

AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DO COMPORTAMENTO NA COMPRESSÃO E FLEXÃO UTILIZANDO CONCRETO FRESCO EM DIFERENTES TEMPOS DE APLICAÇÃO.

Mariana Ortolan Milanez (1), Alexandre Vargas (2).

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense
(1)mariannamilanez@hotmail.com (2) avargas@unesec.net

RESUMO

O controle tecnológico do concreto é fundamental para o bom desempenho das estruturas. Muitas vezes ocorrem situações não programadas relacionadas ao transporte do concreto da usina até o local de aplicação, e mesmo no canteiro de obras, fazendo com que os tempos de aplicação do concreto variem, conforme cada situação particular. Por vezes, este tempo decorrente do preparo da mistura até o momento de aplicação acaba ultrapassando o limite estabelecido na NBR 7212:1984⁴, de no máximo 150 minutos. Neste sentido, o presente estudo tem o intuito de investigar o comportamento do concreto para diferentes idades de aplicação, analisando corpos de prova submetidos ao ensaio de compressão e vigas submetidas ao ensaio de flexão em quatro pontos. Para isso, foram moldados 3 grupos, cada qual contendo 3 vigas e 3 corpos de prova, sendo cada um desses moldado com o concreto utilizado em 1 viga diferente, totalizando assim 9 vigas e 9 corpos de prova. A partir do ensaio de compressão obteve-se a resistência à compressão de cada peça e através do ensaio de flexão em quatro pontos verificou-se a carga necessária para atingir-se a flecha máxima estabelecida pela NBR 6118:2007⁵ ($l/250$), a carga necessária para alcançar-se a ruptura, o descolamento máximo de cada viga, e sua respectiva linha elástica. O principal critério foi a manutenção do abatimento inicial em todas as etapas, sendo ele corrigido na segunda e terceira etapas com a utilização somente de aditivo plastificante, sem alteração da relação água/cimento. O primeiro grupo foi moldado logo após a mistura ser desenvolvida e o abatimento de $8,5 \pm 2$ cm ser obtido. Após 150 minutos de mistura, foi avaliado e corrigido o abatimento, sendo assim moldado o segundo grupo aos 190 minutos. Decorridos 240 minutos novamente o abatimento foi avaliado e corrigido, moldando-se assim o terceiro grupo aos 270 minutos. Os resultados indicam que as amostras moldadas ao longo dos 270 minutos mantiveram sua resistência média inicial, e a carga para atingir a flecha máxima e a ruptura se mantiveram constantes.

Palavras-chave: Concreto armado, abatimento, tempo de aplicação do concreto.

1. INTRODUÇÃO

“O concreto é um material composto por água, cimento e agregados.” (CHUST; de FIGUEIREDO¹, 2007, p. 17). Os agregados possuem como principal objetivo a

diminuição do consumo de cimento devido ao seu alto custo. “O cimento Portland é constituído por um certo número de compostos, cujas reações são a origem do processo de endurecimento.” (PETRUCCI², 1998, p. 12). “Os compostos presentes no Portland são anidros, mas, quando postos em contato com a água, reagem com ela, formando produtos hidratados.” (PETRUCCI², 1998, p. 12). O processo de hidratação do cimento é dividido em 5 estágios: O Estágio I define o período inicial de hidratação. Logo após o contato do cimento com a água os compostos anidros entram em intenso processo de dissolução, ocorrendo liberação de grande quantidade de calor. Sua duração leva poucos minutos. O Estágio II é o período marcado pela trabalhabilidade do composto, cuja solução continua hidratando os grãos de cimento, porém de forma lenta, verificando-se baixa liberação de calor. Sua duração pode levar algumas horas. O Estágio III ocorre após o período de dormência, quando as reações voltam a acelerar, gerando mais calor. Com isso se dá o período de aceleração e início de “pega” do cimento, cuja duração é de algumas horas. “O termo pega se refere à solidificação da pasta de cimento” (MEHTA e MONTEIRO⁷, 2008, p. 226). De acordo com PETRUCCI² (1998, p. 16):

Um cimento misturado com certa quantidade de água, de modo a obter uma pasta plástica, começa a perder plasticidade depois de um certo tempo. O tempo que decorre desde a adição de água até o início das reações com os compostos de cimento é chamado tempo de *início de pega*.

Ainda, de acordo com NEVILLE⁸ (1997, p. 39):

Em termos gerais, pega se refere à mudança do estado fluido para um estado rígido. Embora durante a pega a pasta adquira uma certa resistência, para efeitos práticos é importante distinguir pega de endurecimento, que se refere ao aumento de resistência de uma pasta de cimento depois da pega.

