

ANÁLISE DA RESISTÊNCIA MECÂNICA À COMPRESSÃO DE CONCRETOS PRODUZIDOS COM RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Geilson MARQUES DE OLIVEIRA (1); Márcia MARTINS DE LIMA (2); Sandra Helena FERNANDES NICOLAU (3); Claudiana Maria DA SILVA LEAL (4)

(1) Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba (CEFET-PB), Av. 1º de Maio, 720 – Jaguaribe – João Pessoa - PB – CEP 58.015-430 - telefone: 3208300-Fax: 32083088-[55 83] 88065311-e-mail: geilson_marques@hotmail.com

(2) (CEFET-PB), e-mail: marciamartins10@yahoo.com.br.com

(3) (CEFET-PB), e-mail: sandrahfn@yahoo.com.br

(4) (CEFET-PB), e-mail: claudiana@cefetpb.edu.br

RESUMO

Na maioria dos centros urbanos brasileiros os resíduos produzidos pela indústria da construção civil têm causado graves problemas sociais e econômicos. Uma das alternativas para solucionar estes problemas é o reaproveitamento destes resíduos, sua incorporação em materiais destinados à construção civil. Nesse sentido, a pesquisa em estudo tem por objetivo analisar a resistência mecânica à compressão de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos da construção civil de João Pessoa. A metodologia consiste numa pesquisa experimental compreendida pelas seguintes fases: coleta e beneficiamento da amostra, caracterização do agregado reciclado e análise da resistência mecânica à compressão de concretos produzidos com os agregados reciclados. A amostra que será utilizada na pesquisa representa o resíduo gerado em duas edificações verticais nas fases construtivas de acabamento e alvenaria. O beneficiamento se resumirá na moagem do resíduo em britador de martelo e seleção granulométrica em peneiras padronizadas. A caracterização do agregado reciclado compreenderá os ensaios de massa específica, massa unitária e granulometria. A análise da resistência deverá ser feita segundo a norma da ABNT NBR 5739. Para produção dos concretos serão considerados quatro níveis de substituição do agregado miúdo pelo agregado reciclado (33%, 50%, 67% e 100%). O estudo deverá contribuir para o aumento da credibilidade dos processos de reciclagem e redução dos impactos ambientais gerados pela disposição inadequada dos resíduos de construção civil.

Palavras-chave: resíduos de construção, agregado reciclado, concreto, resistência mecânica.

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é uma das grandes fontes de geração de resíduos sólidos no meio urbano, uma vez que seus resíduos são muito volumosos e em algumas cidades brasileiras representam mais da metade do total da produção de RSU (Resíduos Sólidos Urbano).

De acordo com dados da EMLUR (Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana), em João Pessoa, o volume de resíduos oriundos da construção civil é de aproximadamente 8200 toneladas mensais. Na cidade existem cerca de cento e trinta e quatro bota-foras clandestinos. Estas deposições irregulares afetam diretamente o meio ambiente, sendo responsáveis por assoreamento de córregos, obstrução de vias de tráfego e proliferação de doenças. Além disso, o recolhimento dos resíduos depositados irregularmente representa um custo significativo para as administrações municipais.

A reciclagem dos resíduos de construção e demolição apresenta-se como uma alternativa para resolver os problemas gerados pelos resíduos dos pontos de vista econômico, ambiental e social, contribuindo para sustentabilidade do setor da construção civil.

Neste contexto, justifica-se a relevância da pesquisa uma vez que a utilização de agregados reciclados de resíduos da construção civil na produção de concretos poderá contribuir para a preservação do meio ambiente, reduzindo o consumo de recursos naturais, bem como o consumo de energia para retirada e transporte destes materiais, além de evitar a degradação de áreas de deposição clandestina, aumentar a vida útil dos aterros e minimizar os custos das administrações municipais no gerenciamento dos resíduos.

A pesquisa também poderá contribuir com subsídios técnicos para a Administração Municipal, tendo em vista a recente implantação da usina de reciclagem de resíduos da construção civil no município de João Pessoa.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo a Resolução nº 307 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) os resíduos de construção civil são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, calça ou metralha.

