

UTILIZAÇÃO DE CONCRETO COM AGREGADO RECICLADO EM ELEMENTOS NÃO ESTRUTURAIIS

THE USE OF RECYCLED CONCRETE IN NON-STRUCTURAL ELEMENTS

SEABRA, D. F.¹, CAMPOS, J. M.¹

¹ Faculdade Estácio Euro-Panamericana de Humanidades e Tecnologias – ESTÁCIO EUROPAN - SP
julyenne.mc@gmail.com

Resumo

O reaproveitamento dos resíduos gerados na construção civil tem sido uma alternativa viável para a diminuição dos impactos ambientais, podendo ser utilizado como fonte de matéria-prima dentro do próprio setor, o que constitui um desafio para o meio técnico-científico. Isso porque, para que possa ocorrer a reutilização, é necessário realizar ensaios de caracterização dos agregados, que consistem em avaliar a distribuição granulométrica, teor de pulverulento, taxa de absorção, densidade dos agregados, e analisar a reciclagem da parte mineral dos resíduos sólidos da construção civil. Assim, o presente visou avaliar a utilização deste material como agregado para confecção de concreto em elementos não estruturais, para isso sendo utilizadas diferentes proporções dos agregados reciclados (0%, 30%, 50%) para efeito comparativo. A avaliação da influência dos agregados reciclados em relação ao agregado natural pode ser verificada em consonância com a propriedade do concreto no seu estado fresco, o que consiste na densidade e trabalhabilidade do concreto, como também no seu estado endurecido que foi avaliado por meio do ensaio de resistência à compressão do concreto, do módulo de elasticidade, e da resistência à tração por compressão diametral. Os ensaios em laboratório apontaram que com o aumento da proporção do agregado reciclado ocorre a redução da trabalhabilidade do concreto no seu estado fresco, como também no módulo de elasticidade. No entanto, os resultados obtidos indicam a viabilidade na utilização dos agregados reciclados por terem alcançado resultados positivos quando comparado ao concreto referência. Do ponto de vista ambiental, essa aplicação oferece uma destinação correta aos resíduos gerados pelas obras de construção civil. Do ponto de vista econômico, reduz a necessidade de exploração de novas jazidas diminuindo o custo de máquinas, consumo de combustível e custos operacionais.

Palavras-Chave: Construção; Demolição; Agregado Reciclado; Sustentabilidade.

Abstract

The reuse of waste generated in civil construction has been a viable alternative for the reduction of environmental impacts and can be used as a source of raw material within the sector itself, which constitutes a challenge for the technical-scientific environment. This is because, in order for reuse to occur, it is necessary to carry out the characterization tests of the aggregates which consists of: particle size distribution, powder content, absorption rate, density of the aggregates, analyze the recycling of the mineral part of the solid waste of the construction. Thus, this study aimed to evaluate the use of this material as an aggregate for making concrete in non-structural elements, for which different proportions of recycled aggregates (0%, 30%, 50%) were used for comparative purposes. The evaluation of the influence of the recycled aggregates in relation to the natural aggregate can be verified in accordance with the concrete's property in its fresh state, which consists of the density and workability of the concrete, as well as in its hardened state that was evaluated through the resistance test compression of concrete, elasticity, and tensile strength by diametrical

compression. Laboratory tests pointed out that with the increase in the proportion of recycled aggregate, the workability of concrete in its fresh state was reduced, as well as in the elasticity module. However, the results obtained were viable in the use of recycled aggregates as they have achieved positive results when compared to the reference concrete. From an environmental point of view, it offers a correct destination to the waste generated by civil construction works. From an economic point of view, it reduces the need to explore new deposits by reducing the cost of machinery, fuel consumption and operating costs.

Keywords: Construction; Demolition; Recycled Aggregate; sustainability.

Introdução

Há uma preocupação com o impacto negativo causado pela geração de resíduos provenientes da construção civil e, somado a isso, a perspectiva de aumento no número de demolições têm estimulado que pesquisadores de vários países avaliem a possibilidade de reaproveitamento desses resíduos como agregados (BRASIL, 2002). Estudos mostram que a substituição dos agregados convencionais por agregados reciclados apresenta diversas vantagens, como a economia na aquisição de matéria-prima, a diminuição da poluição gerada pela produção dos agregados e a redução da pressão de exploração sobre as reservas naturais de matéria-prima do planeta, além de atribuir a destinação correta aos resíduos gerados pelas demolições (ARAÚJO *et al.*, 2016).

