

ESTUDO TÉCNICO E ECONÔMICO SOBRE A INCORPORAÇÃO DE AREIA INDUSTRIAL EM FORMULAÇÕES DE CONCRETO PARA PISO INTERTRAVADO

A.M.D.Sousa⁽¹⁾; J.B.Silva⁽¹⁾; J.W.M.Sousa⁽¹⁾; J.C.S. Andrade⁽²⁾ ; M.L.V.N.Morais⁽³⁾;

C. A. Paskocimas⁽⁵⁾

Rua Claudionor Figueiredo, 453 – Natal, RN – Brasil, CEP: 59075-260,
alexmicael@hotmail.com

¹Departamento de Engenharia Civil, UFRN; ²Departamento de Engenharia de Materiais – UFAM; ³Diretoria Acadêmica de Construção Civil – IFRN/ Natal;

⁵Departamento de Engenharia de Materiais – UFRN;

RESUMO

O desenvolvimento técnico-científico, atrelado às preocupações de ordem ambiental, têm resultado em grandes avanços no que diz respeito à manutenção da qualidade ambiental através da reciclagem de resíduos sólidos e, por conseguinte, preservação de recursos minerais. Deste modo pode-se afirmar que, não há nenhum impasse tecnológico ou financeiro que se contraponha a necessidade de políticas de produção mais sustentáveis, mas, em contrapartida, ainda verifica-se uma resistência cultural na utilização de agregados reciclados. Este trabalho representa um estudo preliminar, de caráter experimental, no que tange à viabilidade técnica e econômica da substituição da areia natural pela areia industrial oriunda da produção de brita em formulações de concreto para piso intertravado. Os resultados mostram que, com melhorias na dosagem dos materiais o ganho de resistência e redução no custo de produção do material equilibram o aumento no consumo de cimento das formulações estudadas, sendo o ganho de resistência médio estudado de 62% contra um aumento no custo de produção de 13%.

Palavras-chave: resíduos sólidos, areia industrial, concreto, piso intertravado.

INTRODUÇÃO

A reciclagem e a reutilização de subprodutos e resíduos na construção civil são diretrizes para redução de custo e, principalmente, minimização do impacto industrial nesse setor da indústria (FACHINI, 2010). Compreende-se atualmente que é estritamente necessário vincular o desenvolvimento econômico e social com a sustentabilidade e preservação do meio ambiente nas suas mais diversas formas (SOUSA,2010).

Com a implementação da resolução N° 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), construtores e indústrias de agregados têm apresentado maior preocupação com a minimização do volume e destinação adequada dos seus resíduos.

Nesta vertente, têm crescido o interesse em se estudar e fazer uso das normas que norteiam os estudos acerca destes novos materiais. Esta pesquisa foi realizada com o intuito de preparar formulações de concreto para produção de blocos para piso intertravado com substituição da areia natural pela areia industrial. Este resíduo é gerado na produção de brita granítica, e, diferente de resíduos gerados nas etapas de demolição e construção (RCD), é formado ainda nas etapas de produção do agregado.

MATERIAIS E MÉTODOS

A primeira fase da pesquisa consistiu em mapear um conjunto amostral de empresas que produzem concreto para piso intertravado, onde foram tomadas para análise amostras dos agregados e do cimento utilizado na sua produção, bem como os traços utilizados. Os materiais passaram por uma caracterização em termos de índices físicos, sendo utilizadas as normas NBR-NM 248 (ABNT,2003) para análise granulométrica do agregado miúdo e a NBR 7217 (ABNT,1987) para o agregado graúdo. A massa específica aparente foi calculada de acordo com a NBR NM:52 (ABNT,2002), e para a massa unitária fez-se uso da NBR NM:45 (ABNT, 2006). A mesma caracterização foi realizada com a areia industrial (resíduo) fornecida pela empresa geradora do resíduo. As Tabela 1 e Tabela 2 apresentam os resultados da caracterização das matérias-primas, em que MF representa o módulo de finura do material e DM o diâmetro máximo dos agregados de acordo com o ensaio de granulometria. MA representa a massa específica aparente e ME a massa específica real dos agregados.

Tabela 1 - Caracterização das matérias-primas.