De acordo com CARNEIRO et al (2001), a composição e a quantidade de resíduos de construção e demolição gerada dependem muito dos tipos de matérias-primas disponíveis, das técnicas e metodologias utilizadas no processo construtivo, do estágio de desenvolvimento local da construção civil, como por exemplo, a qualificação da mão-de-obra envolvida, ou as técnicas construtivas utilizadas. Muitas pesquisas têm estudado a composição dos RCD em diferentes cidades brasileiras e também em outros países, comprovando a alta variabilidade destes materiais. A Tabela 1 apresenta os resultados encontrados por diversas pesquisas para algumas cidades brasileiras, em todas as cidades pesquisadas verificou-se que os materiais cimentícios (concreto e argamassa) foram os que apresentaram maior participação na composição dos RCD, chegando a representar na cidade de São Carlos/SP, por exemplo, aproximadamente 70% do RCD gerado na região.

Tabela 1 – Composição, em porcentagens, do RCD de diversas cidades brasileiras

Material	Origem			
	São Paulo	Ribeirão	Salvador	Florianópolis
	SP ¹	Preto/SP ²	BA ³	SC ⁴
Concreto e Argamassa	33	59	53	37
Solo e Areia	32	-	22	15
Cerâmica	30	23	14	12
Rochas	-	18	5	-
Outros	5	-	6	36

1. Brito Filho, 1999 citado por John, 2000/2. Zordan, 1997.

3. PROJETO ENTULHO BOM, 2001/4. Xavier et al. 2002.

A cadeia produtiva da construção civil é responsável por uma parcela superior a 14,5% do PIB brasileiro (PINTO, 1999). Além do macro-setor ser um dos maiores da economia ele produzidos bens de maiores dimensões físicas do planeta, sendo conseqüentemente o maior consumidor de recursos naturais de qualquer economia.

Segundo ALAVEDRA (1997) apud JOHN (2000), a construção civil consome entre 20% e 50% dos recursos naturais extraídos no planeta. Na maioria dos centros urbanos brasileiros, os resíduos gerados pela indústria da construção civil já representam um grave problema, o que vem se agravando cada vez mais com o crescente adensamento das cidades e a falta de espaço para a destinação final desses resíduos (CARNEIRO et al., 2001).

A deposição irregular do RCD é um fenômeno internacional e no Brasil tem importantes efeitos na qualidade ambiental urbana e nos custos das prefeituras (PINTO, 1999). A deposição irregular do RCD na malha urbana tem sido relacionada com enchentes, causadas por assoreamento dos córregos, com prejuízos à paisagem, obstrução de vias de tráfegos e com proliferação de doenças. A coleta e o transporte do RCD para áreas de depósito cada vez mais afastadas das regiões centrais congestionam o tráfego. Além disso, o recolhimento dos resíduos depositados ilegalmente representa um custo significativo para as administrações municipais. Neste sentido, o poder público municipal deve exercer um papel fundamental para disciplinar o fluxo dos resíduos, utilizando instrumentos para regular especialmente a geração de resíduos provenientes dos eventos informais.

A reciclagem dos resíduos de construção e demolição apresenta-se como uma alternativa para resolver os problemas gerados pelos resíduos dos pontos de vista econômico, ambiental e social, contribuindo para sustentabilidade do setor da construção civil.

A primeira aplicação significativa de resíduo reciclado foi registrada após o fim da segunda Guerra Mundial, na reconstrução das cidades européias, que tiveram seus edifícios totalmente destruídos e o entulho resultante foi britado para produção de agregados visando atender a demanda na época (WEDLER et al., apud LEVY, 1997). Países como Japão, Dinamarca, Holanda, Estados Unidos entre outros já perceberam a importância da reciclagem e têm pesquisado intensamente o assunto, visando atingir determina do grau de padronização dos procedimentos adotados para obtenção dos agregados, atendendo desta forma aos padrões mínimos de qualidade (LEVY, 1997). No Brasil, o primeiro estudo sistemático para utilização de resíduos de construção e demolição foi realizado por Pinto em 1986 e consistiu em estudar o uso do agregado reciclado para produção de argamassas. A reciclagem de resíduos de construção e demolição teve início efetivo no país em 1991, em Belo Horizonte, que atualmente é referência nacional e possui três usinas de reciclagem em funcionamento com uma produção mensal de 5500 metros cúbicos de agregados reciclados.