No Brasil, estima-se que sejam consumidos anualmente 210 milhões de toneladas de agregados somente para a produção de argamassas e concreto, devendo ainda, somar-se o volume utilizado em pavimentações e perdas (JHON, 2000).

Portanto, é essencial a criação de alternativas para a diminuição do acúmulo desses resíduos, destinando-os de forma correta e garantindo um melhor reaproveitamento, reduzindo, como resultado, os impactos ambientais negativos. Uma das soluções, que vem ganhando força entre os estudiosos do tema, é a reciclagem dos Resíduos de Construção e Demolição (RCD), e sua reutilização na construção civil como forma de matéria-prima alternativa, principalmente em regiões em que as jazidas estão cada vez mais escassas (FERREIRA, 2007).

Segundo a resolução 307 do Conselho Nacional do Meio-Ambiente-CONAMA (BRASIL, 2002), os Resíduos da 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, argamassas, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros,

plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliças ou metralhas.

Para serem reaproveitados, estes resíduos são utilizados no preparo de uma mistura, composta, basicamente, por 60% de argamassa, 30% de componentes de vedação (tijolos, blocos, cacos cerâmicos), 9% de outros materiais (concreto, pedra, areia, metálicos e plásticos) e 1% de orgânicos (LEITE, 2001; PINTO, 1999; VIEIRA, 2004). Estes, apresentam considerável variedade em sua composição, o que, em caso de seu reaproveitamento para a produção de concreto, influencia diretamente nas propriedades deste último em seu estado fresco, também podendo afetar seu funcionamento mecânico (LEITE, 2001). Em função disso, essa grande diversidade que faz parte da composição dos agregados é uma das barreiras na difusão do seu uso como matéria-prima alternativa (CABRAL *et al.*, 2009). Porém, se previamente classificados, estes resíduos podem ter aplicações até mesmo estruturais, principalmente no caso dos agregados que são provenientes de pavimentação, construção, demolição de peças pré-moldadas de concreto e reparos de edificações, classificados como classe A (BRASIL, 2002).

Em função disso, sua utilização já é consolidada em outros países, mas ainda

com pouca inserção no Brasil, apesar dos claros benefícios quanto à diminuição dos impactos ambientais negativos causados pela destinação inadequada desses resíduos (SANI *et al.*, 2005 apud CABRAL *et al.*, 2009).

Objetivos

Dessa forma, o objetivo foi analisar a influência da adição desses materiais nas propriedades físicas e mecânicas do concreto, avaliando assim a adequação dos RDC como agregado para confecção de concreto em elementos não estruturais. Assim, foi analisada a aplicabilidade da reciclagem da parte mineral dos resíduos sólidos que são produzidos pela indústria da construção civil.

Mais especificamente, os objetivos foram (1) o de analisar e entender o comportamento desse resíduo como agregado e, também, (2) avaliar a resistência e durabilidade do concreto confeccionado a partir da fração mineral do entulho reciclado, utilizando diferentes composições de traços e relações água / cimento.

Material e Métodos

A primeira etapa do procedimento experimental envolveu a coleta dos agregados reciclados, seguida da sua

caracterização, da realização dos ensaios, sendo, na sequência, realizadas a dosagem experimental e análise mecânica.

Coleta do Agregado Reciclado

O agregado de RCD foi coletado na usina da Engemix, localizada na Av. Manuel Bandeira, 540 - Vila Leopoldina, São Paulo. A Engemix utiliza RCD classe A (segundo definição da Resolução CONAMA 307/02), transformando-os em agregados como brita 1, areia e pedrisco. Nesta usina, foram coletados 100 kg do material reciclado (Fig. 1). Devido a uma possível variabilidade dos agregados produzidos diariamente, o material do presente estudo foi coletado em um único dia, visando reduzir a mesma.



Figura 1 – Amostra de RCD utilizada para a realização dos ensaios.

Preparo dos Agregados

A análise preliminar da amostra coletada não demonstrou a existência de uma grande variabilidade no material em

relação as classes de resíduos (*i.e.* material cerâmico, material plástico, isopor, madeira, entre outros). Assim, o material foi simplesmente peneirado, homogeneizado e separado, sendo em seguida armazenado em tambores plásticos. Esse procedimento foi realizado de acordo com a NBR NM 27:2001, que dispõe sobre a redução das amostras de campo para os testes em laboratório.

