Anais do 53º Congresso Brasileiro do Concreto
CBC2011
Novembro / 2011

@ 2011 - IBRACON - ISSN 2175-8182

Influência da Cura na Resistência do Concreto à Compressão

Influence of Curing in Concrete Compressive Strenght

Elisangela Soares da Silva(1); Paulo de Souza Tavares Miranda(2); Saionara Alexandre da Silva(3); Hebert Alyson Clementino Rodrigues(4); Perboyre Barbosa Alcântara(5); Alex Jussileno Viana Bezerra(6).

(1) Graduação em Tecnologia em Construção de Edifícios, IFCE/Campus Juazeiro do Norte.
(2) Professor Mestre em Estruturas, IFCE/Campus Juazeiro do Norte.
(3) Graduação em Tecnologia em Construção de Edifícios, IFCE/Campus Juazeiro do Norte.
(4) Graduando em Tecnologia em Construção de Edifícios, IFCE/Campus Juazeiro do Norte.
(5) Doutor em Geotecnia – UFPE Universidade Federal de Pernambuco
(6) Doutorando – UFPE Universidade Federal de Pernambuco
Av. Plácido Aderaldo Castelo, 1646 – Planalto – 63040-540, Juazeiro do Norte-CE.

Resumo

A presença de fissuras em peças de concreto armado é responsável pela diminuição da resistência à compressão, além de reduzir a vida útil da estrutura devido ao acesso de agentes agressivos. As fissuras podem estar relacionadas a um procedimento de cura inadequado. Neste trabalho é analisada a influência que a cura exerce sobre a resistência do concreto. Foram realizados ensaios de ruptura à compressão conforme a NBR 5739:1994 com a finalidade de comparar os resultados de corpos-de-prova submetidos ao procedimento de cura com os de corpos-de-prova não curados. Foram confeccionados 104 corpos-de-prova em moldes cilíndricos de 10x20cm. Após a moldagem, os corpos-de-prova foram separados em dois grupos: os submetidos ao processo de cura por imersão e os expostos para secagem ao ar livre. O estudo foi realizado com dois traços de concreto distintos, sendo um com fator água/cimento de 0,53 e o outro com fator água/cimento de 0,61. Os corpos-de-prova expostos ao ar apresentaram valores de resistência à compressão bem inferiores aos corpos-de-prova curados por imersão, principalmente os corpos-de-prova moldados com o traço de maior fator água/cimento.

Palavra-Chave: Concreto, Cura e Resistência

Abstract

The presence of cracks in concrete structures is responsible for the compressive strength decrease and reduction of structure life-time due to the access of aggressive agents. The cracks may be related to an inadequate curing procedure. This work analyzes the curing procedure influence on the concrete strength. Compressive rupture tests were carried out according to NBR 5739:1994 with the aim of comparing the results from specimens submitted to curing procedure with the results from specimens not cured. 104 specimens were made in 10x20cm cylindrical molds. After molding, the specimens were separated into two groups: those put to the curing procedure by immersion and those exposed to air drying. The study was conducted with two different concrete mixtures, one with water/cement ratio of 0.53 and the other with water/cement ratio of 0.61. The compressive strength results from specimens exposed to air drying were lower than the specimens put to curing procedure by immersion, especially the specimens molded with higher water/cement ratio concrete

Keywords: Concrete, Curing and Strength

@ 2011 - IBRACON - ISSN 2175-8182

1 Introdução

O concreto é um dos materiais estruturais mais usados no setor da construção civil devido às suas inúmeras vantagens. Na construção de prédios residenciais, comerciais, industriais, pontes, viadutos, barragens, túneis, reservatórios, etc. Entre as vantagens deste material de construção podemos destacar seu baixo custo relativo, durabilidade, versatilidade, resistência e disponibilidade dos seus materiais componentes em quase todos os lugares.
O concreto é um material bastante resistente, porém não imune às patologias. Por este motivo os cuidados devem ser respeitados na hora da execução. Um dos problemas mais comuns encontrados é a fissuração por retração.
Enquanto não atingir a resistência satisfatória, o concreto deve ser protegido contra mudanças bruscas de temperatura, secagens rápidas, exposição ao sol, chuvas fortes, e ventos. Quanto maior a área exposta do concreto, maior o cuidado que se deve ter.
De acordo com NEVILLE (1997) para se obter um bom concreto, o lançamento de uma mistura adequada deve ser seguido pela cura em ambiente apropriado durante as primeiras fases do endurecimento.
A cura pode ser feita de várias maneiras: por irrigação contínua de água, aplicada com borrifadores mecânicos ou manuais; por imersão, na qual é mantida uma lâmina de água sobre a peça a ser curada; e por cura química, na qual um material é aplicado sobre a estrutura depois de concretado.

