

# **Análise da Viabilidade Técnica de Utilização de Resíduos de Concreto Oriundos da Pré-Fabricação como Agregado Graúdo para a Produção de Novos Concretos**

**GONÇALVES, Micheli Silveira**

Eng. Química Micheli Gonçalves, Mestrando em Engenharia, PPGEC-UNISINOS. Av. Unisinos, 950 CEP 93.022-000 Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo/RS.

E-mail: micheligoncalves@yahoo.com.br

## **Resumo**

A preocupação com o meio ambiente e a escassez de recursos naturais tem levado à busca por alternativas de crescimento mais sustentáveis por parte de todos os segmentos da sociedade. Dentro desta corrida pelo bem estar ambiental, a reciclagem de resíduos tem se mostrado uma boa alternativa na redução do impacto causado pelo consumo desordenado de matéria-prima e pela redução das áreas de disposição, em virtude do grande volume de resíduos descartados a cada ano em todo mundo. Neste contexto estão inseridos os resíduos da construção civil, foco deste trabalho, o qual tem como objetivo o estudo da influência da utilização de agregados reciclados de concreto para a produção de novos concretos e à verificação da potencialidade de reciclagem dos resíduos gerados por indústria de pré-fabricados em concreto localizada no município de Porto Alegre. Para as novas matrizes de concreto foram confeccionados três traços, com os dois resíduos gerados em maior quantidade pela indústria, sendo realizada a substituição do agregado graúdo natural pelo reciclado de concreto na quantidade de 50% em volume. Utilizou-se água de compensação na confecção dos concretos com agregado reciclado devido as diferentes absorções de água. Nestes novos concretos foi verificada a influência do agregado reciclado sobre as propriedades mecânicas (resistência à compressão e à tração) e propriedade de durabilidade (absorção de água). Concluindo-se que os concretos confeccionados com ARCs, oriundos do processo de cura convencional, apresentam acréscimo nas propriedades de resistência à compressão e à tração, enquanto os oriundos do processo de cura térmica, decréscimo quando comparados à referência. Já para a propriedade de absorção de água, verifica-se um aumento para os dois tipos de ARCs, quando comparados à referência, não sendo este aumento significativo em escala real.

## **Abstract**

The concern about the environment and the lack of natural resources has led all segments of society to the search for more sustainable alternatives of growth. In this run for environmental welfare, the recycling of material waste seems to be a good alternative for the reduction of the impact caused by the messy consumption of raw material and the reduction of provision areas, by virtue of the great amount of discarded waste every year in the world. In this context is inserted the waste coming from civil construction, the focus of this work, which aims to study the influence of the use of recycled concrete aggregate for the production of new concrete and also the verification of the recycling potential of the waste generated by the industry of precast concrete located in the city of Porto Alegre. For the two new concrete matrixes were manufactured three traces, with the two waste materials generated in most part by the industry, having the replacement of the natural coarse aggregate been done with the recycled concrete in the volume of 50%.

Compensation water was used in the making of concrete with recycled aggregate due to different levels of water absorption. In this new concrete was checked the influence of the recycled aggregate over the mechanical properties (compressive strength and tensile strength) and durability property (water absorption). It can be concluded that the concrete manufactured with RCA's (recycled concrete aggregate) coming from the conventional cure process show increase in the properties of resistance to compression and to traction, while the ones coming from the process of thermal cure show decrease when compared to the reference. As for the property of water absorption, there is an increase for both kinds of RCA's when compared to the reference, not constituting a significant increase in real scale.

### **1. Introdução**

Na história do desenvolvimento humano, a visão do progresso confundia-se com o crescente domínio e transformação da natureza. Neste contexto, os recursos naturais eram considerados ilimitados, sendo a preservação da natureza vista como antagônica ao desenvolvimento. Os primeiros sinais de que esta era uma visão equivocada foram às considerações a respeito da poluição do ar e da água, o que levou à geração do conceito de controle ambiental e o estabelecimento de legislação limitando a geração de poluentes.

No modelo produtivo atual, os resíduos sempre são gerados seja na produção de bens de consumo duráveis ou não duráveis. Neste modelo a produção quase sempre utiliza matérias-primas não renováveis de origem natural, o que, até recentemente, não apresentava problemas em razão da abundância de recursos naturais e menor quantidade de pessoas incorporadas à sociedade de consumo (JOHN, 2000).