O Estágio IV é o período de desaceleração e endurecimento, onde a taxa de hidratação diminuiu e o composto adquire resistência mecânica. Sua duração é de algumas horas, ou dias. O Estágio V é o período de cura tendo duração de vários dias. No processo de junção dos materiais que compõem a mistura de concreto, a massa deve oferecer as condições de trabalhabilidade necessárias para o lançamento do material nas fôrmas. Essas condições são controladas através de sua plasticidade, para que após feito o lançamento do concreto nas fôrmas, ele venha a adquirir a resistência especificada em projeto. A trabalhabilidade, segundo PETRUCCI² (1998, p. 82) “é a propriedade do concreto fresco que identifica sua maior ou menor aptidão para ser empregado com determinada finalidade, sem perda de sua homogeneidade.” Ela pode ser afetada por diversos fatores, dentre eles

pode-se citar a granulometria e formato dos agregados; o consumo de cimento; o consumo de água, sendo este um dos principais fatores que afetam a trabalhabilidade quando considerado o volume de água (litros) pelo volume de concreto (m^3); e aditivos, os quais permitem modificar algumas características do concreto. A trabalhabilidade do concreto é de extrema importância. De acordo com MEHTA e MONTEIRO⁷ (2008, p.361):

É uma das características-chave que afetam a factibilidade da construção (capacidade de execução adequada). Independentemente da sofisticação do procedimento de dosagem usado ou de outras considerações, como o custo, uma mistura de concreto que não possa ser lançada com facilidade ou plenamente adensada, provavelmente, não apresentará as características esperadas de resistência ou de durabilidade.

A forma mais comum de avaliar-se a trabalhabilidade, é o Ensaio de Abatimento de Tronco de Cone, que faz parte do controle de qualidade e que deve ser efetuado durante o recebimento do concreto em obra. À medida da trabalhabilidade é realizada pelo abatimento, ou seja, a deformação causada na massa de concreto através do seu próprio peso. Em obras de pequeno porte, muitas vezes não é feito o controle de qualidade adequado no recebimento do concreto, sendo que os profissionais ali envolvidos, por vezes não possuem conhecimentos relacionados às possíveis variações de resistência que este procedimento inadequado pode causar. A NBR 7212:1984⁴ (pg. 4, item 4.5.2) especifica um tempo máximo de mistura, transporte e descarga do concreto:

O tempo de transporte do concreto decorrido entre o início da mistura, a partir do momento da primeira adição da água até a entrega do concreto deve ser:

- a) fixado de forma que o fim do adensamento não ocorra após o início de pega do concreto lançado e das camadas ou partes contíguas a essa remessa (evitando-se a formação de “junta-fria”);
- b) inferior a 90 min e fixado de maneira que até o fim da descarga seja de no máximo 150 min, no caso do emprego de veículo dotado de equipamento de agitação.
- c) inferior a 40 min e fixado de maneira que até o fim da descarga seja de no máximo 60 min, no caso de veículo não dotado de equipamento de agitação.

Porém na prática, por vezes, ocorrem situações onde caminhões ficam carregados com concreto por 3 horas ou mais, em função de atrasos ocasionados por diversos fatores, caracterizando um tempo bem acima do limite especificado pela norma. Por isso, é de fundamental importância que as partes envolvidas na área da construção civil, tenham conhecimento das consequências relacionadas à variação da resistência final da peça causada pela aplicação de concreto com prazos vencidos, e com abatimento inadequado, para assim obter-se maior segurança estrutural nas

obras. Estudos já realizados por ROHDEN, DAL MOLIN e VIEIRA⁹ (2011), indicam que mantendo-se o abatimento ao longo do tempo de aplicação, sendo ele corrigido apenas com aditivo superplastificante, sem alteração da relação água/cimento, a mistura pode ainda ser utilizada até 360 minutos, ultrapassando-se os 150 minutos estabelecidos em norma, sem que isto diminua consideravelmente sua resistência à compressão, podendo inclusive haver um aumento de tal resistência. Segundo ROHDEN, DAL MOLIN e VIEIRA⁹ (2011):

A observação da elevação da resistência à compressão média dos concretos moldados com tempos transcorridos até a moldagem maiores, maiores que 150 minutos, pode ser explicada pela perda de água para o ambiente e, conseqüentemente, a diminuição da relação água cimento efetiva da mistura, bem como a possível quebra dos primeiros produtos de hidratação formados, que são maiores e mais frágeis.

Neste contexto, o presente estudo objetiva avaliar experimentalmente o comportamento do concreto quanto a sua resistência à compressão e à flexão, em três grupos de vigas e corpos de prova moldados em tempos diferentes. Mantendo-se o mesmo abatimento em todas as etapas, fazendo-se a correção do seu valor apenas com o uso de aditivo plastificante, sem alteração da relação água/cimento.