Empresa	Material	MF	DM (mm)	MA (g/cm ³)	ME (g/cm ³)
E1	Areia Natural	2,6	4,8	1,7	2,61
	Areia Industrial	2,58	4,8	1,56	2,65
	Cascalho	6,17	9,5	1,31	2,65
	Brita	6,99	19	1,44	2,66
E2	Areia Natural	3,29	4,8	1,7	2,64
	Areia Industrial	2,58	4,8	1,56	2,65
	Cascalho	6,88	9,5	1,49	2,77
	Brita	-	-	-	-
E3	Areia Natural	3,02	4,8	1,59	2,65
	Areia Industrial	2,58	4,8	1,56	2,65
	Cascalho	5,75	9,5	1,53	2,78
	Brita	6,9	19	1,47	2,70

Tabela 2 - Caracterização das matérias-primas.

Empresa	Material	MF	DM (mm)	MA (g/cm ³)	ME (g/cm ³)
E4	Areia Natural	2,73	4,8	1,58	2,65
	Areia Industrial	2,58	4,8	1,56	2,65
	Cascalho	6,19	9,5	1,48	2,86
	Brita	6,82	9,5	1,42	2,71
E5	Areia Natural	2,37	4,8	1,69	2,6
	Areia Industrial	2,58	4,8	1,56	2,65
	Cascalho	6,23	9,5	1,35	2,66
	Brita	-	-	-	-

A Tabela 3 a seguir apresenta o traço utilizado pelas empresas de fabricação do piso intertravado sem substituição da areia natural pela areia industrial.

Tabela 3 - Traço utilizados pelas empresas de piso intertravado

Traço Padrão em massa para volume de 1 m ³ de concreto – Utilizado pelas empresas					
Material	Empresa				
	E1	E2	E3	E4	E5
Cimento (kg)	336	320	333	350	318
Areia (kg)	927,9	1176,9	763,3	950	1130,6
Cascalho (kg)	476,8	773,7	770	450	901,3
Brita (kg)	262,1	-	330	450	-
Água (L)	258,8	173,1	166,5	175	159,0

Observou-se que as empresas não tinham adequado controle tecnológico da resistência mecânica dos produtos, não havendo um padrão de resistência a ser atingido. Os traços utilizados pelas empresas, como geralmente ocorre na prática de pequenas indústrias, não foram elaborados tomando conhecimento das características granulométricas e físico-químicas dos agregados e aglomerantes utilizados nas misturas.

Após a etapa de caracterização dos agregados e mapeamento das condições de produção dos blocos para piso intertravado foi realizada a dosagem dos materiais de acordo com a literatura técnica referente a concretos, como as disponíveis pela ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas).

A Tabela 4, a seguir, apresenta os traços estudados com substituição da areia natural pela areia industrial nas formulações e com correções na dosagem. Para estas dosagens foi adotado como resistência desejada um concreto de 30 MPa, compatível com a sua utilização e atendendo a critérios de durabilidade.

Tabela 4 - Traços desenvolvidos com a areia industrial

Traço em massa para volume de 1 m ³ de concreto – Dosado pelo autor					
Material	Empresa				
	E1	E2	E3	E4	E5
Cimento (kg)	400	400	385	400	391,5
Areia (kg)	629,4	640,1	615,4	1202,4	627,5
Cascalho (kg)	738,5	1189,5	807,7	601,2	1176,5
Brita (kg)	393,3	-	346,1	601,2	-
Água (L)	200	200	192,0 L	200 L	196,1

Para todos os traços foi mantida a relação água/cimento de 0,5, compatível com a maioria dos concretos. A Tabela 5, a seguir, apresenta os resultados de variação percentual no consumo dos materiais em relação ao utilizado pelas empresas. Observa-se que, em geral, houve redução no consumo de agregados miúdos com aumento do consumo de cimento nas formulações.

Tabela 5 – Variação percentual no consumo dos materiais em relação ao utilizado pelas empresas

Material	Empresa				
	E1	E2	E3	E4	E5
Cimento (kg)	19,0	25,0	15,6	14,3	23,1
Areia (kg)	-32,2	-45,6	-19,4	26,6	-44,5
Cascalho (kg)	54,9	53,7	4,9	33,6	30,5
Brita (kg)	50,1	-	4,9	33,6	-
Água (L)	-22,7	15,5	15,3	14,3	23,3

Observa-se que houve aumento no consumo de cimento nas formulações, principalmente devido ao parâmetro de resistência de cálculo adotado nas dosagens, que combinado com a finura do agregado e conseqüente aumento no consumo de água, resulta em maior consumo de cimento para manter inalterado a relação água cimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 6, a seguir, apresenta a composição do preço do concreto Da Empresa 1 (E1) antes da substituição da areia natural pela areia industrial e a Tabela 7 mostra o resultado econômico que seria gerado com o uso da areia industrial na formulação e com as correções na dosagem para a mesma empresa.