Caracterização dos Agregados

Os ensaios de caracterização realizados foram: (1) distribuição granulométrica do agregado reciclado, (2) módulo de finura do agregado reciclado miúdo e natural miúdo, (3) taxa de absorção, (4) massa específica e (5) teor de pulverulento. Para cada um destes ensaios foi utilizada como base uma NBR distinta, sendo a NBR 7.211:2005 para a determinação da distribuição granulométrica, assim como para o módulo de finura do agregado reciclado miúdo e natural miúdo, a NBR NM 30:2001 para a taxa de absorção do agregado reciclado miúdo, a NBR NM 53:2009 para a massa específica do agregado natural graúdo e a NBR NM 52:2009 para agregados miúdos, enquanto a NBR 15.116:2004 foi utilizada para a determinação do teor de pulverulento.

Procedimento de Ensaio

Para os ensaios, a resistência à compressão adotada (f_{ck}) foi de 10 MPa. Devido a variação na resistência do concreto no processo de confecção, foi utilizado como desvio padrão de dosagem (S_d) 4 MPa conforme a NBR 12.655:2006. Portanto, a resistência à compressão foi calculada pela Equação 1.

$$\text{Equação 1} \quad F_{cj} = f_{ck} + 1,65 \times S_d$$

onde:

F_{cj} = resistência média do concreto à compressão a j dias de idade, em MPa;

f_{ck} = resistência característica do concreto à compressão, em MPa;

S_d = desvio padrão da dosagem, em MPa.

Também, para a determinação do ideal teor de substituição a ser utilizado nos ensaios, foram preliminarmente realizadas avaliações com diferentes porcentagens destes (0%, 30% e 50%), sendo produzidas duas betonadas de 20 litros para cada teor de substituição. A proporção de substituição mais adequada, de acordo com os ensaios laboratoriais preliminares, foi a de 30%, com fator água/cimento (A/C) de 0,920 e consumo de cimento de 250 kg/m³.

Os concretos são classificados por sua consistência no estado fresco, determinada a partir do ensaio de abatimento pela ABNT NBR NM 67. Conforme a Tabela 1, para o presente estudo foi utilizado a classe de consistência S50.

Tabela 1 – Adaptação relativa à classificação de Consistência do Concreto em estado fresco de acordo com a NBR 8.953:2015. A linha assinalada em cinza aponta a classe de consistência utilizada nos ensaios laboratoriais.

Classe	Abatimento (mm)	Aplicações típicas
S10	$10 \leq A < 50$	Concreto extrusado, vibroprensado ou centrifugado
S50	$50 \leq A < 100$	Alguns tipos de pavimentos e de elementos de fundações
S100	$100 \leq A < 160$	Elementos estruturais, com lançamento convencional do Concreto
S160	$160 \leq A < 220$	Elementos estruturais com lançamento bombeado do Concreto
S220	≥ 220	Elementos estruturais esbeltos ou com alta densidade de armaduras
NOTA 1	De comum acordo entre as partes, podem ser criadas classes especiais de consistência, especificando a respectiva faixa de variação do abatimento.	
NOTA 2	Os exemplos desta Tabela são ilustrativos e não abrangem todos os tipos de aplicações.	

Os corpos de prova foram elaborados em moldes cilíndricos de 10 cm por 20 cm, conforme estabelecido na ABNT NBR 5.738:2015, sendo confeccionados seis corpos de prova (CP) por traço. Estes corpos de prova foram submetidos a cura úmida (convencional), sem a utilização de agentes (químicos) de cura.

Avaliação da Consistência pelo Abatimento do Tronco de Cone

O *slump test*, ou teste de abatimento do concreto, é o ensaio que consiste na avaliação da trabalhabilidade do concreto, regulamentado pela NBR NM 67:1998. As ferramentas necessárias para sua execução consistem em uma placa de base metálica quadrada ou retangular, uma haste de compactação e um molde tronco-cônico (Fig. 2). Foi determinado a trabalhabilidade para cada ensaio de concreto produzidos (Cref, C30% e C50%).

Absorção de Água, Índice de vazios e Massa específica

Os ensaios de absorção, massa específica e índice de vazios, se relacionam à porosidade do concreto, conforme descrito na NBR 9.778:2009. Para sua realização, aos 28 dias de cura, foram retirados três corpos de prova (CP) de cada



Figura 2 – Ferramentas utilizadas no *Slump test*.

traço que estavam submetidos a cura úmida e colocados em estufa a 105 °C por 24h. Em seguida foi medida a massa seca de cada corpo de prova. Após a medição, os corpos de prova retornaram para o tanque de cura (Fig. 3) por um período de 24h. Após este tempo, os CPs foram retirados do tanque e colocados em temperatura ambiente, após a secagem superficial foi realizado a medida de sua massa na condição saturada. O ensaio foi feito duas vezes em cada teste.