O primeiro grupo foi moldado logo após a mistura ser desenvolvida e o abatimento de $8,5 \pm 2$ cm ser obtido. Para o segundo grupo, aos 150 minutos de mistura, tempo limite estabelecido pela NBR 7212:1984⁴, foi avaliado e corrigido o abatimento moldando-se o grupo aos 190 minutos. No terceiro grupo, foi verificado o abatimento do concreto posterior ao tempo máximo, aos 240 minutos. Novamente o abatimento foi corrigido moldando-se assim o grupo aos 270 minutos. O tempo decorrente dentre o momento em que foi verificado o abatimento, até a moldagem do grupo, é visto como o tempo necessário para fazer-se a correção do abatimento com o uso do aditivo plastificante.

2 . MATERIAIS E MÉTODO

2.1 FÔRMAS

As fôrmas utilizadas para moldagem das vigas foram fabricadas com madeira compensada de dimensões (12 x 20 x 205) cm. A Figura 1 mostra as formas prontas para o processo de concretagem.

Figura 1 – Formas prontas para concretagem.

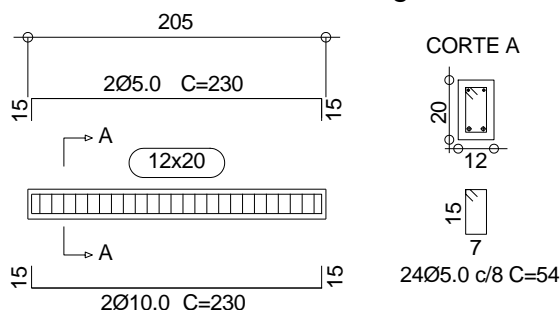


Fonte: Do Autor, 2014.

2.2 ARMADURA DAS VIGAS

A armadura de combate à flexão foi dimensionada de acordo com as recomendações da NBR 6118:2007⁵. A resistência característica do concreto utilizado foi de 25 MPa e o aço foi o CA-50. Com base em resultados de outras experiências realizadas no LEE – Laboratório Experimental de Estruturas da UNESC, o critério de dimensionamento adotado foi o de que a viga trabalhe no domínio 3 de deformação, adotando-se a relação $x/d = 0,2893$. Utilizou-se para armadura longitudinal inferior $2\text{Ø}10.0$ mm, além de uma armadura longitudinal superior de $2\text{Ø}5.0$ mm, atuando como porta estribos. A armadura de combate ao esforço cortante foi detalhada adotando-se o critério de diâmetro e espaçamento mínimos, chegando-se a um diâmetro 5.0 mm, espaçados a cada 8 cm. A Figura 2 mostra o detalhamento das vigas utilizadas no experimento.

Figura 2: Detalhamento das armaduras de cada viga.



Fonte: Do Autor, 2014.

2.3 CONCRETO FRESCO

As amostras utilizaram concreto moldado *in loco*, no canteiro de obras onde as vigas foram moldadas, com traço 1: 2,3: 2,7, e água adicionada até atingir-se o abatimento de $8,5 \pm 2$ cm. Os materiais utilizados na produção do concreto encontram-se expostos na Tabela 1.

Tabela 1: Especificação dos Materiais utilizados na produção do concreto.

Material	Tipo
Cimento	CP II-F-32
Brita	19 mm
Areia	Média

Fonte: Do Autor, 2014.

2.4 ADITIVO

De modo a manter-se o abatimento inicial de $8,5 \pm 2$ cm, em todas as etapas de concretagem, utilizou-se aditivo plastificante multifuncional de pega normal com densidade $1,20 \text{ g/cm}^3$. Segundo informações do fabricante, ele age como um agente dispersor das partículas de cimento, o que como consequência traz a melhor distribuição das partículas, resultando em uma melhora na coesão e na trabalhabilidade do concreto.

2.5 CONCRETAGEM DAS AMOSTRAS

Objetivando-se o alcance das metas propostas, foram analisados 3 grupos experimentais contendo 3 amostras cada, com dimensões de (12 x 20 x 205) cm. O experimento foi realizado no canteiro de obras de uma construtora local que forneceu o espaço e o material utilizado no estudo. A temperatura ambiente estava em torno de 30° . Após a mistura dos materiais na betoneira, foi adicionada água em poucas quantidades, verificando-se o abatimento através do *Slump-Test*, até atingir-se o valor de $8,5 \pm 2$ cm. Após a obtenção do abatimento esperado, foi moldado o primeiro grupo de amostras seguindo os procedimentos estabelecidos na NBR 14931:2004⁶. 3 corpos de prova foram moldados de acordo com a NBR 5738:2003³, sendo que para cada um, utilizou-se o concreto de uma viga diferente, fazendo

assim com que cada viga tenha um corpo de prova, para posterior ensaio de resistência à compressão. A Figura 3 mostra as vigas e corpos de prova do Grupo 01 depois da moldagem.

Figura 3: (a) Vigas do Grupo 01; (b) Corpos de Prova do Grupo 01.



Fonte: Do Autor, 2014.

