

**Evento:** XXV Seminário de Iniciação Científica

**INFLUÊNCIA DO TEMPO DE CURA NAS PROPRIEDADES DE CONCRETOS  
PRODUZIDOS COM RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL<sup>1</sup>  
INFLUENCE OF CURE TIME ON CONCRETE PROPERTIES PRODUCED  
WITH WASTE FROM CIVIL CONSTRUCTION**

**Gabriela Da Silva Da Costa Bressam<sup>2</sup>, Diego Menegusso Pires<sup>3</sup>, Felipe  
Dalla Nora Soares<sup>4</sup>, Thainá Yasmin Dessuy<sup>5</sup>, Lucas Fernando Krug<sup>6</sup>**

<sup>1</sup> Pesquisa institucional desenvolvida no Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, pertencente ao grupo de pesquisa Utilização de Resíduos de Construções e Demolições (RCD), Resíduos e Rejeitos Industriais, e Materiais Alternativos na Produção de Concretos e Argamassas;

<sup>2</sup> Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, bolsista PET/UNIJUI, gah.bressam@gmail.com

<sup>3</sup> Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, não-bolsista PET/UNIJUI, diego.mss@gmail.com

<sup>4</sup> Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, bolsista PET/UNIJUI, felipe-dallanora@hotmail.com

<sup>5</sup> Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, thaiydessuy@hotmail.com

<sup>6</sup> Professor Mestre do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Orientador, lucas.krug@unijui.edu.br

## **INTRODUÇÃO**

As atividades da construção são um dos principais geradores de resíduos no mundo, podendo atingir até 45% do volume total produzido, além um dos maiores responsáveis pelo esgotamento dos recursos naturais não renováveis (ORTIZ *et all*, 2009). Para tanto, é crucial desenvolver alternativas sustentáveis a fim de reintegrar esses resíduos em processos construtivos. Nesse sentido, desenvolveu-se vários estudos sobre o potencial de resíduos reciclados e reutilizados de construção e demolição (RAO *et all*, 2007).

Conforme Mehta e Monteiro (2008), o tempo de cura do concreto influencia diretamente em suas propriedades mecânica e durabilidade. Desta forma, quanto maior for o tempo de cura, ou seja, quanto mais a água do concreto for impedida de sair, melhores serão as características deste em relação à resistência, à agressividade do meio ambiente, entre outras. Isto se dá pois a idade é um dos principais fatores que influenciam a penetração dos cloretos no concreto. Assim, conforme a hidratação vai evoluindo, a porosidade diminui gradativamente e os vazios vão sendo preenchidos pelos compostos, que se formam no decorrer do tempo.

Diferentemente do processo convencional, o agregado reciclado modifica a relação água/cimento da mistura, reduzindo assim a quantidade de água usada à hidratação da pasta de cimento. Além disso, sabe-se que este material apresenta maior porosidade, o que influencia significativamente no desempenho do concreto sob diferentes condições ambientais de umidade e temperatura, além de reduzir a rigidez da matriz de concreto, levando a uma menor restrição das deformações causadas pela hidratação do cimento (CARRIJO, 2005). O mesmo autor aponta que no concreto

**Evento:** XXV Seminário de Iniciação Científica

produzido com agregado reciclado há expressiva influência quanto à resistência a compressão, isso pode ser explicado devido à presença de partículas correspondentes às fases mais porosas e de menor resistência mecânica, tais como as argamassas e os produtos cerâmicos presentes na composição dos agregados de RCC.

Em vista da importância dessa investigação, uma vez que os resultados acrescentarão parâmetros as pesquisas, objetiva-se desenvolver o conhecimento das propriedades do concreto com substituição por resíduos de construção civil, analisando o comportamento da resistência à compressão em diferentes idades de hidratação, determinando assim seu alcance de aplicação. Dessa forma, será possível implantar os resíduos reciclados no mercado, reduzindo então o uso desnecessário de recursos naturais importantes e os custos ambientais para remoção de despejo, comprovando assim a viabilidade sustentável deste material.

## **METODOLOGIA**

A metodologia experimental adotada consiste na análise das propriedades dos agregados, ao qual divide-se em caracterização do aglomerante pelo ensaio do Frasco de *Le Chatelier*, massa específica pelo ensaio do Frasco de *Chapman*, massa específica solta e compactada e granulometria para o módulo de finura e diâmetro máximo, executados conforme a normatização.