Figura 3 – Tanque para cura dos corpos de prova.

Avaliação da Resistência à Compressão Axial

Os corpos de prova foram rompidos aos sete e aos 28 dias, utilizando o método descrito na NBR 5.738:2007. Para esse rompimento foi utilizada uma prensa hidráulica modelo Q317M-12 com capacidade de 200 tf. (Fig. 4).



Figura 4 – Prensa hidráulica para rompimento de corpos de prova.

Foram rompidos nove corpos de prova, sendo três CPs para o concreto referência, três CPs para 30% de substituição e três CPs para 50% de substi-

tuição, rompidos com 7 dias e 28 dias.

Resultados e Discussão

Granulometria dos agregados: Natural x Reciclado

Para que os resultados granulométricos sejam satisfatórios a determinadas aplicações, o material reciclado precisa atender a algumas exigências nesse critério, além das exigências de estabilidade e durabilidade. O agregado reciclado não pode apresentar reações com o cimento que possa causar danos às armaduras, devendo possuir forma e granulometria satisfatória para a confecção do concreto (HANSEN, 1992). Dessa forma, os resultados obtidos apresentam-se em consonância com a NBR 7.211:2009, que determina que a zona utilizável de distribuição granulométrica varia de 1,55 a 2,20 para o limite inferior e para o limite superior essa variação é de 2,90 a 3,50 (Tab. 2).

Tabela 2 – Caracterização granulométrica comparada para Agregado Natural e Reciclado, Miúdo e Graúdo.

Tipo de Amostra Avaliada	Dimensão máxima (mm)	Módulo de finura
Agregado natural miúdo	0,6	0,85
Agregado reciclado miúdo	0,6	3,01
Agregado natural graúdo	0,6	6,94
Agregado reciclado graúdo	0,6	5,72

Material Pulverulento

O material pulverulento dos agregados passantes na peneira de 75 µm permaneceram dentro do limite estabelecido pela NBR 7.211:2009, que variam de 5 para a zona ótima e 10 para a zona utilizável (Tab. 3). Os ensaios realizados com o agregado reciclado demonstraram também que este se encontra dentro do limite especificado na NBR 15.116:2004, que corresponde a 20% de material pulverulento. Independente disso, nenhum dado decisivo sobre a influência destes materiais nas propriedades do concreto foi identificado na literatura nacional sobre agregados reciclados.

Tabela 3 – Determinação do teor de material pulverulento. Para os diferentes tipos de agregados testados (AN = Agregado natural, AR = Agregado Reciclado).

	Teor Pulverulento	Média
AN	11,5%	
Miúdo 1		11,3%
AN	11,10%	
Miúdo 2		
AN	0,96%	
Graúdo 1		0,81%
AN	0,66%	
Graúdo 2		
AR	19,60%	
Miúdo 1		19,7%
AR	19,80%	
Miúdo 2		

Massa Específica e Massa Unitária

Os ensaios para a determinação da massa específica e massa unitária foram realizados de acordo com a NBR NM 52:2002, que consiste na relação entre a massa do agregado seco e seu volume, excluindo os poros permeáveis. Os resultados das massas específicas foram 2,54g/cm³ para o agregado miúdo natural, 2,33g/cm³ para o agregado miúdo reciclado e para o agregado graúdo natural a massa específica foi de 2,70g/cm³. Bazuco (1999) observou que os agregados oriundos de demolição apresentam massas específicas de 5 a 10 % mais baixas que os valores dos agregados naturais, podendo este intervalo variar um pouco, conforme a origem e granulometria dos materiais. Os resultados dos ensaios apresentaram massa específica 8,26%, menor quando comparado ao agregado natural, ficando dentro do limite encontrado por Bazuco (1999). Devido à baixa densidade e resistência do agregado reciclado, este pode influenciar a resistência à compressão a medida que a proporção do agregado reciclado aumenta no traço do concreto. Esses resultados também foram observados por (LEITE, 2001).