Os resíduos transformaram-se num grande problema com o aumento populacional e o conseqüente inchaço dos grandes centros urbanos decorrente da Revolução Industrial a qual propiciou o aparecimento de novas tecnologias e a diversificação de bens de consumo.

Inserida neste contexto encontra-se a indústria da construção civil, que é certamente a maior consumidora de recursos naturais de qualquer economia e grande geradora de resíduos. Para a mitigação dos seus impactos é necessário o desenvolvimento de técnicas de reciclagem que combinem desenvolvimento técnico com proteção ao meio ambiente.

Segundo Angulo et al., (2004), estes resíduos sólidos, denominados como resíduos de construção e demolição (RCD), são de maneira geral uma preocupação relativamente recente no Brasil, diferente da realidade de outros países como EUA, Alemanha e Holanda, onde já existem políticas que privilegiam a compra de produtos ambientalmente sustentáveis. O autor salientou que em cidades onde não existem políticas modernas de gerenciamento de RCD, estes são depositados irregularmente pela malha urbana, gerando altos custos sócio-econômicos, o assoreamento de rios, o entupimento de bueiros, a degradação de áreas urbanas, entre outros.

O presente trabalho propõe um estudo de concretos produzidos com agregado reciclado oriundos de resíduos da indústria de pré-fabricados em concreto, onde se pretende avaliar propriedades mecânicas e de durabilidade dos novos concretos a serem confeccionados. Os resíduos gerados por este segmento da indústria da construção civil possuem características diferenciadas, sendo basicamente compostos por concretos. Esta razão favorece a potencialidade de reciclagem, a qual aliada à necessidade de passar a conviver de maneira mais harmônica com o meio ambiente, alavancaram iniciativas destas indústrias.

Desta forma surgiu à necessidade de compreender a influência da substituição de agregados graúdos naturais por reciclados de concreto, visto que várias pesquisas, entre elas Leite (2001), Lovato (2007), Cabral (2007), já realizam estudos com RCD mistos, observando a heterogeneidade do material. Estes trabalhos concluíram pela importância do conhecimento das características individuais dos materiais constituintes dos RCDs e

impulsionaram o desenvolvimento de projetos neste sentido dentro da Universidade do Vale do Rio dos Sinos, onde encontra-se inserida esta pesquisa.

## 2. Objetivos

O **Objetivo Principal**: analisar a viabilidade técnica de utilização de resíduos de concreto oriundos da pré-fabricação como agregado graúdo para a produção de novos concretos.

Os **Objetivos Específicos** do trabalho são:

- Verificar a influência da incorporação de agregados reciclados de concreto sujeitos a diferentes tipos de cura na produção de novos concretos quanto às propriedades mecânicas (resistência à compressão axial e à tração por compressão diametral);
- Verificar a influência da incorporação de agregados reciclados de concreto sujeitos a diferentes tipos de cura na produção de novos concretos quanto à propriedade de durabilidade de absorção de água;

## 3. Métodos

### 3.1 Estudo de Caso

Este estudo de caso foi desenvolvido em indústria de pré-fabricados em concreto localizada no município de Porto Alegre/RS. A finalidade do estudo desenvolvido foi o de sugerir melhorias no sistema de gerenciamento de resíduos da empresa, prevendo-se a possibilidade de reciclagem dos resíduos gerados no próprio processo produtivo.

A metodologia adotada para quantificação dos resíduos gerados, foi baseada na verificação dos primeiros 5 dias úteis de cada mês na indústria, durante o período de 5 meses. Observou-se nos projetos (croquis) o tamanho das peças confeccionadas e o volume de concreto necessário, sendo levantada a quantidade de concreto realmente produzida na central dosadora da empresa, por traço, concluindo-se que a diferença entre estes valores seria a geração de resíduos. A **Erro! Auto-referência de indicador não válida.** apresenta os valores da geração de resíduos nos cinco primeiros dias úteis do mês, pelo período de cinco meses do ano.

Tabela 1 – Quantificação dos resíduos gerados na indústria de pré-fabricados.