Existem algumas estações de tratamento e reciclagem espalhadas em outros estados do Brasil. Alguns estudos têm sido desenvolvidos em universidades nacionais no sentido de obter melhor entendimento sobre o comportamento deste material (ZORDAN, 1997; LEVY, 1997; LIMA, 1999; LEITE, 2003; LIMA, 2005; entre outros). Do ponto de vista ambiental, a reciclagem dos RCD deve ser vista como uma prática bastante benéfica. Seus benefícios vão desde a minimização do consumo de recursos naturais pela indústria da construção civil, e conseqüente prolongamento da vida útil das reservas naturais, redução dos impactos negativos dessa atividade sobre o meio ambiente, até a redução da quantidade de deposições irregulares de RCD e do volume desses resíduos dispostos em aterros. No que se refere às vantagens econômicas, pode-se destacar a redução nas despesas por parte das administrações públicas com a remediação das áreas de deposição clandestina e o possível barateamento no preço dos produtos reciclados. Na escala social, além dos benefícios trazidos pela aplicação de materiais reciclados como forma de redução nos custos de construção de habitações populares, pode-se afirmar que a reciclagem também permite a geração de empregos e aumenta a competitividade da economia (EPA, 1998, citado por JOHN, 2000, p.30).

A partir de janeiro de 2003, quando entrou em vigor a Resolução nº 307 do CONAMA, é que se passou a ter um dispositivo legal capaz de tratar questões específicas dos RCD. Tal Resolução estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos de construção, definindo e ressaltando a responsabilidade do gerador sobre os seus resíduos. Dentre os aspectos tratados pela Resolução nº 307 do CONAMA, merecem destaque os seguintes:

- A classificação dos resíduos da construção de acordo com o seu potencial para reutilização e reciclagem;
- A proibição da disposição dos resíduos da construção em aterros de resíduos domiciliares, áreas de bota-fora, encostas, corpos d'água, lotes vagos e em áreas protegidas pela lei.
- A obrigatoriedade da elaboração, como instrumento de gestão dos resíduos de construção, do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, o qual deverá incorporar:
 - a classificação dos resíduos da construção de acordo com o seu potencial para reutilização e reciclagem;
 - o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, a ser elaborado, implementado e coordenado pelos municípios e pelo Distrito Federal, e deverá estabelecer diretrizes técnicas e procedimentos para o exercício das responsabilidades dos pequenos geradores;
 - os Projetos de Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil, que deverão ser elaborados e implementados pelos grandes geradores e terão como objetivo estabelecer os procedimentos necessários para manejo e destinação ambientalmente adequados dos resíduos. As normas técnicas integradas às políticas públicas constituem importante instrumento para viabilização do exercício da responsabilidade para os agentes públicos e os geradores de resíduos.

3. METODOLOGIA

O procedimento experimental foi realizado em etapas. A primeira etapa compreendeu a coleta e beneficiamento da amostra. A segunda consistiu na análise das propriedades físicas do agregado reciclado. A terceira está relacionada com a análise da resistência mecânica à compressão dos concretos de referência e reciclados.

As amostras de resíduos utilizadas na pesquisa foram obtidas de duas edificações verticais de João Pessoa. Uma em fase de alvenaria e a outra de acabamento. Foram coletados 100 kg de resíduos durante o período de um mês, para cada fase produtiva considerada.

Todo material passou por um processo de separação manual onde foram descartados materiais indesejáveis (gesso, plásticos, metais, vidros, resíduos orgânicos, entre outros) de forma que a amostra apresentasse em sua composição, apenas resíduos de concreto, argamassa e bloco cerâmico.

A amostra contendo 33,3% de cada resíduo (argamassa, concreto e bloco cerâmico), foi moída em conjunto no moinho de martelo (Figura 1) e armazenada em recipientes devidamente fechados.



Figura 1 – Moinho de martelo, equipamento onde foi executada toda moagem do material coletado para a pesquisa.

Após a britagem, o material foi peneirado em peneirador mecânico e todo material passante na peneira de malha 4,8mm foi considerado como agregado miúdo reciclado para este estudo e armazenado em recipientes fechados de forma a protegê-lo de qualquer contaminação.

Os materiais utilizados na pesquisa estão apresentados a seguir.