Após o término da concretagem do primeiro grupo de amostras, o concreto foi despejado em uma caixa de madeira conforme mostra a Figura 4^a. O conteúdo da caixa foi dividido em duas partes iguais, que foram despejadas em duas betoneiras conforme ilustrado nas Figuras 4b e 4c. A cada intervalo de 30 minutos as betoneiras eram ligadas por 5 minutos, agitando-se a mistura, simulando com isso um caminhão betoneira.

Figura 4: (a) Caixa de madeira contendo toda a mistura de concreto utilizada. (b)(c): Betoneiras onde o concreto permaneceu durante o experimento.



Fonte: Do Autor, 2014.

Decorridos 150 minutos, tempo máximo de aplicação do concreto de acordo com a NBR 7212:1984⁴, mediu-se o abatimento do concreto com o *Slump-Test* realizando-se a primeira correção com aditivo plastificante de forma a obter-se o abatimento inicial de $8,5 \pm 2$ cm. Após este procedimento, moldou-se o segundo grupo de amostras, juntamente com a moldagem de 3 corpos de prova. O mesmo

procedimento foi executado após 240 minutos. No total, foram confeccionadas 9 vigas e 9 corpos de provas. Após 24 horas, os corpos de prova foram transportados até o LEE - Laboratório de Estruturas da UNESC, onde foram desmoldados, para o processo de cura estabelecido na NBR 5738:2003³, conforme a Figura 5.

Figura 5: Cura dos Corpos de prova.

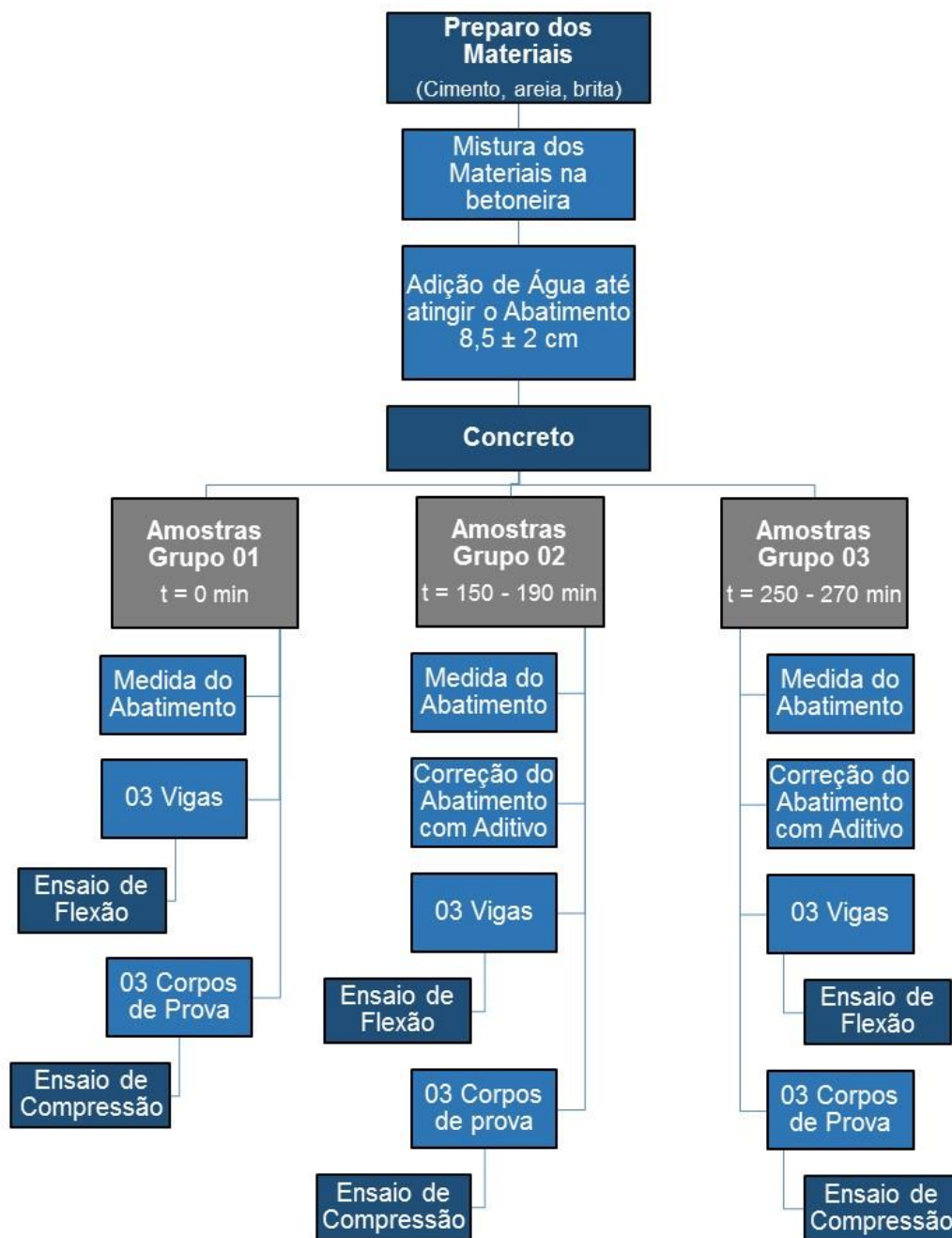


Fonte: Do Autor, 2014.