Absorção de Água do Agregado Reciclado

O teor de absorção do agregado reciclado ficou em 12,45%, sendo o limite

máximo estabelecido pela NBR 15.116:2004 de 17%. Os concretos que são produzidos com agregados reciclados denotam maior taxa de absorção de água e aumento no índice de vazios em relação aos concretos produzidos com agregados convencionais, com valores geralmente entre 12% e 17% (HANSEN, 1992). Esse aspecto ocorre devido ao aumento da relação água/cimento (A/C), diminuição da densidade e composição dos agregados reciclados (CARRIJO, 2005; LOVATO, 2007; TENÓRIO, 2007; EVANGELISTA & BRITO, 2010).

Propriedades dos Concretos

Consistência pelo abatimento do tronco de cone

Foi verificado através do ensaio de abatimento do tronco de cone que, aumentando a proporção de substituição do

agregado reciclado ocorreu a diminuição no abatimento do concreto em 28,57% para o C30%, quando comparado ao concreto referência (0%) (Tab. 4). Esse comportamento também foi observado pelos ensaios realizados por García-González (2014). Já com a substituição de C50% essa redução aumentou para 46,6%. Porém, mesmo com essa redução, o *slump* se enquadra dentro da classe de consistência S50 que é estabelecido pela ABNT NBR NM 67.

Avaliação da Absorção de Água, Índice de Vazios e Massa Específica

Os agregados convencionais apresentam taxas de absorção que exercem pouco tipo de influência na mistura do concreto por apresentarem pouco ou nenhuma porosidade. Porém, com a utilização do agregado reciclado, os valores de absorção são bem mais altos que para os

Tabela 4. Resultados obtidos para parte das propriedades do Concreto analisadas.

	Cref	C30%	C50%
Abatimento do Tronco de cone obtido	7,5 cm	5,0 cm	4,0 cm
Absorção de água	5,61%	7,97%	8,74%
Índice de Vazios	12,49%	16,86%	18,20%
Massa específica real	2,54 g/cm ³	2,54 g/cm ³	2,55 g/cm ³
Massa específica seca	2,23 g/cm ³	2,12 g/cm ³	2,08 g/cm ³
Massa específica saturada	2,35 g/cm ³	2,28 g/cm ³	2,26 g/cm ³

agregados convencionais, geralmente utilizados (BAZUCO, 1999). Os resultados observados apresentaram uma taxa de absorção do agregado reciclado 12,45% maior em relação ao concreto referência (Tab. 4), mas ainda dentro do limite máximo de 17% estabelecido pela NBR 15.116:2004. Ao comparar os resultados com o concreto referência, esse aumento para as amostras analisadas foi de 42% e 55% para os concretos com substituição C30% e C50% respectivamente, demonstrando que a taxa de absorção aumentou com o aumento da porcentagem de substituição dos agregados reciclados.

Quanto maior a adição do agregado reciclado maior é a porcentagem de vazios do concreto, dessa forma o concreto com substituição C30% apresenta 35% mais vazios comparado ao concreto referência, e para C50% de substituição o aumento de vazios chega a 46%. Esses resultados também foram observados por Tenório (2012) que analisou a tendência do aumento no número de vazios com o aumento da substituição do agregado natural pelo agregado reciclado.

Resistência à Compressão Axial

O ensaio de compressão axial do concreto com idade de 7 dias apresentou redução de 11% na resistência para a taxa

de proporção C30% em comparação ao concreto referência (Fig. 5). Já o concreto com substituição C50% apresentou uma redução de 6,95% na mesma comparação.

Após os 28 dias de cura úmida do concreto, o concreto com 30% de substituição apresentou aproximadamente 5,68% menor comparado ao concreto referência (Fig. 5). Analisando o concreto com substituição de 50%, o resultado foi 3,78% menor em relação ao concreto referência. Comparando os resultados dos concretos com 30% e 50% de substituição, é possível observar que à medida que aumenta o teor de substituição não houve grande diferença nas resistências, ponto identificado também na literatura (LEITE, 2001; VIEIRA, 2003).

Porém, a redução na resistência à compressão axial observada aos 7 e 28 dias comparada ao concreto referência foi observada também por Leite (2001). Segundo este, a tendência na diminuição desta propriedade à medida que a proporção de agregado reciclado aumentava foi atribuída ao próprio grão do agregado, devido a sua baixa densidade e resistência.