- Cimento - cimento Portland de alto-forno CP III-40, da marca Brasil;
- Agregado graúdo - pedra britada de origem granítica, com dimensão máxima característica de 25 mm;
- Agregado miúdo - areia natural quartzosa, proveniente da região de Caxitú;
- Agregado miúdo reciclado - obtido da britagem e peneiramento do resíduo de argamassa, concreto e bloco cerâmico;
- Água - potável, fornecida pela concessionária local (CAGEPA);
- Aditivo superplastificante - à base de poliacarboxilatos, Glenium 51, da Master Building Technology, do Brasil, em teores de 0,5 a 0,8% da massa de cimento.

A caracterização física dos agregados foi realizada através dos seguintes ensaios:

- Massa Específica dos agregados miúdos - NBR 9776(1997);
- Massa Específica do agregado graúdo - NBR NM 53 (2003);
- Massa Unitária - NBR 7251 (1982);
- Composição Granulométrica - NBR NM 248 (1987);
- Absorção - NBR NM 30 (2001).

A análise da resistência mecânica à compressão dos concretos de referência e reciclados foi realizada de acordo com a NBR 5738 (2003) e NBR 5739(1994).

Foi fixado um abatimento do tronco de cone de (10 ± 1) cm, procurando-se obter concreto da classe C25. As correções foram feitas com aditivo superplastificante.

Foi adotado o traço 1: 2,24: 2,58: 0,52 para o concreto de referência por apresentar resistência de acordo com a definida nesta pesquisa.

A partir do traço do concreto de referência foram definidos os traços dos concretos com 33%, 50%, 67% e 100% de substituição do agregado miúdo natural pelo reciclado. Em virtude da menor massa específica do agregado reciclado, considerou-se a compensação do volume no cálculo da massa do agregado reciclado, através da equação 01 (LEITE, 2001.).

$$M_{mr} = \frac{M_{mn} \times \gamma_{AMR}}{\gamma_{AMN}} \quad [\text{Eq. 01}]$$

M_{mr} = massa do agregado miúdo reciclado.

M_{mn} = massa do agregado miúdo natural.

γ_{AMN} = massa específica do agregado miúdo natural.

γ_{AMR} = massa específica do agregado miúdo reciclado.

A correção do abatimento foi feita com aditivo superplastificante em teor de 0,5% da massa de cimento. Também foi considerada a pré-molhagem do agregado reciclado dez minutos antes da concretagem, com uma quantidade de água equivalente a 70% e 80% da taxa de absorção deste material.

A verificação da consistência do concreto abatimento foi realizada conforme prescrição da NBR NM 63 (1998).

Foram moldados três corpos-de-prova de (10 cm de diâmetro e 20 cm de altura), para as idades de sete e vinte e oito dias. Os traços tiveram três repetições e adotou-se a média entre os resultados. A cura dos corpos-de-prova foi feita ao ar nas primeiras vinte e quatro horas e depois em imersão na água com cal até a data de ruptura.

4. ANÁLISES E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

4.1 - Caracterização dos agregados naturais e reciclados

A Tabela 2 apresenta os resultados da caracterização física dos agregados naturais e reciclados.

Tabela 2 – Características físicas dos agregados naturais e reciclados

Agregado	Tipo de material	Massa específica (kg/dm ³)	Massa unitária (kg/dm ³)	Absorção (%)
Miúdo	Natural	2,62	1,53	0,6
	Reciclado	2,37	1,40	8,00
Graúdo	Natural	2,63	1,39	0,4

De acordo com a Tabela 2 podemos evidenciar que a massa específica do agregado reciclado é 9,5% inferior à massa específica do agregado natural. Com relação à massa unitária, apesar do valor obtido ter sido inferior também ao encontrado para o agregado natural, o mesmo encontra-se dentro da classificação como agregado normal.

A seguir podemos observar na Figura 2 a comparação entre as massas específicas dos agregados miúdos reciclados e naturais.

