

ESTUDO DO CONCRETO UTILIZANDO AGREGADO MIÚDO RECICLADO: Avaliação da Resistência Mecânica

**Danielle OLIVEIRA(1); Munique LIMA (2); Gibson MEIRA(3) ; Raphaele LIRA (4) Marcos
PADILHA(5)**

- (1) Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba, Rua Emillene Aranha Dellosbel, 23 , e-mail: daniellegoe@hotmail.com
(2) Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba, e-mail: munique10@gmail.com
(3) Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba, e-mail: gibson@jpa.neoline.com.br
(4) Universidade Federal da Paraíba, e-mail: raphaelelira@yahoo.com.br
(5) Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba, e-mail: jr_padilhamarcos@hotmail.com

RESUMO

A crescente geração de resíduos provenientes da construção civil e a sua deposição indiscriminada no meio ambiente vêm causando uma série de preocupações no mundo moderno, que está procurando alternativas seguras de como tratá-los e dispô-los de forma que possa diminuir os prejuízos ambientais. A reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) está se estabelecendo como uma das principais alternativas para a sustentabilidade da construção por impedir a deterioração dos locais onde os mesmos iam ser depositados e por diminuir a extração de matérias-primas da natureza. O presente trabalho tem como objetivo analisar o comportamento do concreto que emprega como agregado miúdo uma porcentagem de resíduo de obra. Para tal estudo, foram produzidos concretos com 0 e 25 % de substituição de agregado miúdo reciclado e avaliou-se a resistência mecânica à compressão desses materiais. Foi empregada uma dosagem de referência, com relação água /cimento de 0,5 e cura de 7, 28 e 56 dias. Os resultados obtidos indicam que não houve alteração significativa na resistência dos concretos produzidos com 25% de substituição. Concluindo-se então, que de modo geral, o agregado reciclado pode ser uma alternativa a ser empregada na produção de concretos.

Palavras-chave: concreto; RCD; resistência mecânica, sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

O entulho da construção civil pode ser definido como o conjunto de fragmentos ou sobras de blocos cerâmicos, concreto, argamassa, aço ou madeira proveniente do desperdício de materiais na construção, reforma ou demolição de obras de engenharia. Esse entulho representa uma parcela considerável dos resíduos produzidos pela sociedade moderna, o que gera vários problemas ambientais como a falta de espaços apropriados para o acondicionamento desses resíduos.

A reciclagem de resíduos pela indústria da construção civil vem se estabelecendo como uma prática importante para a sustentabilidade, por diminuir os problemas ambientais pela deposição indiscriminada dos RCC (Resíduos de Construção Civil), além de reduzir o volume dos resíduos depositados nos aterros sanitários e evitar a escassez dos recursos naturais devido à substituição de matérias-primas naturais por produtos reciclados.

Além dos benefícios ambientais, a prática da reciclagem de RCC também, pode trazer benefícios sociais como a geração de emprego e benefícios econômicos como a redução de custos nas atividades de construção.

É interessante notar que, embora tenham sido localizados em inúmeras publicações, estudos relacionados à dosagem, propriedades mecânicas e outras propriedades analisadas individualmente que tratam de concretos produzidos com agregados obtidos a partir de resíduos reciclados, não foram localizados trabalhos que avaliassem a durabilidade destes concretos de forma sistemática.

De uma maneira mais abrangente, as pesquisas de reciclagem de resíduos se limitam a aspectos do desenvolvimento técnico do material e, de forma mais freqüente, a análise dos impactos ambientais do processo.

De acordo com Angulo (2000) as primeiras notícias de obras executadas com agregados reciclados datam da época do Império Romano. Já as técnicas de reciclagem de entulho ocorreram por volta de 1860 no período após o final da 2ª Guerra Mundial, que ocorreu de forma significativa na reconstrução de diversas cidades européias que tiveram seus edifícios totalmente demolidos e seus escombros ou entulhos resultantes, britados para a produção de agregados.

