



**ANAIS DO 47º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO - CBC2005**

Setembro / 2005 ISBN 85-98576-07-7  
Volume VIII - Modelação Experimental e Numérica do  
Comportamento do Concreto  
Trabalho 47CBC0533 - p. VIII16-24  
© 2005 IBRACON.

**A UTILIZAÇÃO DE MINITESTEMUNHOS NA AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO.**

THE UTILIZACION OF SMALL DIAMETER CORES IN THE EVALUATION OF COMPRESSIVE STRENGTH CONCRETE.

José Orlando Vieira Filho(1); Paulo Roberto do Lago Helene (2).

(1) *Professor Mestre, Universidade Católica de Pernambuco/ Universidade Federal de Pernambuco.  
email:zeorlando@unicap.br*

(2) *Professor Doutor, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo/ Presidente do IBRACON.  
email:paulo.helene@poli.usp.br*

*Endereço para correspondência  
Rua Neto de Mendonsa, 100 - apto 201 – Tamarineira  
Recife – PE Cep: 52050-100.*

## Resumo

Nos projetos de estruturas de concreto armado e protendido, a qualidade do concreto é especificada de um modo geral em termos de sua resistência à compressão aos 28 dias de idade. O controle estatístico de qualidade deste parâmetro é feito com base nos resultados, na referida idade, de ruptura de corpos-de-prova cilíndricos de (15 x 30) cm ou (10 x 20) cm curados úmidos. No caso da análise de estruturas acabadas, quer em situações de sinistros, reformas ou reabilitações estruturais, quer como mero cotejo com resultados duvidosos obtidos no controle de qualidade supracitado, é freqüente o uso da extração de testemunhos para a avaliação "in situ" da resistência do concreto.

A utilização de minitestemunhos permite inúmeras vantagens em relação aos diâmetros tradicionais de extração. No presente trabalho, resultante de pesquisa experimental em andamento, são estudados os testemunhos com relação altura x diâmetro de (10 x 20) cm, (5 x 10) cm e até de (2,5 x 5) cm, nas condições de cura úmida e ao ar, comparados com corpos-de-prova de referência de (10 x 20) cm, moldados e curados úmidos, na avaliação da resistência à compressão de concreto de 50 MPa, produzido por usina concreteira.

Os resultados obtidos indicam a possibilidade efetiva de utilização desses testemunhos inclusive os de (2,5 x 5) cm, na avaliação supracitada, com todas as vantagens decorrentes dessa utilização.

*Palavras-Chave: Concreto; testemunho; extração; avaliação e resistência à compressão.*

## Abstract

In projects of structures of reinforced and pre-stressed concrete, the quality of the concrete is specified, in general, according to its compressive strength on the 28<sup>th</sup> day. The statistic control of this parameter is gotten, within the mentioned time, based on the results of rupture of 15 x 30 cm or 10 x 20 cm cylindrical mold, wet cured. In the case of analysis of ready structures, either in situations of collapses, reforms or structure rehabilitation, or as mere confrontation with doubtful results gotten from the quality control quoted above, it is common the utilizations of core extraction for the evaluation "in situ" of the concrete strength.

The utilization of small diameter cores allows several advantages over traditional diameter cores of extraction. In the present work, extracted from experimental researches in progress, results acquired from cores of height x diameter (10 x 20) cm, (5 x 10) cm and even of (2,5 x 5) cm are analyzed in conditions of wet cure and open air as well, compared to reference molds of (10 x 20) cm wet molded and cured.

In the evaluation of 50 MPa compressive strength concrete, produced by concrete mills. The acquired results indicate the real possibility of utilization of these cores, including the ones of (2,5 x 5) cm in the evaluation quoted above with all advantages originated from this utilization.

*Keywords: Concrete; core; extraction; evaluation and compressive strength.*

## **1 Introdução**

O controle e aceitação das estruturas de concreto armado e protendido é de um modo geral baseado na resistência à compressão aos 28 dias de idade. Utiliza-se para tal, resultados de ruptura, na referida idade de corpos-de-prova cilíndricos moldados de (15 x 30) cm ou de (10 x 20) cm, submetidos à cura úmida padronizada.

Tem sido cada vez mais freqüente, na avaliação da resistência do concreto dessas estruturas, a extração de testemunhos com vistas a subsidiar as análises estruturais HELENE (1984), quer em situações de sinistros, reformas ou reabilitações estruturais, bem como para dirimir dúvidas referentes aos resultados de ensaios em corpos-de-prova moldados na fase de controle de qualidade nas obras.