De acordo com os resultados obtidos houve prosseguimento com o estudo de dosagem, onde definiram-se os traços tanto para o concreto referência conforme método ABCP quanto para as substituições dos agregados naturais pelos agregados reciclados nas porcentagens de 10%, 20%, 30%, 40%, 50% e 60%. Então foram produzidos os concretos nas porcentagens supracitadas, sendo substituído o agregado graúdo natural (brita) pelo resíduo de concreto graúdo e o agregado miúdo natural (areia) pelo pó de concreto reciclado. Devido ao alto teor de absorção do agregado reciclado, percebe-se que não há como padronizar a relação água/cimento para as porcentagens adotadas, para tanto optou-se por equiparar a altura do abatimento do tronco de cone em 110 mm e assim definir o traço com a relação a/c própria para cada substituição. A fim de comprovar a influência que o tempo de cura impõe ao concreto, foi realizado o ensaio de resistência à compressão conforme a NBR 5739/2007, tendo em vista comparar o desempenho mecânico de cada traço em diferentes idades, sendo elas 7, 28, 56 e 91 dias.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

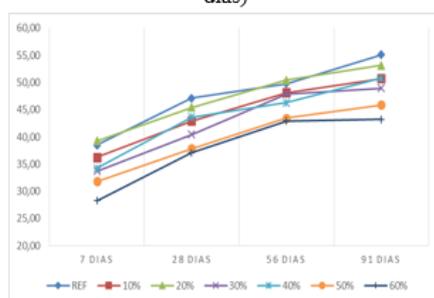
Com base nos resultados obtidos através do ensaio de resistência à compressão, para os corpos de prova produzidos com substituição do agregado miúdo, foi analisada a média da resistência adquirida nas idades de 7, 28, 56 e 91 dias, e apresentadas na Figura 1. Verifica-se, através da mesma figura, que a resistência à compressão dos concretos produzidos aumenta com a elevação da idade. Isto ocorre porque a hidratação das partículas de cimento continua ocorrendo, reduzindo o volume de poros grandes na pasta de cimento hidratada (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Ao examinar o comportamento dos traçados de cada gráfico, percebe-se que de forma gradativa,

**Evento:** XXV Seminário de Iniciação Científica

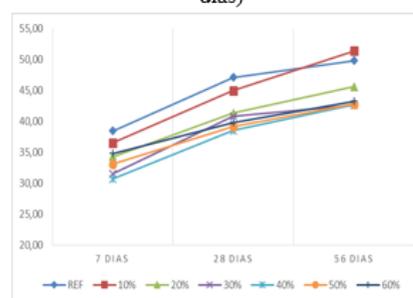
os valores das resistências à compressão dos concretos sofreram reduções, na medida em que os teores de substituição do agregado natural por agregado reciclado foram aumentados. Verifica-se quanto ao agregado miúdo que as resistências máximas desenvolvidas são provenientes do concreto referência, seguida pelo traçado de 20%, o qual apresentou melhores resultados entre os concretos produzidos com esse agregado.

**Figura 1 – Resistência à compressão simples com agregado miúdo reciclado (7, 28, 56 e 91 dias)**



Fonte: Autoria própria

**Figura 2 – Resistência à compressão simples com agregado graúdo reciclado (7, 28 e 56 dias)**



Fonte: Autoria própria

Quanto aos resultados médios provenientes do concreto produzido com agregado graúdo, foram analisadas somente as idades de 7, 28 e 56 dias e apresentadas na Figura 2. Há uma particularidade encontrada no traçado referente aos 10%, onde podemos citar como causa possível, um efeito de empacotamento, ou seja, melhor arranjo físico entre os agregados com menor quantidade de vazios. Entretanto, como ainda não foram rompidos os corpos de prova provenientes aos 91 dias, estima-se que o comportamento dos traçados de cada teor de substituição equiparese aos dos apresentados pelo agregado miúdo reciclado.

De acordo com os dados apresentados pela Tabela 1, observa-se ainda que o intervalo entre os 56 e 91 dias apresentou os menores percentuais adquiridos, com exceção do referência e do 40%. Provavelmente para idades maiores a tendência é a estabilização das resistências de cada traço, para tanto é imprescindível a continuação dos estudos para comprovação dessa teoria. Isso demonstra a propensão à rápida ascensão da hidratação do concreto com agregado reciclado, que possivelmente resulta da maior taxa de absorção do agregado, que diminui a quantidade de água da mistura, fazendo com que os cristais formados cresçam menos, tornando a pasta mais densa.

**Tabela 1 – Percentual de ganho de resistência nos concretos com agregado reciclado**

PERCENTUAL DE RESISTÊNCIA ADQUIRIDO - MIÚDO								PERCENTUAL DE RESISTÊNCIA ADQUIRIDO - GRAÚDO							
DIAS	Referência	10%	20%	30%	40%	50%	60%	DIAS	Referência	10%	20%	30%	40%	50%	60%
até os 7 dias (%)	38,48	36,24	39,25	33,69	34,24	31,82	28,24	até os 7 dias (%)	38,48	36,54	34,30	31,56	30,72	33,08	34,82
7 à 28 dias (%)	22,43	18,35	15,74	20,11	27,40	18,94	31,27	7 à 28 dias (%)	22,43	23,04	20,50	29,30	25,33	18,25	14,27
28 à 56 dias (%)	5,71	12,26	10,98	18,34	6,10	14,87	15,80	28 à 56 dias (%)	5,71	14,24	10,33	4,48	10,82	9,37	8,64
56 à 91 dias (%)	10,63	5,37	5,45	2,21	9,70	5,50	0,73								