Posteriormente, os corpos de prova foram ensaiados à compressão utilizando-se a prensa hidráulica Emic PC 200, no LMCC - Laboratório de Materiais de Construção da UNESC, enquanto que as vigas permaneceram no canteiro da obra para o processo de cura. O processo de desforma das vigas ocorreu após 7 dias, sendo então transportadas com auxílio de caminhão “munck” até o LEE - Laboratório de Estruturas da UNESC para a execução dos ensaios de flexão em quatro pontos.

O fluxograma apresentado na Figura 6 traz todas as etapas do procedimento experimental.

Figura 6: Fluxograma do Procedimento Experimental.



Fonte: Do Autor, 2014.

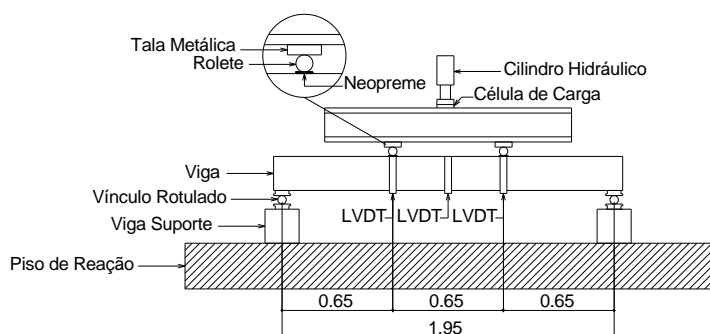
2.6 METODOLOGIA DE ENSAIO DAS AMOSTRAS

Os ensaios de flexão em quatro pontos foram realizados após os 28 dias de concretagem. O experimento foi desenvolvido utilizando-se um pórtico metálico e um cilindro hidráulico com capacidade de 500 kN. Foram instalados três transdutores de deslocamento (LVDT) de 100 mm em cada uma das vigas. Todas as vigas foram

submetidas ao ensaio de flexão em quatro pontos, com cargas aplicadas verticalmente (de cima para baixo), através de um cilindro hidráulico sob um perfil metálico. Tal dispositivo transferiu a carga para 2 pontos localizados a cada terço do vão teórico da viga, conforme mostra a figura 7. Os itens verificados no ensaio foram:

- Carga aplicada para atingir-se o deslocamento máximo previsto na NBR 6118:2007⁵.
- Carga até alcançar-se a ruptura das peças.
- Existência e configuração das fissuras.

Figura 7: Esquema do ensaio de flexão em quatro pontos.



Fonte: Do Autor, 2014.

Primeiramente foi aplicada uma carga até que a viga atingisse o deslocamento máximo previsto na NBR 6118:2007⁵ ($l/250$). Após este instante, continuou-se com a aplicação da carga, verificando-se o valor de carga necessário para a ruptura da viga, bem como o deslocamento obtido. Na sequência, foi realizada uma análise visual das fissuras. A Figura 8 demonstra a viga posicionada para o início do ensaio de flexão.

Figura 8: Viga posicionada para o início do ensaio de flexão.



Fonte: Do Autor, 2014.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 ABATIMENTO – *SLUMP-TEST*

O *Slump-Test* foi executado objetivando-se atingir o abatimento de $8,5 \pm 2$ cm em todas as moldagens. Após ser adicionada água à mistura inicial, obtém-se o valor esperado de abatimento. A Figura 9 mostra o resultado do ensaio inicial.

Figura 9 – Medida do abatimento através do *Slump-Test* inicial.



Fonte: Do Autor, 2014.

Após 150 minutos, período no qual não há a incorporação de aditivo na mistura, obtém-se um abatimento de 4 cm, conforme ilustrado pela Figura 10.

Figura 10 – Medida do abatimento através do *Slump-Test* após 150 minutos.



Fonte: Do Autor, 2014.

Após 240 minutos de mistura, tem-se como abatimento resultante o valor de 5,5 cm. Verificou-se, porém, que o concreto já estava sob efeito do aditivo incorporado para a correção do abatimento, no tempo de 150 minutos. A Figura 11 apresenta o resultado do ensaio de abatimento após 240 minutos.

Figura 11 – Medida do abatimento através do *Slump-Test* após 240 minutos.



Fonte: Do Autor, 2014.

A Tabela 2 permite uma análise da evolução do abatimento, sendo considerado como valor final o tempo transcorrido para a correção do abatimento e moldagem.

Tabela 2 – Resultado do abatimento ao longo do tempo antes e após a correção com aditivo.