Os testemunhos extraídos representam o concreto da estrutura, sendo a sua resistência influenciada por diversos fatores, AITCIN (2000), entre eles: a relação diâmetro do testemunho/ dimensão característica do agregado, a sua esbeltez (relação altura/diâmetro) e a presença ou não de armadura.

Neste trabalho são apresentados resultados de pesquisa experimental em andamento, com a utilização de testemunhos de (10 x 20) cm e de minitestemunhos de (5 x 10) cm e (2,5 x 5) cm, na avaliação da resistência à compressão aos 28 dias de idade de concreto de 50 MPa produzido por usina concreteira que atende ao Grande Recife. Foram consideradas para esses testemunhos as condições de cura úmida e de cura ao ar, para a comparação com corpos-de-prova de referência de (10 x 20) cm moldados e curados úmidos sob condições produzidas.

## **2 Metodologia da Pesquisa**

### **2.1 Moldagem de blocos e extração dos testemunhos**

O concreto utilizado na presente pesquisa, foi produzido por usina concreteira situada no município de Olinda-PE, dosado para uma resistência média aos 28 dias de 50 MPa.

Foram programadas 06 (seis) amostragens de concreto, moldando-se 06 (seis) blocos B1 a B6 para cura úmida e 03 (três) blocos para cura ao ar (ver figura 1), nas amostragens referentes aos blocos de números ímpares (B1, B3 e B5), moldados nestes casos 2 a 2, totalizando 09 (nove) blocos.



Figura 1 – Blocos sendo curados úmidos e ao ar

Os blocos têm dimensões de 145 cm de comprimento por 90 cm de altura e 25 cm de profundidade, possibilitando as extrações dos testemunhos planejadas.

Em cada bloco moldado foram extraídos 06 (seis) testemunhos cilíndricos segundo a NBR 7680 (1983), com o diâmetro usual de 10 cm e igualmente 6 (seis) extrações para os diminutos diâmetros de 5 e 2,5 cm, (ver figura 2) todos para ruptura aos 28 dias. Para estes últimos diâmetros de 5 e 2,5 cm, as extrações nos blocos possibilitaram a obtenção do dobro e do quádruplo do número de testemunhos, respectivamente a serem ensaiados, considerando a relação altura:diâmetro de 2:1 tradicionalmente adotada e que foi aplicada para todos os testemunhos e corpos-de-prova utilizados no presente estudo.



Figura 2 – Extração de testemunhos nos blocos

## 2.2 Concreto utilizado

Na confecção do concreto utilizou-se cimento CP II F – 32, areia quartzosa proveniente de depósito fluvial, pedra britada granítica, água de uso corrente, de reconhecida boa qualidade e aditivo plastificante/ redutor de água, conforme tabela (1) a seguir:

Tabela 1 – Consumo de materiais

$f_c$ 28 (Mpa)	Relação a/c	TRAÇO n°	CONSUMO EM QUILOGRAMA POR m <sup>3</sup>						
			CIMENTO	AREIA FINA	AREIA GROSSA	BRITA 19	BRITA 25	ADITIVO MBT 335 R	ÁGUA (LITROS)
50	0,40	01	540	313	207	822	291	1,89	216
Relação Percentual			22,59%	13,09%	8,66%	34,38%	12,17%	0,08%	9,03%

## 2.3 Preparação dos testemunhos e ensaios de ruptura

Os testemunhos foram extraídos por meio de coroas diamantadas com os diâmetros especificados, acoplados à sonda, rotativa dos blocos submetidos aos dois tipos de cura já referidos. Depois de extraídos e inspecionados passaram por corte e retífica adequados, para regularização de suas faces, com vistas a ruptura aos 28 dias de idade. As figuras 3, 4 e 5 a seguir, mostram os ensaios de ruptura com os testemunhos. Da mesma forma os corpos-de-prova de referência de (10 x 20) cm curados úmidos, NBR 5738 (2003), foram cortados, retificados e rompidos na idade de 28 dias, NBR 5739 (2003).