O que pode ter contribuído para o maior ganho de resistência à compressão com substituição C50%, é a possibilidade da água absorvida pelos agregados reciclados ter se tornado disponível com o passar do

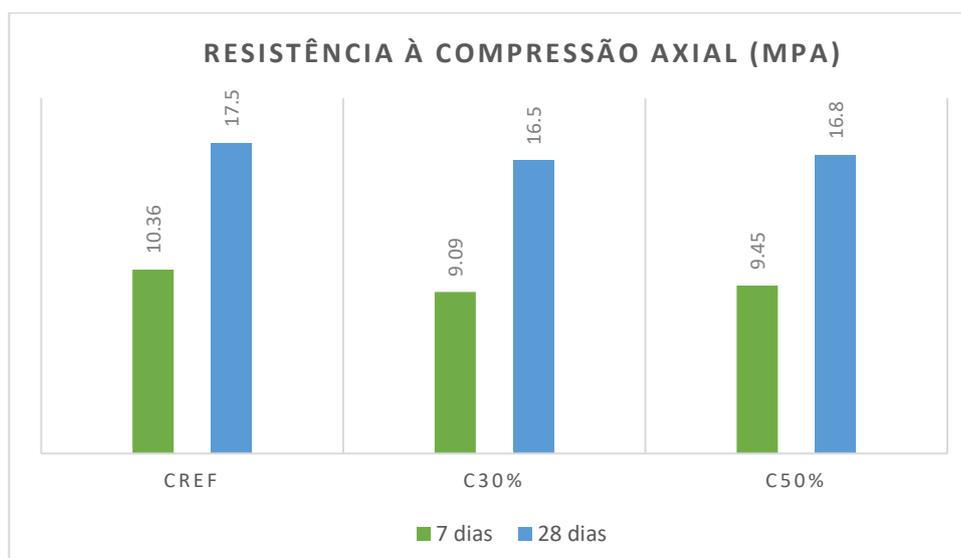


Figura 5 – Média da Resistências à Compressão Axial do concreto aos 7 e aos 28 dias. (Cref= concreto referência; C30%= substituição de 30%; C50%= substituição de 50%).

tempo na mistura. Contudo, é provável a hidratação de partículas do cimento que não foram hidratadas (CABRAL, 2007).

Resistência à tração por compressão diametral

Aos 28 dias, o concreto com substituição de C30% apresentou resistência à tração por compressão diametral 14% menor que o concreto referência. Bazuco (1999) evidencia no seu estudo que quando se utiliza agregado reciclado para a confecção do concreto, tal propriedade apresenta redução de 10 a 20%, concordando com os resultados obtidos (Fig. 6). A taxa de substituição de C30% apresentou resistência à tração por

compressão diametral menor aos 28 dias em relação ao C50% (Fig. 6). Elevando a taxa de substituição para C50%, a resistência ficou muito próxima ao concreto referência. O estudo realizado por Leite e Mollin (2002) explica que os agregados reciclados podem trazer um acréscimo tanto na resistência à compressão, quanto na resistência à tração do concreto, e esse efeito os autores atribuíram à atividade pozolânica da fração miúda do agregado reciclado.

Módulo de elasticidade estático

Após os 28 dias de cura, o módulo de elasticidade do C30% foi aproximadamente 26% menor em relação ao concreto referência (Fig. 7). Com a substituição de C50% o resultado do módu-

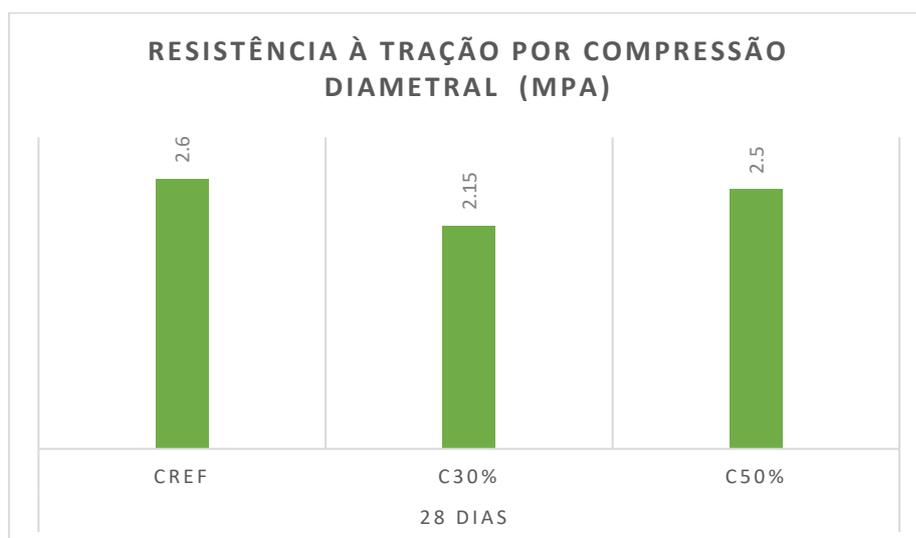


Figura 6 – Média da Resistências à Tração por Compressão Diametral do concreto aos 28 dias. (Cref= concreto referência; C30%= teor de substituição de 30%; C50%= teor de substituição de 50%).