Tempo Inicial (min)	Abatimento Inicial (cm)	Tempo Final (min)	Abatimento Final Corrigido (cm)
0	8,5	0	8,5
150	4,0	190	8,5
240	5,5	270	8,5

Fonte: Do Autor, 2014.

3.2 RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO

Após 28 dias de moldagem, os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de compressão, sendo os resultados dispostos na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados obtidos no Ensaio de Compressão.

Grupo	Amostra	Resistência (MPa)	Grupo	Amostra	Resistência (MPa)	Grupo	Amostra	Resistência (MPa)
1	1	22,4	2	1	24,7	3	1	25,3
	2	20,7		2	24,4		2	26,0
	3	15,5		3	22,9		3	24,9
Média		19,5	Média		24,0	Média		25,4
D. P.		3,59	D. P.		0,96	D. P.		0,56

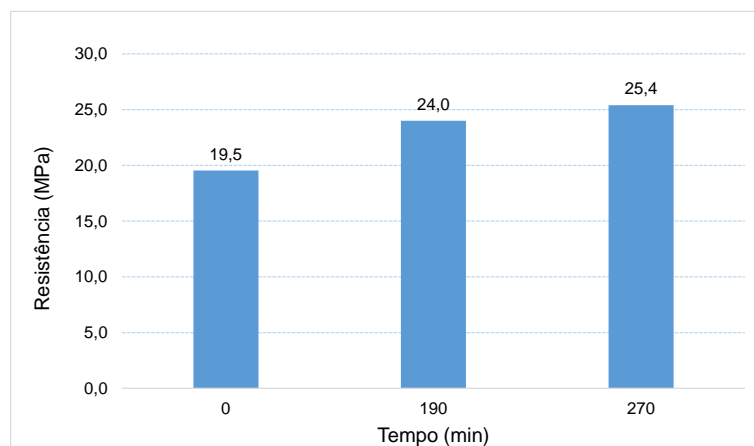
Fonte: Do Autor, 2014.

De acordo com os dados contidos da Tabela 3, é possível observar que a resistência do concreto aumentou com o decorrer do tempo, feitas as devidas correções do

abatimento quando ele é solicitado à compressão. O Grupo 02 apresentou um acréscimo de 23,08%, e o Grupo 03 um acréscimo de 30,26%, quando comparados à resistência obtida no Grupo 01.

Na Figura 12 pode-se observar a evolução da resistência à compressão.

Figura 12 - Resistência à compressão em diferentes tempos de aplicação.



Fonte: Do Autor, 2014.

3.3 RESISTÊNCIA A FLEXÃO

3.3.1 CARREGAMENTO ATÉ $l/250$

Os dados obtidos para a resistência à flexão foram divididos em duas partes. O primeiro, exposto na Tabela 4, contém os resultados do carregamento quando atingida a flecha máxima ($l/250$), estabelecida pela NBR 6118:2007⁵.

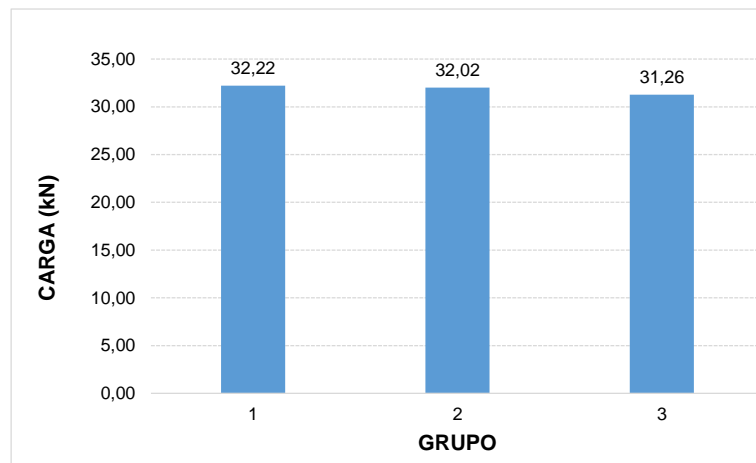
Tabela 4 – Resultados da carga necessária para atingir-se a flecha máxima ($l/250$).

Grupo 01			Grupo 02			Grupo 03		
Viga	Carga (kN)	Flecha (mm)	Viga	Carga (kN)	Flecha (mm)	Viga	Carga (kN)	Flecha (mm)
A	33,73	7,80	A	32,65	7,80	A	31,56	7,80
B	32,22	7,80	B	33,41	7,80	B	31,21	7,80
C	30,71	7,80	C	29,99	7,80	C	31,01	7,80
Média	32,22	7,80	Média	32,02	7,80	Média	31,26	7,80
D. P.	1,51	0,00	D. P.	1,80	0,00	D. P.	0,28	0,00

Fonte: Do Autor, 2014.