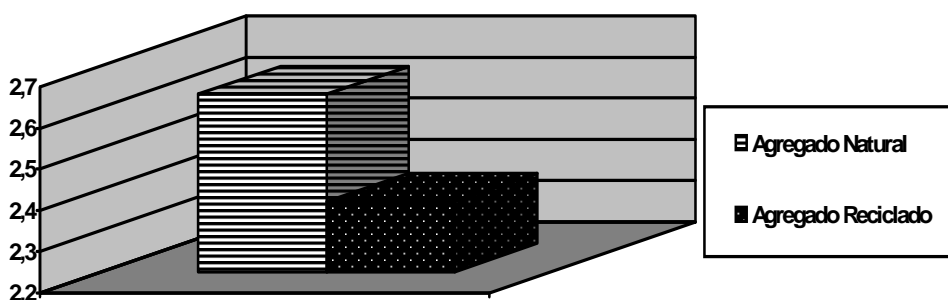


Figura 2 – Comparação da massa específica entre o agregado reciclado e miúdo

Com relação à massa unitária, apesar do valor obtido ter sido inferior também ao encontrado para o agregado natural, o mesmo encontra-se dentro da classificação como agregado normal.

Na Figura 3, podemos visualizar a diferença entre as massas unitárias dos agregados miúdos reciclados e naturais.

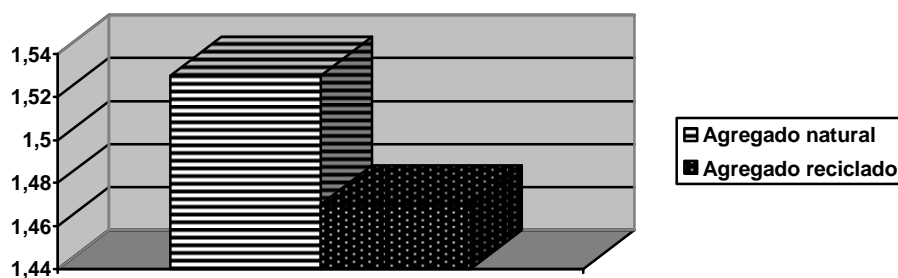


Figura 3 – Comparação da massa unitária entre os agregados

A Figura 4 abaixo apresenta uma comparação entre os valores de absorção dos agregados miúdo reciclado e natural.

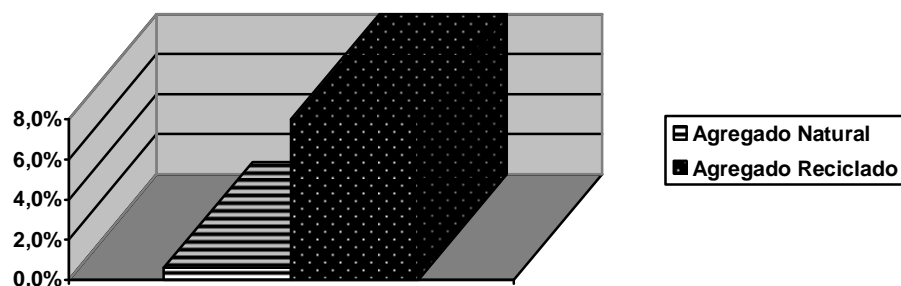


Figura 4 – Comparação da absorção dos agregados naturais e reciclados

Através dos ensaios foi possível perceber que o agregado reciclado tem uma absorção bem superior a dos agregados naturais. A determinação dessa absorção é imprescindível para que possamos saber a quantidade de água que devemos colocar na amostra antes da concretagem, pois sem ela o agregado reciclado absorveria grande parte da água de amassamento, tornando o concreto extremamente seco e pouco trabalhável. Essa água de pré-molhagem deve ser definida criteriosamente, pois o excesso de água na mistura pode diminuir a sua resistência, inviabilizando a comparação entre os concretos produzidos com agregados reciclados e os naturais. Dessa forma, a compensação de água foi de 70% e 80% taxa de absorção dos agregados.

Os resultados da composição granulométrica dos agregados estão dispostos na Tabela 3.

Tabela 3 – Granulometria dos agregados naturais e reciclados

DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA (NBR NM 248/03)		
TIPO DE AGREGADO	Dimensão máxima característica (mm)	Módulo de finura
AGREGADO MIÚDO NATURAL	4,8	2,49
AGREGADO MIÚDO RECICLADO	4,8	2,79
AGREGADO GRAÚDO NATURAL	25,0	7,77

Na Tabela 3 verificamos que o agregado miúdo reciclado apresenta uma composição granulométrica um pouco mais grossa que o agregado natural, resultando em um Módulo de Finura um pouco maior.