Figura 3 – Testemunho antes e após ruptura, diâmetro de 10 cm

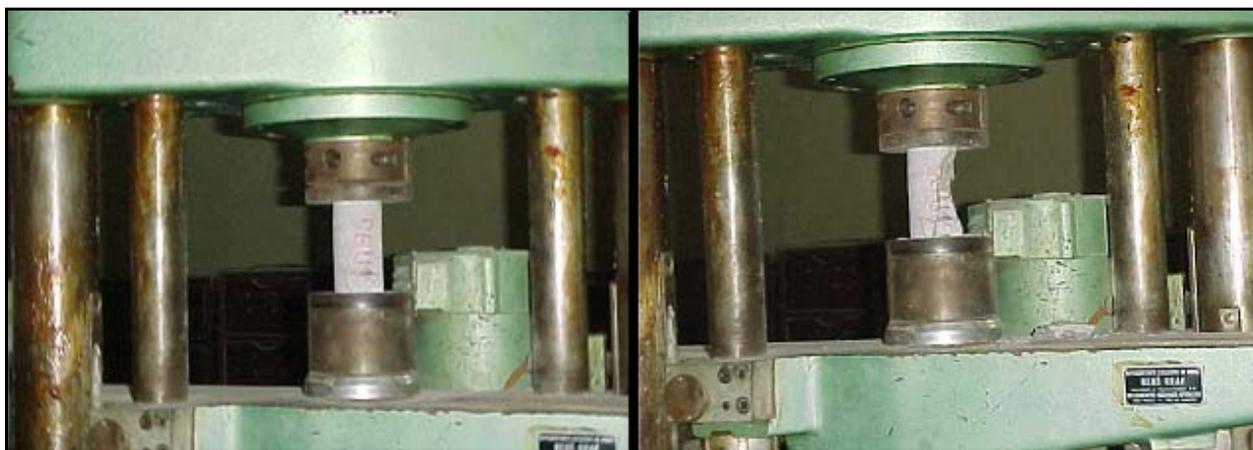


Figura 4 – Testemunho antes e após ruptura, diâmetro de 5 cm



Figura 5 – Testemunho antes e após ruptura, diâmetro de 5 cm

### 3 Análise dos Resultados

Na tabela 2 abaixo encontram-se os valores médios e os respectivos coeficientes de variação dos resultados de ruptura aos 28 dias de idade, relativos à amostragem dos 06 (seis) corpos-de-prova de referência de (10 x 20) cm moldados e curados úmidos e os correspondentes à amostragem dos 06 (seis) testemunhos de (10 x 20) cm, dos 12 (doze) de (5 x 10) cm e de 24 testemunhos de (2,5 x 5) cm, respectivamente para as curas úmida e ao ar.

Tabela 2 – Resultados de resistência à compressão.

RESUMO DOS RESULTADOS MÉDIOS E COEFICIENTES DE VARIAÇÃO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (Mpa)														
CURA	ÚMIDA								AO AR LIVRE					
BLOCO	CORPOS-DE-PROVA MOLDADOS		TESTEMUNHOS EXTRAÍDOS						TESTEMUNHOS EXTRAÍDOS					
	(10X20) cm		(10X20) cm		(5X10) cm		(2,5X5) cm		(10X20) cm		(5X10) cm		(2,5X5) cm	
	MÉDIA	CV %	MÉDIA	CV %	MÉDIA	CV %	MÉDIA	CV %	MÉDIA	CV %	MÉDIA	CV %	MÉDIA	CV %
B1	49,9	2%	50,7	7%	41	6%	54,5	14%	53,1	6%	40,4	6%	49	15%
B2	52,7	5%	47,6	9%	43,1	3%	44,6	15%						
B3	56,6	5%	44,5	5%	52,3	6%	46,8	11%	44,8	4%	47,9	4%	45,8	8%
B4	58,3	4%	60,1	6%	54,5	3%	52,9	13%						
B5	50,7	3%	52,1	2%	50,1	4%	51	8%	51,1	4%	49,3	7%	47,1	14%
B6	65,1	6%	58,4	2%	51,9	2%	58,9	13%						
MÉDIA	55,6	4%	52,2	5%	48,8	4%	51,5	12%	49,7	5%	45,9	5%	47,3	12%