Concreto	Geração de resíduos (m <sup>3</sup> /mês)					Total Produção (m <sup>3</sup> /mês)	Total de Resíduo (m <sup>3</sup> /mês)	% Resíduo/ Produção
	1°	2°	3°	4°	5°			
1 (RCC)	3,4	1,40	0,84	4,03	3,88	466,56	13,55	2,90
2	0,31	0,45	0,70	0,30	0,25	173,75	2,04	1,17
3	0,74	0,50	0,15	0,15	0,3	176,25	1,84	1,04
4 (RCT)	0,15	3,68	4,86	0,94	1,11	1000,6	17,5	1,17
5	0	0	0	0	0	72,5	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0,78	0,27	0	0	81,25	1,05	1,29
8	0	0	1,44	0	0	104,00	1,44	1,38

A partir do levantamento realizado concluiu-se que os dois resíduos gerados em maior quantidade pela empresa são os resíduos de concreto submetidos à cura convencional ao ar (RCC), utilizado para a fabricação de lajes alveolares de 15cm de altura e os resíduos de concreto submetidos à cura térmica a vapor de água (RCT), utilizados para a fabricação de estacas. Estes resíduos são oriundos das peças fabricadas em maior escala pela indústria de pré-fabricados.

### 3.2 Dosagem dos concretos

Para a dosagem dos concretos definiu-se um teor ótimo de argamassa ( $\alpha$ ) de 55%, baseado no teor empregado pela indústria de pré-fabricados, e a substituição de 50% em volume de agregado graúdo natural pelo RCC e RCT, sendo o teor de substituição utilizado baseado no estudo das autoras Werle (2010) e Troian (2010).

A nomenclatura dos corpos de prova confeccionados no programa experimental, de acordo com o tipo de resíduo de concreto, traço dos novos concretos e teor de substituição de AGN pelo ARC são apresentados na Tabela . As quantidades de materiais e traços empregados nas mistura são apresentadas na Tabela .

**Tabela 2 - Nomenclatura dos traços de concretos do programa experimental.**

Traço do Concreto Novo	Resíduo	Teor de substituição	Composição
Pobre	sem	sem	TP
	RCC	50%	TP-RCC
	RCT	50%	TP-RCT
Intermediário	sem	sem	TI
	RCC	50%	TI-RCC
	RCT	50%	TI-RCT
Rico	sem	sem	TR
	RCC	50%	TR-RCC
	RCT	50%	TR-RCT

A confecção dos corpos de prova foi realizada em betoneira de eixo vertical, sendo primeiramente colocado o agregado graúdo, 1/3 da água utilizada no procedimento, posteriormente o cimento, a cinza volante, mais 1/3 da água necessária, finalizando com a areia e o restante da água. Este procedimento transcorreu por período de 10 minutos, sendo realizada a medição do primeiro “slump” aos 18 minutos e colocado o aditivo para ajuste do abatimento. Posteriormente a massa foi misturada por mais 2 minutos e o novo “slump” medido. Nos traços confeccionados com ARC foi estabelecido que este material seria colocado juntamente ao agregado graúdo natural na betoneira, sendo a seguir misturada 1/3 da água inicial do processo e juntamente adicionada à água de compensação referente à taxa de absorção de água deste agregado. O procedimento da confecção dos concretos transcorreu igualmente como na confecção dos traços referência.

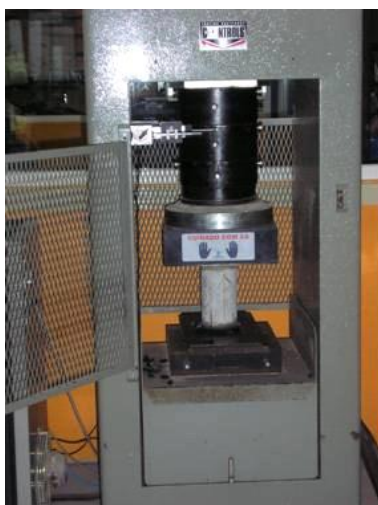
Os corpos de prova para os ensaios foram moldados em fôrmas cilíndricas (10cmx20cm), conforme recomendação da ABNT NBR 5738:2003, sem e com 50% de teor de substituição de agregado graúdo natural pelo ARC. Após a desmoldagem os corpos de prova foram enviados à câmara úmida para procedimento de cura até as idades de ensaio.

Tabela 3 – Quantidades de materiais e traços empregados nas misturas.