2 Fatores que Influenciam a Resistência do Concreto

Geralmente a resistência à compressão é considerada a propriedade mais importante do concreto, embora, em alguns casos práticos, outras características, como a durabilidade e permeabilidade sejam, de fato, mais importantes (NEVILLE, 1997). Para se obter bons resultados, alguns fatores importantes devem ser observados.

2.1 Fator água/cimento (a/c)

A resistência do concreto, fundamentalmente, depende de seu fator água/cimento. Concretos com baixo fator água/cimento, em geral, possuem maiores resistências quando comparados a concretos de elevado fator água/cimento.
Segundo METHA e MONTEIRO (2008) o valor teórico mínimo da relação água/cimento que atende de forma plena a hidratação do cimento Portland é de 0,22 baseado na teoria de Powers. Para TAYLOR (1997) o valor necessário de água para que haja a hidratação completa da fase anidra do cimento em condição saturada pode chegar a 43,8%, ou seja, um valor de a/c = 0,44. Sendo 22,7% oriunda da água adsorvida e o restante 21,1% constituída pela água de gel.
Muitas vezes, a necessidade de aumentar a trabalhabilidade, associada à impossibilidade técnica de utilização de aditivos plastificantes, leva à necessidade do aumento da

quantidade de água no traço do concreto. Para que este acréscimo de água não comprometa a resistência, o fator água/cimento deve ser mantido através do aumento do consumo de cimento. Este procedimento, além de tornar o concreto mais caro, aumenta a probabilidade de retração e o conseqüente aparecimento de fissuras que reduzem o desempenho da estrutura influenciando inclusive na resistência à compressão. Faz-se necessário, portanto, a realização de cura adequada nas primeiras idades do concreto, até que resistências satisfatórias mínimas sejam atingidas.

3 Cura

A hidratação do cimento continua por um tempo bastante longo e é preciso que as condições ambientes favoreçam as reações que se processam. Deste modo, deve-se evitar a evaporação prematura da água necessária à hidratação do cimento. É o que se denomina cura do concreto (ALMEIDA, 2002).
Se o concreto sofrer algum problema de cura nas primeiras idades, terá seu desempenho comprometido durante sua vida útil.
O objetivo da cura é manter o concreto saturado, ou o mais próximo possível dessa condição, até que os espaços inicialmente ocupados pela água sejam ocupados pelos produtos da hidratação do aglomerante (NEVILLE,1997).
Uma boa cura deve proporcionar uma lenta evaporação da água na sua mistura, e deve ser iniciada o quanto antes. O problema maior que encontramos nos canteiros de obras é que a cura só é iniciada um dia após a concretagem, e na maioria das vezes só é feita nas primeiras horas. É importante lembrar também que a água usada para cura deve ser potável e totalmente livre de quaisquer impurezas.

4 Materiais e Métodos

Para realização deste trabalho, foram moldados 104 corpos-de-prova seguindo as recomendações da NBR 5738:2008, e com eles realizados ensaios de ruptura à compressão seguindo as recomendações da NBR 5739:2007 com a finalidade de comparar os resultados de corpos-de-prova submetidos à cura com os de corpos-de-prova não curados.

As características dos materiais usados no laboratório para confecção do concreto foram as seguintes:

Tabela 1: Caracterização do cimento utilizado

Características do cimento	
Tipo	CPII Z 32 RS
Massa específica	3.100 kg/m³

Tabela 2: Caracterização dos agregados

Características dos agregados		
	Areia	**Brita**
Dimensão máxima	4.8mm	19mm
Massa unitária	1550 kg/m³	1410 kg/m³
Massa específica	2640 kg/m³	2580 kg/m³

@ 2011 - IBRACON - ISSN 2175-8182

Os corpos-de-prova foram confeccionados em moldes cilíndricos com 10cm de diâmetro por 20cm de altura. Após a moldagem os corpos-de-prova permaneceram 24 horas no molde, sendo depois desmoldados e separados, de forma que 52 corpos-de-prova foram submetidos ao processo de cura por imersão em um tanque com água em temperatura ambiente (Figura 1) e os demais expostos para secagem ao ar livre até a data de ruptura. Foram rompidos com 7, 28 e 91 dias a partir da data de moldagem 32, 48 e 24 corpos-de-prova respectivamente.