O Grupo 02 apresentou carga 0,62% menor, enquanto o Grupo 03 possui um valor 2,98% menor, comparando-se com a carga do Grupo 01. Na Figura 13 pode-se analisar graficamente a evolução da carga média necessária para alcançar-se a flecha máxima ($\ell/250$).

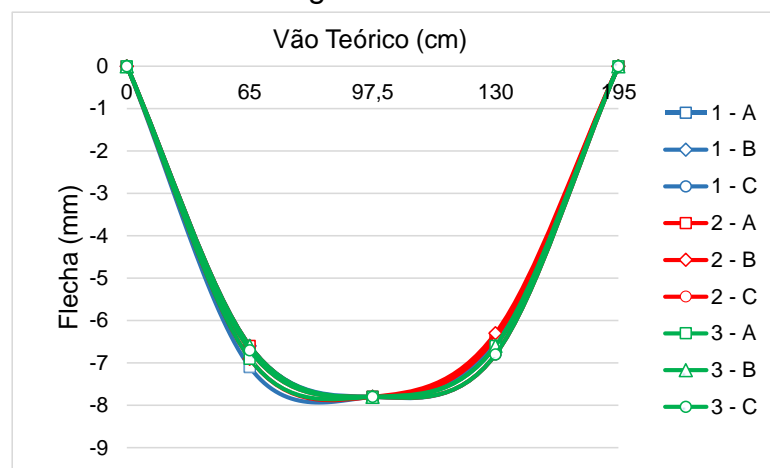
Figura 13 – Cargas médias de cada grupo necessárias para atingir-se a flecha máxima de $\ell/250$.



Fonte: Do Autor, 2014.

Por fim, a Figura 14, traz a análise do comportamento da linha elástica de cada viga no momento da flecha máxima ($\ell/250$).

Figura 14– Linha Elástica de cada viga no momento da flecha máxima ($\ell/250$).



Fonte: Do Autor, 2014.

3.3.2 CARREGAMENTO ATÉ A RUPTURA

A Tabela 5 expressa os valores referentes ao carregamento necessário para atingir a ruptura, bem como os respectivos deslocamentos de cada viga.

Tabela 5 – Resultados da carga necessária para atingir-se a ruptura.

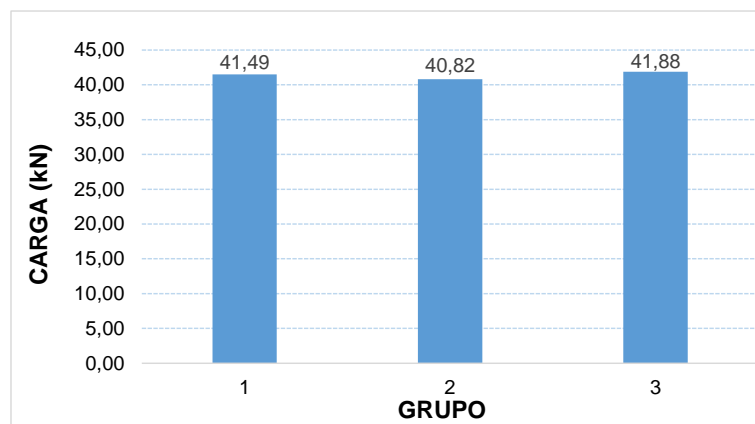
Grupo 01			Grupo 02			Grupo 03		
Viga	Carga (kN)	Flecha (mm)	Viga	Carga (kN)	Flecha (mm)	Viga	Carga (kN)	Flecha (mm)
A	42,70	21,33	A	41,29	11,04	A	41,72	23,92
B	40,69	22,58	B	40,25	10,12	B	41,82	11,59
C	41,07	16,58	C	40,93	17,67	C	42,09	11,81
Média	41,49	20,16	Média	40,82	12,94	Média	41,88	15,77
D. P.	1,07	3,17	D. P.	0,53	4,12	D. P.	0,19	7,05

Fonte: Do Autor, 2014.

Conforme se pode observar na Tabela 5, a carga necessária para atingir-se a ruptura no Grupo 02 apresentou um valor 1,61% menor em relação ao Grupo 01. Já na etapa final, as amostras do Grupo 03 apresentaram uma carga 0,94% maior do que observado no Grupo 01.

Na Figura 14 pode-se analisar a carga média necessária para a ruptura em cada grupo de amostras. De maneira geral, a carga se manteve constante, indicando que à resistência a flexão, na ruptura, não sofreu alterações.

Figura 15 – Cargas médias de cada grupo necessárias para atingir-se a ruptura.