SIGLA	Traço (c:a:b)	a/c	Teor de ARC (%)	Quantidades (Kg)							Aditivo (g)	Slump (mm)	
				Cimento	Cinza Volante	Areia	Brita Natural	ARC	Água	Água de Compensação		Inicial	Ajustado
TP	1:2,78:3,10	0,58	0	6,461	0,969	17,987	20,000	0	4,478	0	29,7	115	180
TP	1:2,78:3,10	0,58	0	6,461	0,969	17,987	20,000	0	4,478	0	29,7	110	205
TP-RCC	1:2,78:3,10	0,61	50	6,461	0,969	17,987	10,000	9,710	4,478	0,273	27,2	80	200
TP-RCC	1:2,78:3,10	0,61	50	6,461	0,969	17,987	10,000	9,710	4,478	0,273	26,0	120	200
TP-RCT	1:2,78:3,10	0,62	50	6,461	0,969	17,987	10,000	9,880	4,478	0,413	17,2	120	215
TP-RCT	1:2,78:3,10	0,62	50	6,461	0,969	17,987	10,000	9,880	4,478	0,413	5,9	160	210
TI	1:2,23:2,65	0,50	0	7,560	1,134	16,888	20,000	0	4,239	0	34,8	120	175
TI	1:2,23:2,65	0,50	0	7,560	1,134	16,888	20,000	0	4,239	0	34,8	100	170
TI-RCC	1:2,23:2,65	0,52	50	7,560	1,134	16,888	10,000	9,710	4,239	0,273	33,0	35	170
TI-RCC	1:2,23:2,65	0,52	50	7,560	1,134	16,888	10,000	9,710	4,239	0,273	13,6	25	170
TI-RCT	1:2,23:2,65	0,53	50	7,560	1,134	16,888	10,000	9,880	4,239	0,413	19,1	100	200
TI-RCT	1:2,23:2,65	0,53	50	7,560	1,134	16,888	10,000	9,880	4,239	0,413	11,8	140	185
TR	1:1,68:2,20	0,42	0	9,109	1,366	15,339	20,000	0	4,429	0	32,4	80	190
TR	1:1,68:2,20	0,42	0	9,109	1,366	15,339	20,000	0	4,429	0	30,3	85	175
TR-RCC	1:1,68:2,20	0,44	50	9,109	1,366	15,339	10,000	9,710	4,429	0,273	53,0	30	175
TR-RCC	1:1,68:2,20	0,44	50	9,109	1,366	15,339	10,000	9,710	4,429	0,273	50,5	45	185
TR-RCT	1:1,68:2,20	0,45	50	9,109	1,366	15,339	10,000	9,880	4,429	0,413	48,4	55	170
TR-RCT	1:1,68:2,20	0,45	50	9,109	1,366	15,339	10,000	9,880	4,429	0,413	50,2	40	180



**3.3 Resistência à compressão axial** - Os ensaios de compressão axial foram executados de acordo com a ABNT NBR 5739:2003, Figura 1. O ensaio foi realizado em corpos de prova de dimensões 10x20cm, retirados da cura em câmara úmida nas idades de 7, 28 e 63 dias.



**Figura 1 - Ensaio de resistência à compressão axial.**

**3.4 Resistência à tração por compressão diametral** - Os ensaios de resistência à tração por compressão diametral foram executados de acordo com a ABNT NBR 5739:2003, Figura 2. O ensaio foi realizado em corpos de prova de dimensões 10x20cm, retirados da cura em câmara úmida na idade de 28 dias.



**Figura 1 - Ensaio de resistência à compressão por tração diametral.**

**3.5 Absorção de água por capilaridade** - O ensaio de absorção de água por capilaridade seguiu o procedimento recomendado pela norma RILEM TC 116-PCD, Figura 3, sendo que um corpo de prova cilíndrico de dimensões 10x20cm, retirado da cura em câmara úmida aos 28 dias, foi removida uma fatia de 5 cm de altura, desprezando o fundo.



**Figura 3 - Sistema de absorção de água por capilaridade.**

Posteriormente, as peças permaneceram em estufa a temperatura de  $105\pm 5^{\circ}\text{C}$  até completa secagem, sendo resfriadas em dessecador. A lateral foi selada e a face superior coberta com material plástico, sendo a face livre foi mantida em contato com a água e a remanescente, coberta com material flexível, podendo assim, ocorrer à saída de ar presente na rede de poros à medida que a mesma foi sendo absorvida pela

amostra. O ganho de massa pela penetração de água foi medido nos tempos de 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 30 e 60 min, 2, 6, 24, 48, 72 e 96 horas.