Foram utilizados dois traços de concreto distintos como indicado na tabela 3, sendo o primeiro com fator água/cimento de 0,53 e o segundo com 0,61. Isto permitiu analisar os efeitos da cura na resistência do concreto à compressão, considerando inclusive a variação do fator água/cimento.

Tabela 3: Traços de concreto usados no ensaio

Quantidade de material usado no ensaio	
Traço 1	**Traço 2**
7,17 kg de cimento	7,17 kg de cimento
13,62 kg de agregado miúdo	13,62 kg de agregado miúdo
20 kg de agregado graúdo	20 kg de agregado graúdo
3,81 kg de água	4,41 kg de água
Fator a/c= 0,53	Fator a/c= 0,61

Figura 1- Corpos-de-prova submetidos à cura por imersão

@ 2011 - IBRACON - ISSN 2175-8182

5 Resultados

As médias dos resultados da resistência à compressão estão mostradas na Tabela 4 e ainda os valores dos respectivos desvios-padrão e dos coeficientes de variação.

Tabela 4 – Médias dos resultados de resistência à compressão axial, com seus respectivos desvios padrões e coeficientes de variação.

Fator água/cim	Condição de cura	Resistência à compressão								
		07 dias			**28 dias**			**91 dias**		
		Média (MPa)	Desvio Padrão	Coef. Var.	**Média (MPa)**	Desvio Padrão	Coef. Var.	**Média (MPa)**	Desvio Padrão	Coef. Var.
0,53	Com cura	**22,8**	1,96	8,60	**32,4**	2,87	8,85	**37,8**	1,78	4,72
	Sem cura	**18,0**	3,52	19,60	**21,2**	3,09	14,61	**22,1**	1,79	8,10
0,61	Com cura	**18,8**	0,70	3,74	**25,3**	1,70	6,71	**29,8**	1,17	3,91
	Sem cura	**13,0**	1,50	11,58	**14,6**	1,12	7,67	**16,5**	2,47	14,94

Os corpos-de-prova submetidos à cura por imersão apresentaram resistências superiores aos corpos-de-prova expostos ao ar. As figuras 2 e 3 representam graficamente a comparação dos valores médios obtidos com o primeiro e com o segundo traço respectivamente.