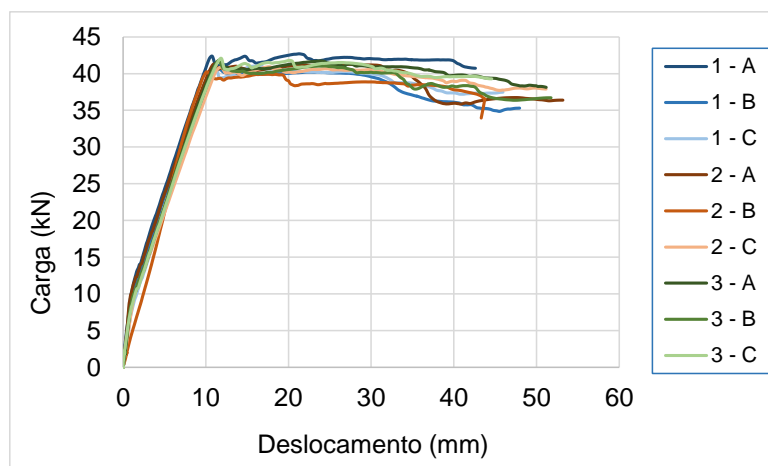
Fonte: Do Autor, 2014.

No que se refere aos deslocamentos das vigas, como se pode observar ainda na Tabela 5, em comparação ao Grupo 01, o Grupo 02 apresentou uma flecha em

média 35,85% menor, enquanto o Grupo 03 apresentou uma flecha com valor médio 21,77% inferior.

A Figura 16 representa os valores de deslocamento (mm) *versus* valores de carregamento aplicados (kN).

Figura 16: Resultados do deslocamento para levar as vigas à ruptura *versus* carga.



Fonte: Do Autor, 2014.

3.4 COMPORTAMENTO QUANTO À FISSURAÇÃO

O comportamento das vigas quanto à fissuração foi avaliado apenas de forma visual. Tanto no Grupo 01, onde a utilização foi imediata após o contato com a água, (representado pela Figura 16), quanto nos demais grupos, utilizados em diferentes idades (Figura 17 e Figura 18), é semelhante o comportamento observado, em relação a posição, forma e tamanho da abertura.

Figura 17 – Fissuras no Grupo 01, para as amostras A, B e C, respectivamente.



Fonte: Do Autor, 2014.

Figura 18 – Fissuras no Grupo 02, para as amostras A, B e C, respectivamente.



Fonte: Do Autor, 2014.

Figura 19 – Fissuras no Grupo 03, para as amostras A, B e C, respectivamente.



Fonte: Do Autor, 2014.

4. CONCLUSÕES

Diante dos resultados expostos neste trabalho, observa-se que o abatimento é uma propriedade imprescindível em uma mistura de concreto, uma vez que o prazo de aplicação estabelecido na NBR 7212:1984⁴ de no máximo 150 minutos, pode se estender desde que seja mantida a trabalhabilidade com a utilização apenas de aditivos plastificantes e não haja alteração da relação água/cimento da mistura, sem que isso resulte em alterações significativas das propriedades mecânicas do concreto, quando à flexão e à compressão, para o tempo de aplicação estudados.

Verifica-se que a tensão de compressão média sofreu um aumento ao longo dos 270 minutos, e que a carga necessária para atingir-se a ruptura se manteve constante. Os resultados obtidos neste trabalho corroboram o estudo realizado pelos pesquisadores da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (ROHDEN, DAL MOLIN e VIEIRA⁹ (2011), onde se verifica um aumento da resistência à compressão ao longo do tempo de uso, mantendo-se o abatimento apenas com o uso de aditivos superplastificantes.

Cabe ressaltar que os resultados deste trabalho são válidos para o grupo específico de amostras utilizadas, bem como os materiais da mistura do concreto, tipo de

aditivo, condições e procedimentos particulares adotados. Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se a avaliação experimental da resistência à flexão, utilizando-se concreto por um tempo superior ao prazo de aplicação, mantendo-se o abatimento inicial apenas com uso de aditivos, ultrapassando-se as 4 horas vistas neste estudo, para que assim possa-se analisar a possível degradação do concreto devido ao alto consumo de aditivo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

³ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003. 3p.

⁴ ____NBR 7212: **Execução de concreto dosado em central**. Rio de Janeiro, 1984.

⁵ ____NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto**. Rio de Janeiro, 2007.

⁶ ____NBR 14931: **Execução de estruturas de concreto: Procedimento**. 2004.

¹CHUST, A. C.; FIGUEIREDO F^o, J. R. **Concreto armado: cálculo e detalhamento de estrutura**. 2. ed. São Carlos: Edusfcar, 2005.

²PETRUCCI, Eladio G. R. **Concreto de Cimento Portland**. 13^a ed., revisado por Vladimir A. Paulon, São Paulo: Editora Globo, 1998, 307 p.

⁸NEVILLE, A. M. - **Propriedades do Concreto**. Tradução de Salvador E. Giammusso. São Paulo, PINI, 1997.

⁷MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 3.ed. São Paulo: IBRACON, 2008.

⁹ROHDEN, A.B.; DAL MOLIN, D.C.C.; VIEIRA, G.L. **Tempo de lançamento do concreto: um novo paradigma**. IBRACROM, 2012.