Observa-se na tabela 2, a compatibilidade, como um todo, em ordem de grandeza, entre os resultados médios dos testemunhos extraídos com os dos corpos-de-prova de referência moldados e curados úmidos. A relação média geral entre as resistências dos testemunhos e dos corpos-de-prova de referência, foi de 0,94 para os testemunhos de (10 x 20) cm; 0,88 para os de (5 x 10) cm e 0,93 para os de (2,5 x 5) cm, para a condição de cura úmida e de 0,89; 0,83 e 0,85 para os respectivos testemunhos curados ao ar. Dessa forma, nas 2 condições de cura, as resistências médias dos testemunhos extraídos foram inferiores aos dos corpos-de-prova moldados. Esse comportamento é coerente com o observado por diversos pesquisadores em trabalhos experimentais com testemunhos de diversos diâmetros, variando de 15 até 5 cm, a exemplo dos estudos realizados por Bungey citados por HELENE (1984). Nesses estudos referidos, foram utilizados pelos pesquisadores testemunhos com diâmetros superiores a três vezes a dimensão característica do agregado. Resultados semelhantes, enfatizando que a resistência dos corpos-de-prova moldados é superior a dos testemunhos extraídos, com a mesma escala de diâmetros referida acima, foram obtidos por PETERSONS (1968) e por MALHOTRA (1968).

Analisando-se as dispersões dos resultados em relação à média, observa-se valores do coeficiente de variação, variando de 2 à 9 % para os testemunhos de (10 x 20) cm; de 2 a 6% para os testemunhos de (5 x 10) cm e de 8 a 15% para os testemunhos de (2,5 x 5) cm curados úmidos, e, variando de 4 a 6%; de 4 a 9% e de 8 a 15% para os mesmos testemunhos curados respectivamente ao ar. Como era previsível, principalmente pela relação diâmetro do testemunho/diâmetro do agregado, os minitestemunhos de (2,5 x 5) cm apresentaram maior dispersão, fato este também registrado em investigações experimentais realizados por Munday-Dhir citados por ALBA (1989). Os resultados obtidos podem, no entanto, ser considerados muito bons, com valor máximo de 15% do coeficiente de variação, uma vez que foi utilizado no concreto um agregado graúdo com dimensão máxima característica de 25 mm (igual ao diâmetro do testemunho), embora em percentual da ordem de apenas 12% no traço (ver tabela 1). Para a brita de 19 mm, que teve participação de 34% no traço, o diâmetro do testemunho guarda a relação 1,3. Como se pode depreender do presente estudo experimental, fez-se a opção de se trabalhar com o concreto fornecido comercialmente pela usina concreteira, levando assim

à relações dos diâmetros dos testemunhos/agregado referidas acima, não comumente estudadas, MARTINS (1997).

Quanto ao processo de cura, os testemunhos obtidos dos blocos curados úmidos apresentaram valores médios superiores da ordem de apenas 5% para os de (10 x 20) cm, 6% para os de (5 x 10) cm e de 9% para os de (2,5 x 5) cm.

A título de ilustração apresenta-se na figura 6 abaixo, o gráfico representativo das relações médias das resistências entre os testemunhos extraídos e dos corpos-de-prova moldados, tomando-se como base de referência o valor de 1,0 correspondente à resistência média dos corpos-de-prova de referência.

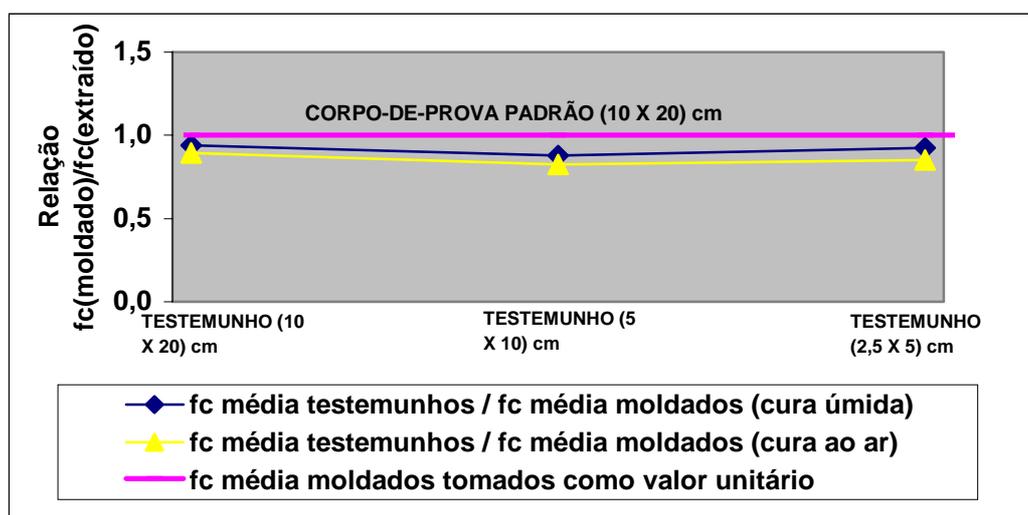


Figura 6 – Relações entre as resistências médias dos testemunhos e dos corpos-de-prova de referência