A água absorvida foi calculada de acordo com a equação:

$$W(t) = m(t) - m_0$$

Sendo:  $W$  = a diferença de massa do corpo de prova no tempo considerado;  $m(t)$  = a massa do corpo de prova no tempo considerado;  $m_0$  = a massa inicial do corpo de prova seco.

#### 4. Resultados

**Resistência à compressão axial** - Os resultados médios obtidos nos ensaios de resistência à compressão axial para as idades de cura de 7, 28 e 63 dias são apresentados na Tabela .

Tabela 4 - Médias de resistência à compressão axial

Traço do Concreto	Tipo de ARC	Resistência (MPa)		
		7 dias	28 dias	63 dias
Traço Pobre (a/c 0,6)	AGN	17,9	26,6	31,1
	RCC	24,7	28,8	32,3
	RCT	20,1	23,9	25,6
Traço Intermediário (a/c 0,49)	AGN	21,0	29,1	37,4
	RCC	31,4	35,1	43,7
	RCT	21,5	30,4	28,2
Traço Rico (a/c 0,42)	AGN	28,1	45,6	44,3
	RCC	31,8	44,9	48,7
	RCT	25,9	31,2	38,3

Onde: a/c=relação água aglomerante (cimento+cinza volante); AGN= agregado graúdo natural;

Ao compararem-se os valores médios encontrados para a resistência à compressão axial das amostras confeccionadas com RCC, resíduo de concreto oriundo de cura convencional, ao concreto referência, pode-se observar que, em média, obteve-se um aumento de 27% para os 7 dias, de 4% para os 28 dias e 9,5% para os 63 dias.

Justificativas para o comportamento observado pelo concreto confeccionado com agregado reciclado, oriundo de cura convencional, foram enumeradas por Butller (2007), concluindo que: a existência de grande quantidade de partículas de cimento não-hidratadas aderidas à superfície do agregado, as quais devem estar hidratando-se na nova mistura com agregados reciclados e que apesar das maiores relações água/cimento para os concretos reciclados, pode estar ocorrendo à migração da água do agregado para a pasta logo após seu endurecimento; nestas condições, a água presente no interior do agregado promoverá uma “cura interna” na zona de transição melhorando suas propriedades.

Já para os concretos confeccionados com RCT, resíduo de concreto oriundo de cura térmica, ao comparar-se com os concretos referência, obteve-se uma diminuição média de 3% para a idade de 7 dias e 15% tanto para os 28 como para os 63 dias.

O fato dos concretos confeccionados com RCC e RCT não apresentarem mesmo desempenho de resistência à compressão axial, pode ser creditada ao processo de cura ao qual o concreto que originou o resíduo foi submetido. A explicação para o efeito da cura térmica na microestrutura do concreto foi proposta por Silva (2004), observando que uma hidratação inicial mais rápida aparentemente promove a formação de produtos de hidratação com estrutura mais pobre, provavelmente mais porosa, sendo que boa parte destes poros permanecerá não preenchido.

**Resistência à tração por compressão diametral** - Os resultados médios obtidos nos ensaios de resistência à tração, para a idade de 28 dias são apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5 - Médias da resistência à tração por compressão diametral.**

Traço do Concreto	Tipo de Agregado	Resistência (MPa)
Traço Pobre (a/c 0,6)	AGN	8,6
	RCC	9,2
	RCT	6,2
Traço Intermediário (a/c 0,49)	AGN	10,1
	RCC	10,5
	RCT	8,4
Traço Rico (a/c 0,42)	AGN	12,7
	RCC	12,9
	RCT	9,9

Onde: a/c=Relação água aglomerante (cimento+cinza volante); AGN= Agregado graúdo natural;

Ao compararem-se os valores médios encontrados para a resistência a tração das amostras confeccionadas com RCC, ao concreto referência, verifica-se um aumento da resistência, sendo este acréscimo na ordem de 1,6 a 6,7%.