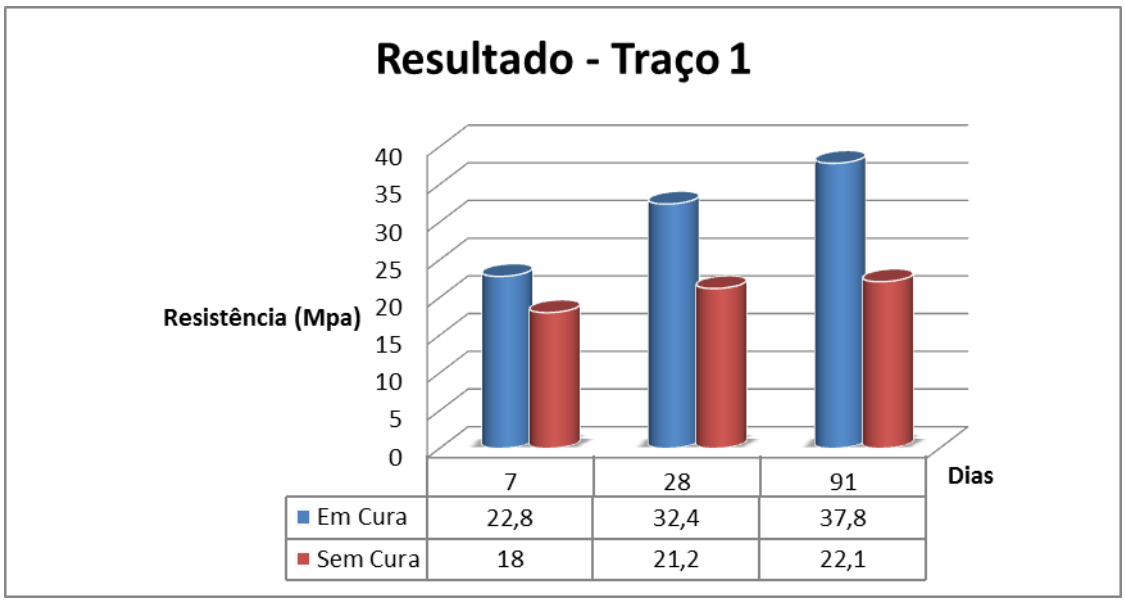

Figura 2 - Resumo dos resultados obtidos com o Traço 1

@ 2011 - IBRACON - ISSN 2175-8182

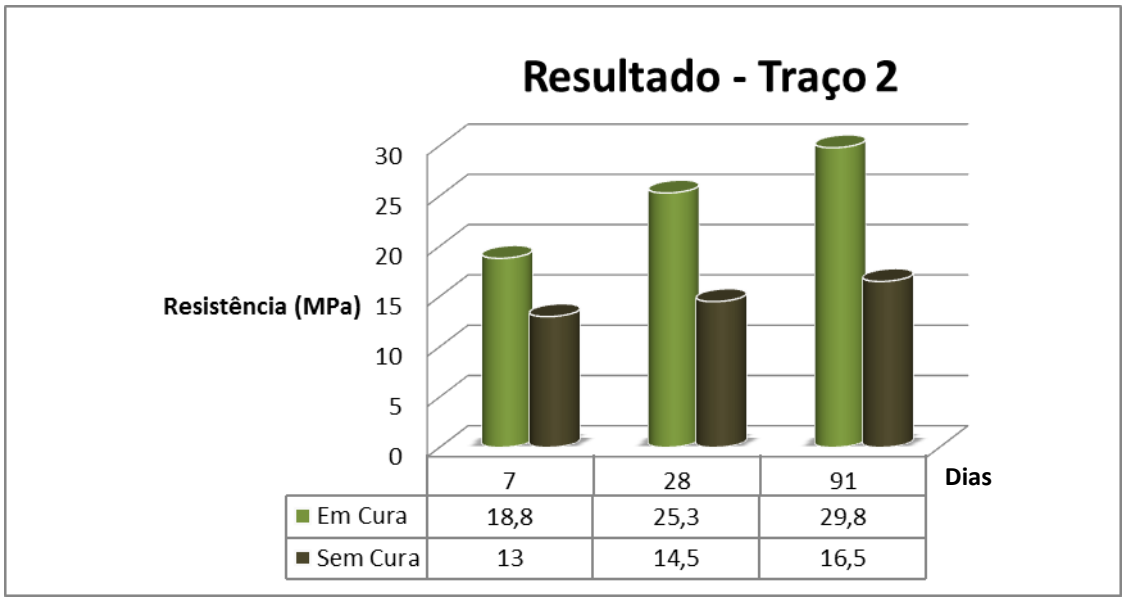

Figura 3 - Resumo dos resultados obtidos com o Traço 2

Observando os valores médios de resistência à compressão encontrados, verifica-se que os valores das resistências obtidos através do rompimento dos corpos-de-prova não curados apresentaram uma redução significativa em relação aos valores das resistências dos corpos-de-prova submetidos ao procedimento de cura.
Na observação do primeiro traço, a diminuição da resistência foi de 21,05%, 34,56% e 41,53% para rompimentos aos 7, 28 e 91 dias respectivamente. Na observação do segundo traço estas reduções foram ainda maiores sendo 30,85%, 42,68% e 44,63% para rompimentos aos 7, 28 e 91 dias respectivamente. O resumo dos resultados encontra-se na tabela 5.

Tabela 5 – Resumo de resultados referente à perda de resistência

Perda de resistência						
	Traço 1			**Traço 2**		
Dias	7	28	91	7	28	91
Perda %	21,05	34,56	41,53	30,85	42,68	44,63

Para verificar estatisticamente se houve influência do tratamento da cura do concreto nos resultados da resistência à compressão, foi realizado a ANOVA, cujos resultados estão apresentados nas Tabelas 6 a 11. Os resultados da ANOVA mostram que para todos os traços e em todas as idades analisadas o efeito da cura é significativo ao nível de 1% de probabilidade. Ou seja, pode-se confirmar estatisticamente a importância da cura nos resultados da resistência à compressão para os concretos.