## 4 Conclusões

Com base no exposto no presente trabalho, oriundo, como já referido de pesquisa experimental em andamento, pode-se inferir as seguintes conclusões:

- Não foram significativas as diferenças entre os resultados médios das resistências aos 28 dias, variando-se as dimensões dos testemunhos, como os de (10 x 20) e (5 x 10) cm, o que está de acordo com diversos pesquisadores;
- Os minitestemunhos de (2,5 x 5) cm, também apresentaram resultados de mesma ordem de grandeza dos testemunhos supracitados para este concreto de 50 MPa, abrindo uma perspectiva interessante para estudos sobre a sua utilização nas análises estruturais, com todas vantagens práticas e econômicas decorrentes de sua utilização. Entre essas vantagens destacam-se: menores danos à estrutura; a possibilidade do não atingimento das armaduras; o aumento considerável da amostragem e as reduções de custo de extração, preparação e ruptura desses testemunhos;
- Foi discreta a influência dos processos de cura, constatando-se um pequeno acréscimo da ordem de 6,6% na resistência média geral dos testemunhos curados úmidos para os curados ao ar, para este concreto de 50 MPa;
- A relação diâmetro do testemunho/dimensão máxima característica do agregado, para os testemunhos de (5 x 10) cm e de (2,5 x 5) cm, diferente da de 3:1, tradicionalmente utilizada nos estudos experimentais, não evidenciou diferenças significativas para o concreto de 50 Mpa focado neste trabalho;

- A relação entre as resistências médias finais dos testemunhos extraídos e as dos corpos-de-prova de referência de (10 x 20) cm moldados e curados úmidos foi menor do que 1 variando de 0,83 a 0,94;
- Confirmou-se a maior a dispersão dos resultados para os minitestemunhos de 2,5 cm, ficando, no entanto o coeficiente de variação médio em 12,3%, considerado excelente para o estudo em apreço.

## 5 Agradecimentos

Agradecemos à empresa MARÉ CONCRETO LTDA pelo fornecimento do concreto, às empresas MOURA DUBAUX ENGENHARIA e LCF CORTES E FUROS LTDA pela cessão das máquinas de extração, ao Setor de Oficinas e ao Laboratório de Tecnologia dos Materiais da UNICAP, ao Laboratório (retífica) da TECOMAT e ao Laboratório de Materiais de Construção da UFPE.

## 6 Referências

HELENE, PAULO R. DO LAGO. – ***Avaliação da resistência à compressão de estruturas através de testemunhos cilíndricos de concreto.*** In: SIMPÓSIO SOBRE NORMALIZAÇÃO DE CIMENTO E AGREGADO, 1984, São Paulo. Anais...São Paulo:ABNT/CB-18, 1984.

AÏTCIN, P.C.. **Concreto de Alto Desempenho.** São Paulo, Editora PINI, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7680: *Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estrutura de concreto.*** Rio de Janeiro, 1983.

\_\_\_\_\_. **NBR 5738: *Moldagem e cura dos corpos-de-prova de concreto cilíndricos e prismáticos.*** Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR 5739: *Ensaio de compressão de corpos-de-prova de concreto cilíndricos.*** Rio de Janeiro, 2003.

ALBA, F H. ***La estimacion in situ de la resistencia del hormigón endurecido.*** 1989. 662p. Tesis Doctoral. Escuela Técnica de Ingenieros de Caminus, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Cataluña.

PETERSONS, Nils. ***Should Standard cube test specimens be replaced by test specimens taken from structures?***. Materials and Structural, V.1. n.5, sept./oct., p. 425-35, 1968.

MALHOTRA, V. M. **Contract strength requirements- cores versus in situ evaluation.** **Journal American Concrete Institute**, v.65, n.3 p.176-187, mar. 1968.

MARTINS, M. L. C., FERNANDEZ-GOMEZ, J. e DAL MOLIN, D.C.C. **Extração de testemunhos em concreto de alta resistência: influência da esbelteza e diâmetro do testemunho extraído.** In: IV CONGRESSO IBEROAMERICANO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES E VI CONGRESSO DE CONTROLE DE QUALIDADE, 1997, Porto Alegre. Anais...Porto Alegre, 1997.p.733-40.