**Evento:** XXV Seminário de Iniciação Científica

Fonte: Autoria própria

Da mesma forma como ocorre no agregado miúdo, o percentual de ganho de resistência tende a diminuir conforme o tempo de cura aumenta, podendo desenvolver um acréscimo total de até 50% da resistência inicial, estimando um comportamento similar ao agregado miúdo, conforme demonstra a Tabela 1. Deste modo comprova-se o fundamento descrito por Mehta e Monteiro (2008), quando referem-se ao tempo de cura suficiente à hidratação dos materiais cimentícios do concreto, tendo significativa importância nas propriedades mecânicas do concreto. Ainda verifica-se que após os 28 dias de cura úmida, o concreto produzido com agregado reciclado miúdo adquiriu cerca de 17,89% de resistência, enquanto que o produzido com agregado reciclado graúdo desenvolveu cerca de 10,60% de resistência entre os 28 e 56 dias. É possível supor que a alta absorção do agregado reciclado pode contribuir para que haja um efeito de cura interna tardia no corpo de prova, pois essa resistência apresentada demonstra que existe um possível efeito retardado de hidratação no concreto com agregado reciclado.

Tabela 2 - Relação água/cimento aos agregados miúdo e graúdo

RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO													
AGREGADO MIÚDO							AGREGADO GRAÚDO						
REFERÊNCIA	10%	20%	30%	40%	50%	60%	REFERÊNCIA	10%	20%	30%	40%	50%	60%
0,469	0,484	0,477	0,524	0,515	0,539	0,567	0,469	0,467	0,483	0,495	0,508	0,527	0,528

Fonte: Autoria própria

Na Tabela 2, é possível analisar a relação a/c referente a cada traço de substituição, tanto para o agregado miúdo quanto ao graúdo, devido ao critério adotado de padronização à trabalhabilidade determinando uma altura de abatimento de tronco de cone de 110 mm. Devido a porosidade do agregado reciclado e aos seus materiais constituintes, à medida que aumentou-se a quantidade de material substituído, houve crescimento da quantidade de água necessária à atingir o abatimento estipulado. Por consequência, esse acréscimo de água ocasionou a redução da resistência do concreto, totalizando no caso da substituição de 60%, que apresentou maior relação a/c, uma redução de aproximadamente 21,30% para o agregado miúdo e 15,60% para o agregado graúdo aos 28 dias. Deste modo, verifica-se que ao utilizar como parâmetro de controle das misturas a trabalhabilidade medida pelo abatimento do tronco de cone, o aumento da relação a/c das misturas de concreto reciclado ocasiona à redução da resistência à compressão dos mesmos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar os resultados de resistência à compressão simples, primeiramente comprova-se a possibilidade de utilização deste material na produção de concretos, pois percebe-se que o concreto com 20% de substituição parcial do agregado miúdo, equiparou-se com o concreto referência, superando-o nas idades de 7 e 56 dias. No caso do agregado graúdo, a substituição de 10% destacou-se, excedendo a resistência atingida pelo referência aos 56 dias. Verificando-se as idades de hidratação de cada corpo de prova referente aos diferentes teores de substituição,

**Evento:** XXV Seminário de Iniciação Científica

salienta-se a tendência de melhoramento das propriedades mecânicas, principalmente a resistência à compressão, com destaque no agregado reciclado miúdo, que por sua granulometria ser constituída de finos, quando submetida a mais tempo em processo de cura úmida, permite a redução dos vazios incorporados a pasta do concreto, ao passo que a hidratação dos compostos cimentícios proporciona o preenchimento dos mesmos.

Quanto a relação água/cimento, pode-se concluir que o simples aumento da quantidade de água das misturas para tornar o abatimento do concreto reciclado igual à do concreto de referência pode ser um importante fator de redução das resistências. Portanto, a fim de atingir a resistência à compressão máxima possível em cada traço, torna-se necessário aprofundar os estudos de modo a encontrar a quantidade ótima de água, considerando a propriedade de trabalhabilidade do concreto. Portanto, o aperfeiçoamento dos estudos quanto a práticas sustentáveis, precisamente ao reaproveitamento dos resíduos da construção civil são imprescindíveis, de forma a efetivar a normalização deste como material apto ao uso em edificações.

#### **PALAVRAS-CHAVE**

Reutilização de resíduos; sustentabilidade; engenharia civil;

#### **KEYWORDS**

Reuse of waste; sustainability; civil engineering;

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

CARRIJO, P. M. **Análise da influência da massa específica de agregados graúdos provenientes de resíduos de construção e demolição no desempenho mecânico do concreto.** São Paulo, 2005. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. 129 p.

MEHTA, P.; MONTEIRO, P. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais.** 3ª Ed. São Paulo: IBRACON, 2008, 61-65.

ORTIZ, O.; CASTELLS, F.; SONNEMANN, G. **Sustainability in the construction industry: A review of recent developments based on LCA.** *Construction and Building Materials*, Volume 23, Issue 1, January 2009, pp. 28-39.

RAO, A. K.; JHA, N.; MISRA, S. **Use of aggregates from recycled construction and demolition waste in concrete.** *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 50, Issue 1, March 2007, pp. 71-81.