Segundo Zordan (1997), no Brasil, o assunto começou ser tema de pesquisas em meados dos anos 80, com os pesquisadores Pinto em 1986. Nos anos de 1995 e 1996, os pesquisadores Levy e Helene prosseguem com estudos sobre o tema. Ainda no ano de 1996 os pesquisadores Hamassaki, Sbrighi e Florindo, apresentaram trabalhos sobre a reciclagem de entulho, onde analisam seu uso na confecção de argamassas. No mesmo ano os pesquisadores Silva, Souza e Silva estudaram a utilização da fração cerâmica do entulho como substituto de uma parcela do material aglomerante (cimento).

Atualmente, existem no país diversos centros de pesquisa que buscam conhecer novas tecnologias surgidas da reciclagem de entulho. Segundo dados apresentados no trabalho de Pinto (1999), existem hoje oito instalações de reciclagem no Brasil, localizadas duas em Belo Horizonte, uma em São Paulo, Ribeirão Preto, São José dos Campos, Londrina, Piracicaba e Muriaé.

A normalização ou regulamentação sobre o uso de resíduos na produção de concretos varia de país para país, podendo ser identificadas como exigências gerais, em relação aos agregados, as seguintes: ser suficientemente resistente para o uso no tipo de concreto em que for usado; ser dimensionalmente estável conforme as modificações de umidade; não reagir com o cimento ou com o aço usado nas armaduras; não conter impurezas reativas; ter forma de partículas e granulometria adequadas à produção de concreto com boa trabalhabilidade.

Agregados obtidos a partir da reciclagem de resíduos de construção podem ser aplicados em diversos serviços. Lima (1999) recomenda a utilização dos resíduos reciclados, no caso do concreto, para: contrapisos, calçadas externas e regularização de pisos sem função impermeabilizante; reforços não armados e reforços armados em elementos sem presença de umidade; execução de peças de reforço não armadas em muros de vedação; regularização de pisos para revestimento cerâmico, preferencialmente em pavimentos não apoiados diretamente sobre o solo; lastro para fundação em edificações térreas; fabricação de componentes de alvenaria de vedação; fabricação de outros componentes de concreto não armado, como lajotas de concreto para lajes mistas, tubos e canaletas para drenagem, Briquetes e lajotas de pavimentação (para tráfego leve), meios-fios, sarjetas e similares, fixação de mourões e portões em cercamentos e outros serviços simplificados, não armados. Contudo, não se recomenda utilizar concreto estrutural.

Os concretos produzidos com reciclado apresentam, em geral, características diferentes dos concretos convencionais, e o grau de diferença vai variar de acordo com o tipo e qualidade do reciclado. Algumas características do concreto que podem ser modificadas pelo uso de reciclado são: resistência mecânica; absorção de água, porosidade e permeabilidade; retração por secagem; módulo de elasticidade; fluência e massa específica. As características dos concretos com reciclado variam mais que as de concretos convencionais, pois além das variações ligadas à relação a/c e ao consumo de aglomerantes, há ainda as mudanças determinadas por variações na composição e outras características físico-químicas dos resíduos reciclados.

Barra (1996 apud LEITE, 2001) relata que, para agregados convencionais, a taxa de absorção de água não exerce quase nenhum tipo de influência nas misturas de concreto, pois os agregados apresentam pouca, ou nenhuma, porosidade ao contrário da utilização de agregados reciclados para produção de concreto que apresentam valores bem mais altos de absorção que os agregados naturais. A quantidade de água que o material reciclado pode absorver está sujeita à fatores como a condição inicial de umidade do agregado, o tempo de permanência de contato do material com a água, se o agregado entra em contato primeiro somente com a água, ou com a pasta de cimento, entre outros.

Ao fazer uma análise simplista sobre o assunto, Leite (2001) diz que, quando se produz concretos com agregados reciclados, existe a necessidade de acrescentar mais água à mistura, comparando com um mesmo traço feito com agregado natural. A depender da quantidade de água a mais a ser incorporada na mistura, existirá um aumento da relação a/c e conseqüente redução da resistência mecânica. Assim, para manter a resistência haverá a necessidade do aumento do consumo de cimento, o que aumenta o custo do concreto produzido. Compensar apenas parcialmente a taxa de absorção dos agregados reciclados é uma boa alternativa para minimizar os problemas com a trabalhabilidade das misturas e ao mesmo tempo para que não haja excesso de água no concreto com conseqüente redução da resistência mecânica.