Na Figura 5 estão apresentadas às curvas granulométricas do agregado miúdo natural e reciclado, além dos limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo estabelecidos pela norma NBR 7211 (2005).

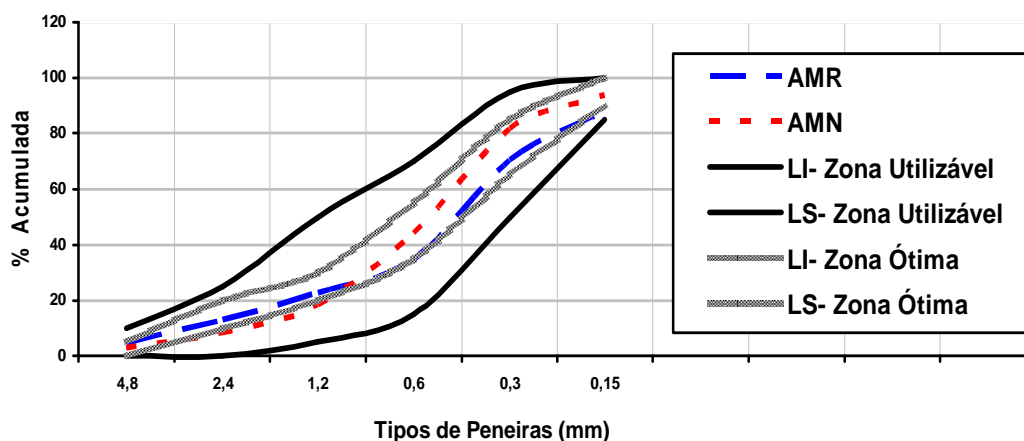


Figura 5 – Curvas de composição granulométrica

Na Figura 5 fica evidenciado que o agregado reciclado apresenta uma granulometria contínua. Aspecto favorável para produção de concretos, por permitir um melhor arranjo entre as partículas do material. Como também, que este material encontra-se na zona utilizável.

4.2 - Determinação da Consistência pelo Abatimento do Tronco de Cone

Foi fixado um abatimento do tronco de cone de (10 ± 1) cm, para todas as dosagens realizadas com o concreto em estado fresco, procurando-se obter concreto da classe C25, para verificar suas características.

Os resultados da determinação da Consistência pelo Abatimento do Tronco de Cone encontram-se na tabela 4.

4.3 - Resistências à compressão axial

Os resultados referentes às resistências à compressão (7 dias e 28 dias) dos concretos com 50% e 100% de agregado reciclado encontram-se na tabela 4.

Estes resultados apontam à potencialidade de uso do agregado reciclado.

Para a relação água/cimento 0,45 (traço 3), o melhor desempenho foi conseguido com 100% de substituição do agregado natural pelo reciclado.

Tabela 4 – Resultados dos índices de consistência pelo abatimento do tronco de cone e da resistência à compressão

Tipo de Concreto		Traço unitário em massa	Consumo de Cimento (kg/m ³)	Resistência à compressão (MPa)	
				7 dias	28 dias
Traço 1	Referência	1: 2,82: 2,91: 0,60	321	21,0	26,0
	Concreto reciclado- CR33	1: 1,89: 0,84: 2,91: 0,60	321	22,0	29,0
	Concreto reciclado- CR50	1: 1,41: 1,27: 2,58: 0,60	321	23,0	29,0
	Concreto reciclado- CR67	1: 0,84: 1,89: 2,91: 0,60	321	22,0	28,0
	Concreto reciclado- CR100	1: 2,82: 2,91: 0,60	321	23,0	27,0

CR= concreto referência

CR33= concreto com 33% de agregado miúdo reciclado

CR50= concreto com 50% de agregado miúdo reciclado

CR67= concreto com 67% de agregado miúdo reciclado

CR100= concreto com 100% de agregado miúdo reciclado

Na Tabela 4, observamos que para as misturas com relação a/c=0,60 (traço 1), os resultados da resistência à compressão dos concretos reciclados foram superiores ao do concreto de referência.

Tabela 5 – Resultados dos consumos de cimento e da resistência à compressão.