módulo de elasticidade foi aproximadamente 34% menor em comparação ao Cref. Vários autores (e.g. Leite, 2001; Levy, 2001; Gómez-Soberón, 2002) demonstraram a diminuição no módulo de deformação do concreto quando

há o acréscimo na taxa de substituição do agregado reciclado. Os principais fatores que os autores atribuem na diminuição do módulo de deformação são: relação água/cimento e o teor de substituição do agregado miúdo.

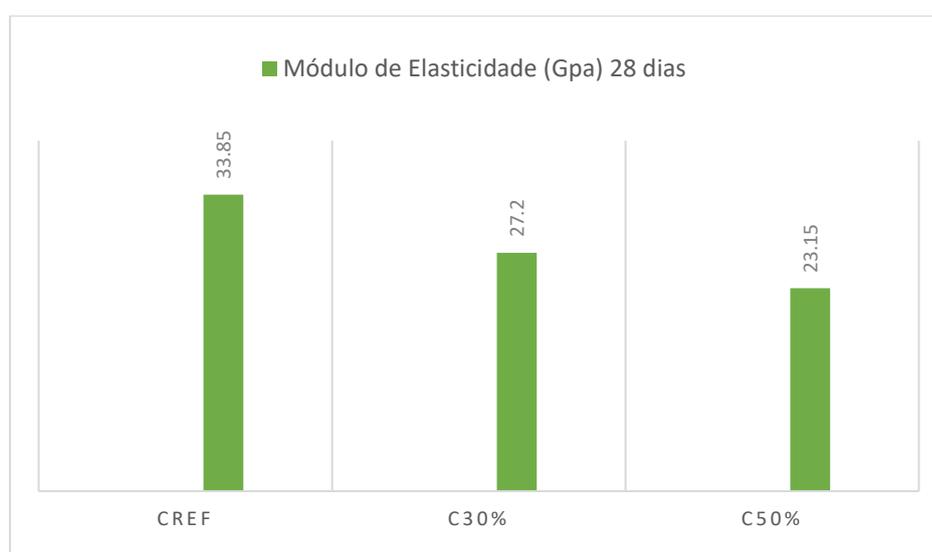


Figura 7 – Médias dos resultados do módulo de elasticidade do concreto aos 28 dias. (Cref = concreto referência; C30% = substituição de 30%; C50% = substituição de 50%)

Conclusão

Os testes com os corpos de provas indicaram, primeiramente, que o agregado miúdo reciclado permaneceu na zona utilizável quanto a distribuição granulométrica. Por outro lado, quanto maior a substituição do agregado reciclado, maior foi o índice de vazios em relação ao concreto referência.

Ao analisar a influência dos agregados reciclados sobre a resistência, foi possível verificar uma tendência na diminuição desta propriedade à medida que a proporção do agregado reciclado aumentava, e esse fato foi atribuído ao próprio grão do agregado, devido a sua baixa densidade e resistência. Por outro lado, a presença do agregado reciclado, devido a sua diversidade, e porosidade causou diminuição no módulo de elasticidade do concreto, ocorrendo também a redução na trabalhabilidade do concreto.

Com isso conclui-se que a utilização de agregado reciclado de RCD é uma alternativa sustentável que pode ser incorporada com o intuito de reduzir os impactos ambientais negativos causados pela forma incorreta na destinação desses resíduos. Além disso, outro benefício se refere a redução da necessidade de exploração de novas jazidas, diminuindo o

custo de máquinas, consumo de combustível e custos operacionais.