Considerando a carência de estudos experimentais com relação à resistência do concreto produzido com material reciclado. Este trabalho tem o objetivo de avaliar o comportamento de concretos produzidos com substituições de agregados reciclados, incorporando aspectos desde a sua caracterização até as propriedades mecânicas de resistência à compressão.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Caracterização dos materiais

Os materiais empregados na pesquisa foram: cimento CP IIF, aditivo plastificante, brita de origem granítica com D.máx.19 mm, areia natural quatzosa oriunda da região, agregado miúdo reciclado e água de amassamento proveniente da rede pública de abastecimento.

Estão apresentados na Tabela 1 os dados químicos e físicos do cimento CP IIF.

Tabela 1 - Propriedades Físicas e Químicas do cimento CPII-F

CIMENTO ZEBU – TIPO CPII-F-32- JOÃO PESSOA-FÁBRICA CIMEPAR. DATA DA AMOSTRA 08/08/06				
Retida na peneira	#200	%	<12	0,5
	#325	%	-	(*)
Blaine		cm²/Kg	>260	3782
Pega	Inicial	Min.	>60	144
Exp.	Quente	mm	<5,0	
Resistência à compressão	1 dia	MPa	-	(*)
	3 dias	MPa	>10,0	32,1
	7 dias	MPa	>20,0	35,5
	28 dias	MPa	>32,0	(**)
Análise Química	P.F.	%	<6,5	4,5
	R.I	%	<2,5	1,35
	CaOl	%	-	1,81
Análise no Raio-X	SiO ₂	%	-	18,14
	Al ₂ O ₃	%	-	5,52
	Fe ₂ O ₃	%	-	1,89
	CaO	%	-	61,35
	MgO	%	<6,5	6,21
	SO ₃	%	<4,0	2,86
	Na ₂ O	%	-	0,28
	K ₂ O	%	-	1,02

*Fonte : Fabrica CIMPOR

2.3. Dosagem e caracterização do concreto

As dosagens empregadas seguiram a proporção 1: 1,89: 2: 0,5 (cimento: areia: brita: água), com adição de 0,2% de aditivo plastificante e substituição do agregado miúdo em 0 e 25 %, por agregado britado proveniente de resíduos da construção.

Foram moldados corpos de prova, nas dimensões 10 x 20 cm, os quais foram curados até um dia antes de serem ensaiados em câmara úmida e, depois, submetidos a ensaios de resistência à compressão nas idades de 7, 28 e 56 dias. Na determinação das resistências à compressão simples, foram seguidas as orientações da *NBR 5739 - "Ensaio de Compressão de Corpos de prova Cilíndricos"* (ABNT,2006), que especifica o método de ensaio de compressão para o concreto. Para cada idade e tipo de cura, foram ensaiados três corpos de prova e calculada a média dos resultados obtidos.

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

3.1. Caracterização dos materiais

Neste ítem, serão avaliados os dados obtidos na análise dos materiais utilizados nesta pesquisa. Na tabela 2 é possível comparar os dados do agregado natural e do agregado reciclado.

Tabela 2- Caracterização da areia natural e o agredo reciclado

Características	Normas		Agregado Natural	Agregado Reciclado
Massa específica real	NBR-9776 (ABNT, 1987)		2,38 g/ml	2,50 g/ml
Massa unitária	NBR-7251(ABNT, 1985)		1,30 g/cm ³	1,29 g/cm ³
Granulometria	NBR 7217 (ABNT,1987)	Dmáx.	4,8mm	2,40mm
		MF	3,39	2,04
Teor de umidade	NBR 9775 (ABNT,1987)		0,5%	1%
Determinação do Inchamento	NBR-6467 (ABNT,2006)	CMI	1,04	1,157
		hc	5,2%	3,010%
Material Pulverulento	NBR 7219 (ABNT,1987)		2,24%	4,77%

Além dos ensaios de caracterização dos agregados miúdos, também foi realizada a análise granulométrica do agregado graúdo, por ser este um ensaio muito importante para análise da resistência à compressão do concreto, devido sua grande influência no mesmo.

Na avaliação granulométrica dos agregados miúdos, que melhor pode ser observada através da Tabela 3 e da Figura 1, onde mostram os detalhes do ensaio dos dois agregados e a curva granulométrica do agregado natural, respectivamente, foi identificada que a dimensão máxima do agregado natural é maior, tendo o seu módulo de finura classificado como areia média e considerado como bem graduado.