Tipo de Concreto		Traço unitário em massa	Consumo de Cimento (kg/m ³)	Resistência à compressão (MPa)	
				7 dias	28 dias
Traço 2	Referência	1: 2,24: 2,58: 0,52	370	29,0	40,0
	Concreto reciclado- CR33	1: 1,50: 0,67: 2,58: 0,52	370	31,0	46,0
	Concreto reciclado- CR50	1: 1,12: 1,03: 2,58: 0,52	370	28,0	37,0
	Concreto reciclado- CR67	1: 0,67: 1,50: 2,58: 0,52	370	30,0	37,0

	Concreto reciclado- CR100	1: 2,24: 2,58: 0,52	370	30,0	42,0
--	------------------------------	---------------------	-----	------	------

Na Tabela 5, notamos que para as misturas com relação a/c=0,52 (traço 2), os resultados da resistência à compressão dos concretos reciclados foram superiores ao do concreto de referência.

Tabela 6 – Resultados dos consumos de cimento e da resistência à compressão.

Tipo de Concreto		Traço unitário em massa	Consumo de Cimento (kg/m³)	Resistência à compressão (MPa)	
				7 dias	28 dias
Traço 3	Referência	1: 2,20: 2,32: 0,45	374	29,0	35,0
	Concreto reciclado- CR33	1: 1,49: 0,66: 2,32: 0,45	374	33,0	38,0
	Concreto reciclado- CR50	1: 1,10: 1,00: 2,32: 0,45	374	29,0	40,0
	Concreto reciclado- CR67	1: 0,66: 1,49: 2,32: 0,45	374	30,0	41,0
	Concreto reciclado- CR100	1: 2,00: 2,32: 0,45	374	29,0	45,0

Na tabela 6, verificamos que para relação a/c=0,45 (traço 3), houve um incremento de 8% a 28,5% na resistência à compressão dos concretos reciclados em relação ao concreto de referência.

AS FIGURAS (5, 6 e 7) mostram a variação da resistência aos 7 e 28 dias com os teores de substituição de 33%, 50%, 67% e 100% dos respectivos traços.

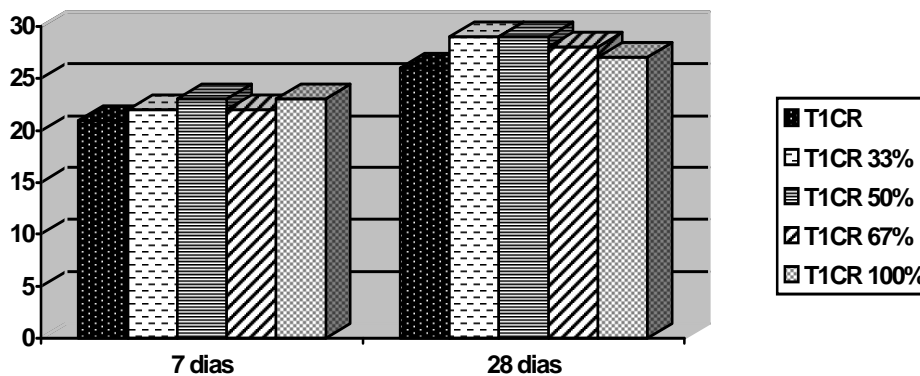


Figura 6 – Comparação entre os valores de resistência do concreto de referência (T1CR) e dos concretos reciclados (T1CR 33/ 50/ 67/ 100%)

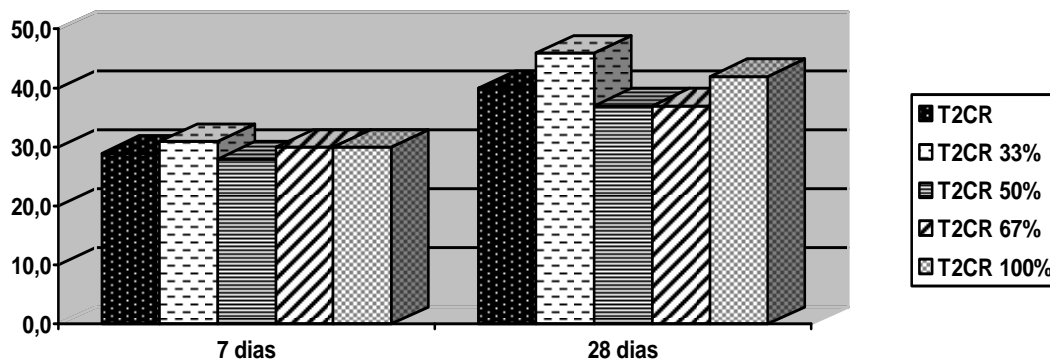


Figura 7 – Comparação entre os valores de resistência do concreto de referência (T2CR) e dos concretos reciclados (T2CR 33/ 50/ 67/ 100%)