Resultados semelhantes a estes encontraram os autores Etxeberria, Vázquez e Marí (2007), os quais utilizaram diversos teores de substituição de agregado reciclado de concreto, observando em todas as situações melhores valores para resistência à tração.

Já ao avaliarem-se os valores médios encontrados para as amostras confeccionadas com RCT, ao concreto referência, observa-se que a maioria dos valores são inferiores, sendo esta diferença maior no traço pobre, encontrando-se resultados aproximadamente 30% menores.

Acredita-se que novamente o comportamento observado tenha relação com o tipo de cura ao qual o resíduo foi submetido anteriormente, pois a resistência à tração é influenciada fortemente pelas características da matriz e da zona de transição do concreto.

Realizando-se uma análise para os resultados da resistência à compressão e à tração encontrados, poder-se-ia afirmar, que o tipo de cura empregada no resíduo a ser reutilizado como agregado reciclado é fundamental para a decisão de qual emprego será dado ao material.

**Absorção de água por capilaridade** - Na seqüência, tabela 6, são apresentados os resultados médios dos ensaios de absorção de água por capilaridade, apresentados na forma de absorção de água por área em concretos com idade de 28 dias.

**Tabela 6 – Médias da porcentagem de absorção de água ao longo do tempo.**

Traço	Agregado	Absorção de Água (g/cm <sup>2</sup> )															
		Tempo (min)															
		0:00	1:00	1:41	1:73	2:00	2:24	3:16	4:47	5:48	7:75	15:49	18:97	37:95	53:67	65:73	75:89
Pobre	AGN	0,00	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,09	0,11	0,14	0,36	0,44	0,72	0,76	0,77	0,77
	RCC	0,00	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,28	0,36	0,68	0,79	0,81	0,81
	RCT	0,00	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,08	0,11	0,13	0,15	0,35	0,44	0,75	0,78	0,79	0,79
Intermediário	AGN	0,00	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,06	0,08	0,10	0,13	0,29	0,36	0,66	0,71	0,72	0,73
	RCC	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,19	0,24	0,42	0,55	0,61	0,64
	RCT	0,00	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,08	0,09	0,11	0,26	0,33	0,62	0,75	0,76	0,76
Rico	AGN	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,06	0,08	0,10	0,23	0,28	0,57	0,67	0,69	0,69
	RCC	0,00	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,06	0,08	0,10	0,11	0,25	0,31	0,59	0,69	0,72	0,73
	RCT	0,00	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,27	0,32	0,63	0,69	0,70	0,71

Quanto aos resultados encontrados para a porcentagem de absorção de água por capilaridade, para as amostras confeccionadas com agregado reciclado, observa-se o aumento tanto para as amostras contendo RCC, resíduo de concreto oriundo de cura convencional, quanto para as amostras contendo RCT, resíduo de concreto oriundo de cura térmica. Este comportamento deve-se a argamassa aderida ao agregado, a qual confere ao mesmo, características de maior absorção, quando comparado ao agregado natural.

Para os traços intermediário e rico confeccionados com RCC, percebe-se um aumento da porcentagem de absorção de água, ao comparar-se ao concreto referência, de 6,5 e 6,7% respectivamente.



Já para os resultados da absorção de água dos concretos confeccionados com RCT, percebe-se um aumento da porcentagem de absorção em todos os traços estudados, variando de 1,5 a 5,5%.

Em estudos realizados pelos autores Grdic et. al., (2010), com diversos teores de substituição de agregado graúdo reciclado pelo natural, foram observados aumentos de absorção de água de até 0,92%, para a substituição total.

#### **4. Conclusão**

A partir dos resultados encontrados, e tendo em vista os objetivos estabelecidos no presente trabalho, podem ser tecidas as considerações expostas na seqüência.