Tabela 3- Granulometria dos agregados natural e reciclado

Peneiras (mm)	Porcentagem retida		Porcentagem retida acumulada	
	Agregado miúdo natural	Agregado miúdo reciclado	Agregado miúdo natural	Agregado miúdo reciclado
4,80	2,60%	-	2,60%	-
2,40	3,52%	1,94%	6,12%	1,94%
1,20	8,32%	7,89%	14,44%	9,83%
0,60	25,72%	17,61%	40,17%	27,44%
0,30	42,11%	23,96%	82,28%	51,40%
0,15	12,39%	27,36%	94,67%	78,76%
Fundo	4,82%	20,81%	99,49%	99,56%

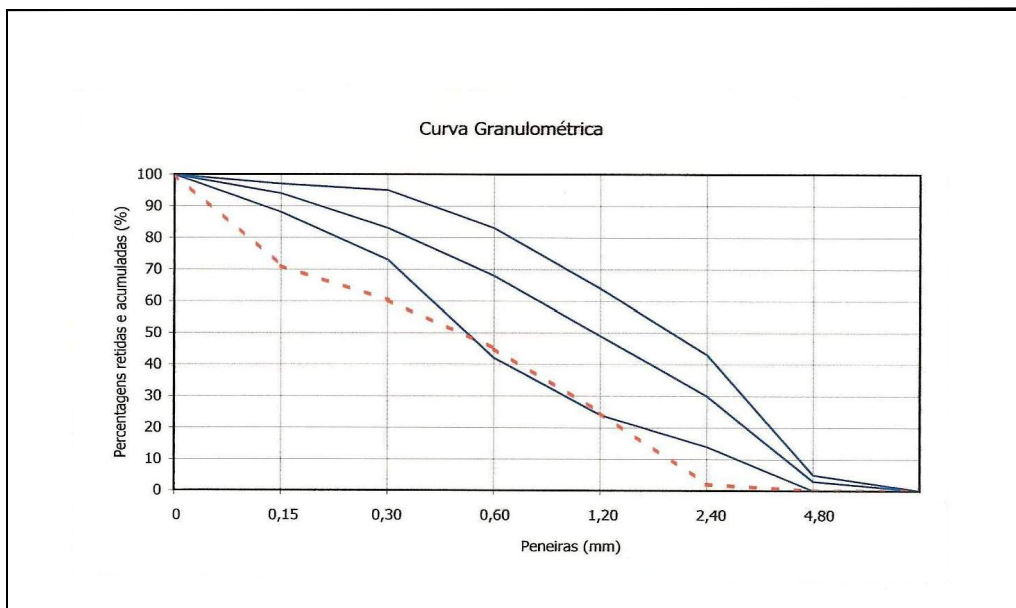


Figura 1 - Curva granulométrica do agregado reciclado

A Figura 1 mostra as faixas granulométricas (linhas superiores), definidas como zona ótima e faixas inferiores zona utilizável, indicativas de agregados de boa qualidade para utilização em concretos de cimento Portland, e a curva granulométrica (linha vermelha) de agregado reciclado, obtida seguindo-se a NBR 7217 (ABNT, 1987).

Com relação ao ensaio que determina o teor de material pulverulento nos agregados, foi detectado, no agregado reciclado, uma quantia considerável dessas partículas (4,77%), o que poderia prejudicar a qualidade do concreto. Contudo, isso não impediu a realização de sua utilização no trabalho, pois, de acordo com a

norma que rege esta determinação, o agregado pode apresentar, de forma geral, até 5% de materiais pulverulentos.

3.2. Resistência à compressão

No ensaio de resistência a compressão, pode-se verificar, através da Figura 2, que se manteve uma proximidade dos resultados de resistência dos concretos produzidos. Sendo que, aos sete dias o concreto com 25% de substituição apresentou resistência um pouco maior que a dosagem de referência; já aos 28 dias a resistência do concreto de referência foi levemente maior que a de 25%; e aos 56 dias a resistência com 25% de substituição passou a ser novamente ligeiramente superior a resistência do concreto produzido sem substituição.