Referências Bibliográficas

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12.655**: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento, Rio de Janeiro, 2006.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15.116**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural, Rio de Janeiro, 2004.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5.738**: moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto. Rio de Janeiro, 2015.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7.211**: Agregados para concreto – Especificação, Rio de Janeiro (2009).
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9.778**: Argamassa e concreto endurecidos: Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica, Rio de Janeiro, 2009.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR NM 27**: Agregados: Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório, Rio de Janeiro, 2001.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR NM 30**: Agregado Miúdo - Determinação da Absorção de Água, Rio de Janeiro, 2001.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR NM 52**: Agregado miúdo: Determinação da massa específica e massa específica aparente, Rio de Janeiro, 2009.

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR NM 53**: Agregado graúdo: Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água, Rio de Janeiro, 2009.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR NM 67**: Concreto: Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, Rio de Janeiro, 1998.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR NM 67**: Concreto: Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, Rio de Janeiro, 1998.
- BAZUCO, R. S. **Utilização de agregados reciclados de concreto para a produção de novos concretos**. Dissertação M.Sc., Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama. **Resolução nº. 307** - Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, Brasília, 2002.
- CABRAL, A. E. B. **Modelagem de Propriedades Mecânicas e de Durabilidade de Concretos Produzidos Com Agregados Reciclados, Considerando-se a Variabilidade da Composição do RCD**. São Carlos, 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2007.
- CABRAL, A. E. B.; SCHALCH, V.; DAL MOLIN, D. C. C.; RIBEIRO, J. L. D.; RAVINDRARAJAH, R. S. Desempenho de concretos com agregados reciclados de cerâmica vermelha. **Cerâmica**. v. 55, p. 448-460, 2009.
- CARRIJO, P. M. **Análise da Influência da Massa Específica de Agregados Graúdos Provenientes de Resíduos da Construção e Demolição no Desempenho Mecânico do Concreto**. São Paulo, 2005. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- EVANGELISTA, L., BRITO, J. Durability Performance of Concrete Made With Fine Recycled Concrete Aggregates. **Cement and Concrete Composites**, v. 32, n. 1, pp. 9-14, jan 2010.
- FERREIRA, L. M. M. **Betões Estruturais Com Incorporação de Agregados Grossos Reciclados de Betão**: influência da pré-saturação. Lisboa, 2007. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2007.
- GARCÍA-GONZÁLEZ, J., RODRÍGUEZ-ROBLES, D., JUAN-VALDÉS, A., et al., “Pre-Saturation Technique of the Recycled Aggregates: Solution to the Water Absorption Drawback in the Recycled Concrete Manufacture”, **Materials**, v. 7, pp. 6224-6236, 2014.
- GÓMEZ-SOBERÓN, J. M. V. Porosity of recycled concrete with substitution of recycled concrete aggregate: an experimental study. **Cement and Concrete Research**, Vol. 32, p. 1301, 2002.
- HANSEN, T. C. **Recycling of Demolished Concrete and Masonry**. London: Taylor & Francis Group, 1992.
- JOHN, V. M. **Reciclagem de Resíduos na Construção Civil**: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. São Paulo, 2000. 113 f. Tese (Livre-docência) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- LEITE, M. B. **Avaliação de Propriedades Mecânicas de Concretos Produzidos Com Agregados Reciclados de Resíduos da Construção e Demolição**.

- Porto Alegre, 2001. 290 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Porto Alegre, 2001.
- LEVY, S. M. **Contribuição ao Estudo da Durabilidade de Concretos, Produzidos Com Resíduos de Concreto e Argamassa.** São Paulo, 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- PINTO, T. P. **Metodologia para gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana.** São Paulo, SP, 1999. 203 f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- SANI, D.; MORICONI, G.; FAVA, G.; CORINALDESI, V. Leaching and mechanical behavior of concrete manufactured with recycled aggregates. **Waste Management**, v. 25, p. 177-182, 2005.
- TENÓRIO, J. J. L. **Avaliação das Propriedades do Concreto Com Agregados Reciclados de Resíduos da Construção e Demolição Visando Aplicações Estruturais.** Maceió, 2007. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2007.
- TENÓRIO, J. J. L., GOMES, P. C. C., RODRIGUES, C. C., ALENCAR, T. F. F., Concrete produced with recycled aggregates. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 5, n. 5, pp. 692-701, Out. 2012.
- VIEIRA, G. L. **Estudo do processo de corrosão sob a ação de íons cloreto em concretos obtidos a partir de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição.** Porto Alegre-RS, 2003. 151 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- VIEIRA, G.L., MOLIN, D.C.C., LIMA, F.B., Resistência e de durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados provenientes de resíduos de construção e demolição. **Revista Engenharia Civil**, Portugal, v. 8, pp. 5-18, 2004.