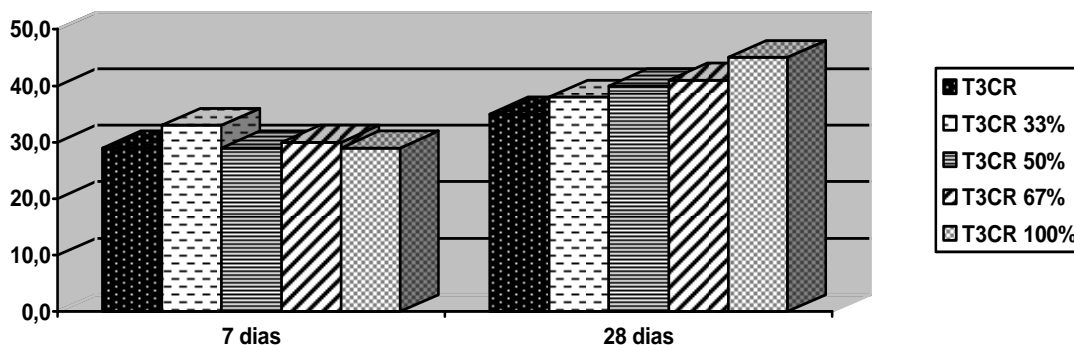


Figura 8 – Comparação entre os valores de resistência do concreto de referência (T3CR) e dos concretos reciclados (T3CR 33/ 50/ 67/ 100%)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados da pesquisa pode-se verificar que:

- Os agregados reciclados apresentam uma taxa de absorção superior aos agregados naturais. Assim, recomenda-se a pré-molhagem deste material, quando no preparo do concreto.
- Os valores da massa específica e massa unitária do agregado reciclado são inferiores aos referentes ao agregado natural.
- O agregado reciclado apresenta granulometria contínua, aspecto favorável para produção dos concretos.
- O melhor desempenho foi conseguido pelo traço com 100% de substituição do agregado natural pelo reciclado e relação água/cimento de 0,45 (traço 3) .
- Os resultados referentes ao teste de compressão axial aos sete dias e vinte oito dias dos concretos com 33%, 50%, 67% e 100% de agregado reciclado apontam à potencialidade de uso deste material.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9776**: Determinação da massa específica do agregado miúdo - Frasco de Chapman. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7251**: Agregado em estado solto. Determinação da massa unitária. Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto - especificação. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 30**: Agregado miúdo - Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 53**: Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto - Procedimento para moldagem e cura dos corpos de prova. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos - NBR 5739**. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone - NBR NM 67.** Rio de Janeiro, 1998.

BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. – CONAMA. Resolução nº. 307, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção.

CARNEIRO, A. P., BRUM, I. A.S., CASSA, J. S. S. **Reciclagem de entulho para produção de materiais de construção:** Projeto Entulho Bom. Salvador: EDUFBA, Caixa Econômica Federal, 321p, 2001.

JOHN, Vanderley M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento.** 2000. 113f. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (PCC), São Paulo, 2000.

LEVY, S. M. **Reciclagem do entulho de construção civil para utilização como agregado de argamassas e concretos.** São Paulo, 1997. 147p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

PINTO, T. P. **Gestão ambiental de resíduos da construção civil:** a experiência do Sinduscon-SP. São Paulo: Obra Limpa: I & T: Sinduscon-SP, 2005.

PINTO, T. P. **Metodologia da gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana.** São Paulo, 1999. 189p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

ZORDAN, S. E. **A utilização do entulho como agregado na confecção do concreto.** Campinas: Departamento de Saneamento e Meio Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. Dissertação (Mestrado), 1997.