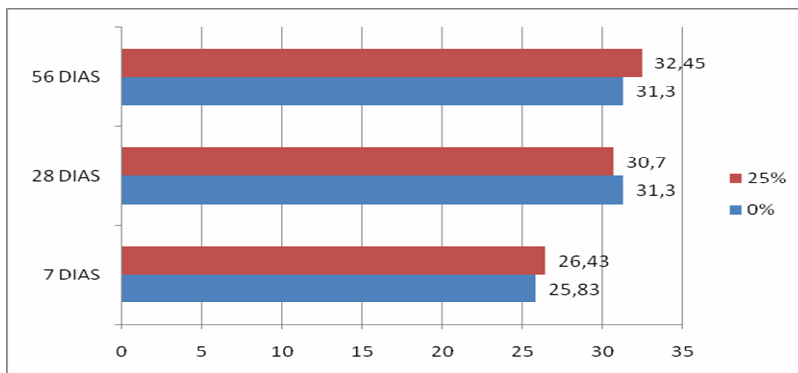


Figura 2 - Média da resistência à compressão

O ligeiro aumento da resistência apresentado pelo concreto produzido com substituição de 25% do agregado natural por agregado miúdo reciclado, pode, neste caso, ser atribuído à melhor variação granulométrica apresentada pelo agregado reciclado, gerando uma diminuição de vazios mais eficiente.

4. CONCLUSÃO

A reciclagem dos resíduos oriundo de obras é de suma importância, pois a indústria da construção civil é uma das maiores geradores de entulho. A prática da reciclagem desses materiais contribui bastante para o desenvolvimento sustentável do planeta por proporcionar benefícios tanto ambientais quanto econômicos e sociais.

Dependendo do tipo de material reciclado a ser utilizado e das características e proporções dos demais componentes que são empregados na mistura, as propriedades mecânicas do concreto podem não ser alteradas significativamente.

Neste estudo, verificou-se que o concreto feito com substituição de 25% de agregado miúdo reciclado, atingiu, aproximadamente, a média da resistência do material feito com agregado natural nas idades de 7, 28 e 56 dias. Isso, provavelmente, aconteceu em função da sua melhor graduação granulométrica, o que provocou uma melhor compactação dos grãos, diminuindo a quantidade de vazios e aumentando a resistência do concreto.

Percebe-se que ainda há necessidade de se aumentar o conhecimento acerca das propriedades dos agregados reciclados e dos novos materiais formados, para que se possa expandir a faixa de utilização do entulho como agregado para materiais de construção civil. No entanto, os resultados aqui apresentados depõem a favor da incorporação desse tipo material na produção de concretos.

Como sugestão para trabalhos futuros, deixam-se as seguintes orientações: a utilização de um número maior de corpos-de-prova e a realização de outras porcentagens de substituição.

REFERÊNCIAS

ÂNGULO, S. C. **Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados**. 2000. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-**NBR 5739** - Ensaio de Compressão Corpo de prova Cilíndrico. 2006.

_____. **NBR 6467**- Agregados - Determinação do inchamento de agregado miúdo. 2006.

_____. **NBR 7217** - Determinação da composição granulométrica dos agregados. 1987.

_____. **NBR 7219** - Determinação do teor de materiais pulverulentos nos agregados. 1987.

_____. **NBR 7251**- Agregado em Estado Solto - Determinação da Massa Unitária. 1982.

_____. **NBR 9775** - Determinação de umidade superficial em agregados miúdos por meio do frasco de chapman. 1987.

_____. **NBR 9776** - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman. 1987.

LEITE, M. B. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. 2001. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

LIMA, J.A . R. **Proposições de diretrizes para produção de normalização de resíduos de construção reciclado e de sua aplicação em argamassa e concreto**. 1999. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 1999.

ZORDAN, S.E. **A utilização do entulho como agregado, na confecção do concreto**. 1997. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

AGRADECIMENTOS

À equipe do Laboratório de ENSAIOS DE MATERIAIS E ESTRUTURAS da Universidade Federal da Paraíba (LABEME/UFPB) e ao Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba (CEFET-PB) pelo auxílio no desenvolvimento das atividades gerais do projeto de pesquisa, as empresas POLIMIX e REDIMIX pelo empréstimo das formas para moldagem dos corpos de provas.