@ 2011 - IBRACON - ISSN 2175-8182

Tabela 6 – Análise de variância para a resistência à compressão aos 7 dias para Traço 1 (a/c=0,53)

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	Variável do Teste F	F crítico	p	Efeito
Tratamento cura (com e sem)	1	91.68062	11.2725	8.8616	0.0047	**
Resíduo	14	8.13312				
Total	15					

Coeficiente de variação = 13,99%
** = significativo ao nível de 1% de probabilidade (p<0,01);
* = significativo ao nível de 5% de probabilidade (0,01=<p<0,05);
ns = não significativo (p>=0,05).

Tabela 7 – Análise de variância para a resistência à compressão aos 28 dias para Traço 1 (a/c=0,53)

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	Variável do Teste F	F crítico	p	Efeito
Tratamento cura (com e sem)	1	756.00375	84.9764	7.9454	<0.001	**
Resíduo	22	8.89663				
Total	23					

Coeficiente de variação = 11,13%
** = significativo ao nível de 1% de probabilidade (p<0,01);
* = significativo ao nível de 5% de probabilidade (0,01=<p<0,05);
ns = não significativo (p>=0,05).

Tabela 8 – Análise de variância para a resistência à compressão aos 91 dias para Traço 1 (a/c=0,53)

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	Variável do Teste F	F crítico	p	Efeito
Tratamento cura (com e sem)	1	737.90083	230.5340	10.0443	<0.001	**
Resíduo	10	3.20083				
Total	11					

Coeficiente de variação = 11,13%
** = significativo ao nível de 1% de probabilidade (p<0,01);
* = significativo ao nível de 5% de probabilidade (0,01=<p<0,05);
ns = não significativo (p>=0,05).

Tabela 9 – Análise de variância para a resistência à compressão aos 7 dias para Traço 2 (a/c=0,61)

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	Variável do Teste F	F crítico	p	Efeito
Tratamento cura (com e sem)	1	135.72250	98.3624	8.8616	<0.001	**
Resíduo	14	1.37982				
Total	15					

Coeficiente de variação = 7,38%
** = significativo ao nível de 1% de probabilidade (p<0,01);

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade (0,01=<p<0,05);
ns = não significativo (p>=0,05).

Tabela 10 – Análise de variância para a resistência à compressão aos 28 dias para Traço 2 (a/c=0,61)

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	Variável do Teste F	F crítico	p	Efeito
Tratamento cura (com e sem)	1	697.68167	336.4778	7.9454	<0.001	**
Resíduo	22	2.07348				
Total	23					

Coeficiente de variação = 7,21%
** = significativo ao nível de 1% de probabilidade (p<0,01);
* = significativo ao nível de 5% de probabilidade (0,01=<p<0,05);
ns = não significativo (p>=0,05).

Tabela 11 – Análise de variância para a resistência à compressão aos 91 dias para Traço 1 (a/c=0,53)

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	Variável do Teste F	F crítico	p	Efeito
Tratamento cura (com e sem)	1	532.00083	142.5193	10.0443	<0.001	**
Resíduo	10	3.73283				
Total	11					

Coeficiente de variação = 8,33%
** = significativo ao nível de 1% de probabilidade (p<0,01);
* = significativo ao nível de 5% de probabilidade (0,01=<p<0,05);
ns = não significativo (p>=0,05).

Estes resultados confirmam as recomendações técnicas de maior necessidade de cura em concretos com elevados fatores água/cimento.

6 Conclusão

O presente trabalho analisou, através de ensaios, a variação da resistência à compressão de corpos-de-prova submetidos à variação no processo de cura.
A análise dos dados permitiu concluir que houve uma redução significativa da resistência dos corpos-de-prova que não passaram pelo processo de cura.
Estes resultados deixam claro, a importância que se deve ter na hora da cura de peças de concreto. Manter a estrutura de concreto úmida nas primeiras horas de vida evita patologias futuras.

7 Referências

ABNT – **NBR 5738 – Concreto: Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova.** Rio de Janeiro, 2008.

@ 2011 - IBRACON - ISSN 2175-8182

_____ **NBR 5739 – Ensaio de Compressão de Corpos-de-Prova Cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2007.

ALMEIDA, L. C**. Notas de aula**, FEC-Unicamp, Campinas – SP. Agosto, 2002.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais.** 3ª Edição. São Paulo: IBRACON, 2008.

NEVILLE, ADAM M. **Propriedades do Concreto.** Tradução Engenheiro Salvador E. Giammusso. 2ª Edição. São Paulo: Pini, 1997

TAYLOR, H. F. W. **Cement chemistry**, London: Thomas Telford, 2ª Edição, 1997.