Percebe-se um aumento no custo total do concreto, cujo percentual dos principais componentes é apresentado na Figura 1, a seguir.

Tabela 6 - Custo de produção do concreto sem areia industrial e sem correção da dosagem - E1.

Insumo ou composição de preços	Unidade	Quantidade	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Cimento CP-32	Kg	336	0,36	120,96
Areia	m ³	0,545	19,9	10,8455
Cascalho	m ³	0,337	41,25	13,90125
Brita	m ³	0,229	41,25	9,44625
Betoneira	H	0,714	2,21	1,57794
Servente	H	6	1,11	6,66
			SOMA	163,39094
Encargos Sociais	%	150,87	6,66	10,047942
Sub-Total				173,438882
Bonificação e Despesas Indiretas (BDI)	%	35	184,22	64,477
PREÇO TOTAL				237,915882

Tabela 7 - Custo de produção do concreto com areia industrial e correção da dosagem – E1.

Insumo ou composição de preços	Unidade	Quantidade	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Cimento CP-32	Kg	400	0,36	144
Areia Industrial	m ³	0,403	19,9	8,0197
Cascalho	m ³	0,56374	41,25	23,25428
Brita	m ³	0,2729	41,25	11,25713
Betoneira	H	0,714	2,21	1,57794
Servente	H	6	1,11	6,66
			SOMA	194,769
Encargos Sociais	%	150,87	6,66	10,04794
Sub-Total				204,817
Bonificação e Despesas Indiretas (BDI)	%	35	184,22	64,477
PREÇO TOTAL				269,294

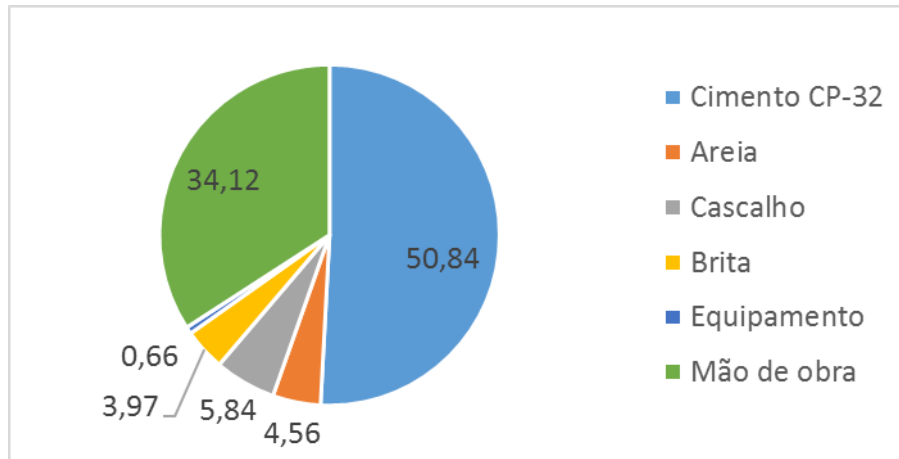


Figura 1 - Percentual do custo na composição do preço do produto.

Observa-se das Tabela 6 e Tabela 7 que a substituição da areia utilizada pelas empresas pela areia industrial tem pouca influência no custo de fabricação do concreto. Outra análise permite afirmar que na consideração de doação da areia industrial pela empresa geradora do resíduo para as empresas que fabricam o piso intertravado, a redução no custo do agregado miúdo não equivale ao aumento do custo com cimento. A Figura 2 apresenta os resultados de variação da resistência à compressão conseguidos na pesquisa através do uso da areia industrial e correções de dosagem.