**Verificar a influência da incorporação do ARC, sendo neste trabalho utilizado resíduo oriundo de concreto, RCC e RCT, com teor de substituição de 50%, na produção de novos concretos, conforme propriedades relacionadas a seguir, quanto à viabilidade técnica de utilização de resíduos oriundos da pré-fabricação.**

**1) quanto às propriedades mecânicas, foram obtidas as seguintes conclusões:**

- O estudo verificou que o tipo de cura, ao qual o concreto que deu origem ao resíduo foi submetido, influencia diretamente nas propriedades mecânicas, resistência à compressão axial e à tração por compressão diametral. De maneira geral, pode-se dizer que os concretos confeccionados com RCC, apresentaram um acréscimo tanto na resistência à compressão axial, como na resistência a tração. Para a resistência a compressão axial o aumento visualizado foi de até 50% e para a tração os valores não apresentaram aumento representativo, sendo até 6,7% superiores. Já os concretos confeccionados com RCT, apresentaram um decréscimo tanto na resistência à compressão axial, como na resistência a tração. Para a resistência a compressão axial o decréscimo visualizado foi de até 32% e para a tração de até 30%;

- Para a propriedade de resistência a tração, ao comparar-se os valores médios encontrados das amostras confeccionadas com RCC, ao concreto referência, verifica-se um aumento da resistência, sendo este acréscimo de 1,6 a 6,7%, para as amostras confeccionadas com RCT, a maioria dos valores observados são inferiores, sendo esta diferença maior no traço pobre, visualizando-se resultados aproximadamente 30% menores;

- O tipo de cura, ao qual o concreto que deu origem ao resíduo, foi submetido, afeta diretamente o comportamento das propriedades mecânicas das novas matrizes de concreto, existindo relação com a porosidade do ARC, corroborado pela análise de microscopia eletrônica de varredura.

**2) quanto à propriedade de durabilidade, foram obtidas as seguintes conclusões:**

- O estudo verificou que ocorreu aumento da porcentagem de absorção de água tanto para as novas matrizes confeccionadas com RCC, tanto para as confeccionadas com RCT. O aumento da porcentagem de absorção variou de 6,5 % a 6,7% e para o RCC de 1,5 a 5,5% para o RCT;

- As porcentagens de absorção de água apresentadas pelas novas matrizes de concreto, em nível de aplicabilidade em escala real não podem ser consideradas significativas.

#### **Referências Bibliográfica**

ANGULO, S. C; JOHN, V. M; ULSEN, C; KAHN, H. **Caracterização de Agregados de Resíduos de Construção e Demolição Reciclados Separados por Líquidos Densos.** In: I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável. X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. **Anais.** São Paulo, 2004. ENTAC.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739. Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos** Rio de Janeiro, 2003.

BUTTLER, A. M. **Concreto com Agregados Graúdos Reciclados de Concreto – Influência da Idade de Reciclagem nas Propriedades dos Agregados e Concretos**

- Reciclados.** Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos. 2003.
- CABRAL, A. E. B. Modelagem de propriedade mecânica e de durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados, considerando-se a variabilidade da composição do RCD.** Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2007.
- ETXEBERRIA, M.; VÁZQUEZ, E.; MARÍ, A.; BARRA, M. Influence of amount of recycled coarse aggregates and production process on properties of recycled aggregate concrete.** Cement and Concrete Research. v. 37, p. 735–742, 2007
- GRDIC, Z. J.; TOPLICIC-CURCIC, G. A.; DESPOTOVIC, I. M.; RISTIC, N. S. Properties of self-compacting concrete prepared with coarse recycled.** Construction and Building Materials. v.24, p. 1129–1133, 2010.
- JOHN, V. M. Reciclagem de Resíduos na Construção Civil.** Tese (Livre Docência) – Departamento de Engenharia de Construção Civil. Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2000.
- LEITE, M. B. Avaliação de Propriedades Mecânicas de Concretos Produzidos com Agregados Reciclados de Resíduos de Construção e Demolição.** Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2001.
- LOVATO, P. S. Verificação dos Parâmetros de Controle de Agregados Reciclados de Resíduos da Construção e Demolição para Utilização em Concreto.** Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2007.
- RILEM, C. TC 166 PCD, Determination of the Capillary Absorption of Water of Hardened Concrete.** Materials and Structures/Materiaux ET constructions, vol. 32, p. 178-179, Abr. 1999.
- SILVA, C. A. R. Aplicação do Conceito de Maturidade em Concreto com Adição de Cinza de Casca de Arroz.** Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil de Ilha Solteira. Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, SP, 2004.
- TROIAN, A. Avaliação da durabilidade de concretos produzidos com agregado reciclado frente à penetração de íons cloreto.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo. 2010.
- WERLE, A. P. Determinação de propriedades de concretos com agregados reciclados de concreto com ênfase na carbonatação.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS, 2010.