREIRA, J.M.; MOTTA SOBRINHO, M.A. **Avaliação do resíduo da malacocultura como adsorvente do corante remazol vermelho RR133.** Em X Encontro Brasileiro de Adsorção. São Paulo, 2014.

BRANDINI, F.P.; SILVA, A.S.; PROENÇA, L.A.O. Oceanografia e maricultura. In: VALENTI, W.C.; POLI, C.R.; PEREIRA, J.A.; BORGHETTI, J.R. Aquicultura no Brasil. Brasília: CNPq, 2000. p.107-142.

CHIERIGHINI, D.; BRIDI, R.; ROCHA, A. A.; LAPA, K. R. **Possibilidades do uso das conchas de moluscos.** In: International Workshop advances in Cleaner Production, São Paulo, 2011

COSTA, A. R. S. **Viabilidade do uso de conchas de mariscos como corretivo de solos.** Em III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Goiania, 2012.

EPAGRI – Síntese Informativa da maricultura catarinense, 2014. Disponível em: http://www.epagri.sc.gov.br/wpcontent/uploads/2013/08/Sinteseinformativadamari_cultura2014.pdf. Acesso em: 1º de dezembro de 2015. Texto técnico.

ETTU, L. O.; IBEARUGBULEM, O. M.; EZEH, J. C.; ANYA, U. C. A reinvestigation of the prospects of using periwinkle shell as partial replacement for granite in concrete. **International Journal of Engineering Science Invention.** v. 2, 2013.

ETUK, Benjamin R.; ETUK, Idongesit F.; ASUQUO, Linus O. Feasibility of using sea shells ash as admixtures for concrete. **Journal of Environmental Science and Engineering. A,** v. 1, n. 1A, 2012

LERTWATTANARUK, Pusit; MAKUL, Natt; SIRIPATTARAPRAVAT, Chalothorn. Utilization of ground waste seashells in cement mortars for masonry and plastering. **Journal of environmental management,** v. 111, p. 133-141, 2012.

MATTA, V. R. P. da.; APOLINÁRIO, E. C. de A.; SANTOS, G. R. S.; RIBEIRO, D. V. Efeitos da adição do resíduo de corte de mármore e granito (RCMG) no desempenho das argamassas de cimento portland no estado endurecido. Periódico Eletrônico "Fórum Ambiental da Alta Paulista". v. 9, n. 1, 2013.

PETRIELLI, F. A. S. da. **Viabilidade Técnica e econômica da Utilização Comercial das Conchas de Ostras Descartadas na Localidade do Ribeirão da Ilha, Florianópolis, Santa Catarina.** 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

TRISTÃO, F. A, CALDERÓN, B. R.S, REMBISKI, F. D. **Utilização das conchas de mexilhão na fabricação da cal para produção de argamassas históricas.** In: V Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, 2009

VITTI, D. M. S. S; ROQUE, A. P; DIAS, R. S; LOPES, J.B; BUENO, I. C.da S; BUENO, M. S; NOZELLA, E. F. Metabolismo de cálcio em ovinos em crescimento sob suplementação com diferentes fontes de cálcio: aplicação e comparação de dois modelos matemáticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.6, p.2487-2495, 2006.