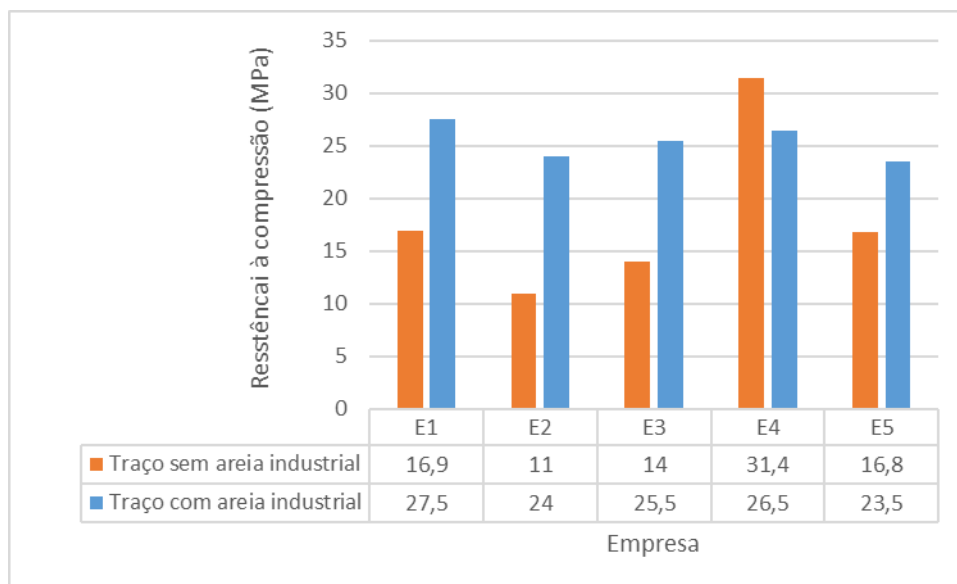


Figura 2 - Desempenho mecânico à compressão antes e após a pesquisa.

Dos resultados da Figura 2 pode-se concluir que houve aumento significativo de resistência na maior parte das empresas, sendo percentualmente maior que o aumento do custo de produção do material.

A Empresa 4, entretanto, apresentou resultado contrário às demais empresas. Este comportamento pode ser atribuído a maior diferença de finura entre o agregado miúdo utilizado pela empresa e a areia industrial no traço, a qual acarretou diferença significativa na consistência e, por conseguinte, no consumo de água e cimento da mistura.

Silva e Santos (2015) obtiveram resultados de resistência mecânica à compressão de 8,93 MPa em misturas de concreto com pó de pedra e RCD. Logo, pode-se afirmar que todas as formulações estudadas apresentaram resistência superior e também atenderiam ao especificado para uso em alvenaria acima do nível do solo, com função estrutural, classificado na classe 16 da NBR 6136 (ABNT,2007) e NBR 12118 (ABNT,2013).

CONCLUSÕES

A incorporação de areia industrial na composição de concreto para piso intertravado é uma possibilidade viável do ponto de vista econômico e técnico, desde que atendidos determinados critérios de resistência e durabilidade nas dosagens dos materiais.

A substituição do agregado miúdo das empresas pela areia industrial tem pouca influência no custo de produção do concreto, sendo o aumento no consumo de cimento da dosagem o fator preponderante no aumento do custo de produção do material. Entretanto, o ganho de resistência adquirido com a correção da dosagem é notável e deve ser avaliado para melhoria do produto final.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte técnico e financeiro do CNPq, CAPES, FUNPEC, FIERN, SENAI, UFRN e Votorantim.

REFERÊNCIAS

- [1].FACHINI, D. Aglomerante alternativo para construção civil. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2010. 110p.
- [2].Sousa, A. M. D., Moura, D. S. S., & Varela, M. L. (2011). Propriedades tecnológicas de blocos sílico calcários incorporando resíduo calcário. HOLOS, 3, 41-55.

- [3].ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 0248. Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
- [4].ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7217. Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 1987.
- [5].ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM:52. Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2002.
- [6].ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM:45. Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.
- [7].ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6136. Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural. Rio de Janeiro, 2007.
- [8].ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12118. Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.
- [9].Silva, E. J.; Santos, J. Pavimento intretrovado produzido com pó de pedra e resíduo da construção e demolição – RCD e aditivo. 21° CBECIMAT, Cuiabá, MT, Brasil, 8 p.

ABSTRACT

The technical and scientific development, linked to environmental concerns, have resulted in more advances with regard to the maintenance of environmental quality by recycling solid waste and therefore the preservation of mineral resources. Thus it can be said that there is no technological or financial impasse that counteracts the need for more sustainable production policies, but on the other hand, still there is a cultural resistance in the use of recycled aggregates. This work is a preliminary study of an experimental basis, with regard to technical and economic feasibility of the sand incorporation industrialized arising from the crushed stone production in concrete formulations interlocked floor. The results demonstrate that dosing with improvements in material gain resistance and a reduction in the production cost of the material balance the increase in the consumption of cement formulations studied.

Keywords: solid waste, industrial sand, concrete.