

Influência do conteúdo em pasta nas propriedades de betões autocompactáveis



Lino Maia¹



Sandra Nunes²



Joaquim Figueiras³

RESUMO

O conteúdo em pasta de um betão autocompactável é normalmente dimensionado para assegurar a autocompactabilidade e para minimizar a dosagem de cimento de forma a alcançar a resistência à compressão especificada. Neste trabalho, foram realizadas 3 composições de betão autocompactável com diferentes conteúdos em pasta e mantendo uma razão $a/c = 0.40$. Mantiveram-se os materiais constituintes, mas as proporções na composição foram ajustadas para produzir composições com alto, médio e baixo conteúdos em pasta, exibindo comportamentos no estado fresco semelhantes. Para avaliar a autocompactabilidade no estado fresco, foram realizados os ensaios de espalhamento, caixa L e funil V. No estado endurecido realizaram-se os ensaios de compressão simples, módulo de elasticidade e compressão diametral a diversas idades. Paralelamente, avaliaram-se deformações em prismas devido à retracção e à fluência através de extensómetros embebidos no betão. Todos os provetes foram descofrados às 23 horas, sendo os prismas colocados numa câmara a 20 °C com uma humidade relativa de 50 % e os cilindros numa câmara a 20 °C com uma humidade relativa de 100 %. O carregamento no ensaio de fluência foi aplicado às 24 horas, 3 e 7 dias e foi mantido constante até aos 28 dias de idade. As composições estudadas exibiram comportamentos diferentes relativamente às propriedades mecânicas, retracção e fluência. O conteúdo de pasta deve ser dimensionada atendendo à idade de descofragem, evolução da retracção e da idade e grandeza de carregamento.

PALAVRAS-CHAVE

Betão autocompactável, fluência, retracção, conteúdo em pasta

¹ LABEST/FEUP, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 4200-465 Porto, Portugal. lino.maia@fe.up.pt

² LABEST/FEUP, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 4200-465 Porto, Portugal. snunes@fe.up.pt

³ LABEST/FEUP, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 4200-465 Porto, Portugal. jafig@fe.up.pt

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho reporta a investigação realizada sobre a influência do conteúdo em pasta em betões autocompactáveis de elevado desempenho e está inserido num estudo mais alargado sobre as propriedades de betão de elevado desempenho, obtido a partir de materiais disponíveis em Portugal [1]. O trabalho centrou-se essencialmente sobre o estudo da retracção por secagem e sobre a fluência para compreender melhor de que forma as proporções usadas no dimensionamento de uma composição de betão autocompactável (BAC) podem influenciar o desempenho estrutural, nomeadamente a perda de pré-esforço.

O betão é provavelmente o material de construção mais usado em todo o mundo. Contudo, nos dias de hoje os materiais têm de responder a questões como economia, qualidade, ambiente, etc. De acordo com Aïtcin [2] os construtores e donos de obra têm de compreender que o que é mais importante não é o custo de 1 m³ de betão mas antes o custo de 1 MPa ou o custo de 1 ano de ciclo de vida da estrutura.

O betão autocompactável (BAC) é um betão que foi inicialmente desenvolvido no Japão [3] para melhorar a durabilidade das estruturas de betão [4] e hoje em dia é já extensamente utilizado em diversos países. Segundo as recomendações europeias para a utilização do BAC (EFNARC) [5], trata-se de um betão que é capaz de fluir e consolidar através apenas do peso próprio, sem a adição de energia de compactação.

Vários investigadores propuseram diferentes métodos para dimensionar uma composição de betão autocompactável [3, 6-8]. Normalmente para se obter a autocompactabilidade a dosagem de agregados grossos é limitado e a relação água/finos é reduzida. Por se usarem maiores dosagens e diversidade de materiais finos a retracção e a fluência podem mudar significativamente neste tipo de betões.

As composições de betão autocompactável são normalmente dimensionadas para assegurar a autocompactabilidade, para minimizar a dosagem de cimento e para alcançar uma determinada resistência à compressão. Visto que o desempenho do betão endurecido pode ser altamente influenciado pela retracção e pela fluência, realizaram-se testes para estudar a evolução da retracção e da fluência, com carregamentos a diferentes idades. Refira-se que a bibliografia não é muito clara no que diz respeito ao comportamento por fluência de betões de elevado desempenho ou do BAC e que para razões a/c constantes, devido à presença do fíler nestes betões, um aumento do conteúdo em pasta não implica necessariamente um aumento da dosagem de cimento.

As propriedades mecânicas das composições estudadas foram a resistência à compressão, o módulo de elasticidade e a resistência à tracção por compressão diametral. Usaram-se composições com uma razão a/c = 0.40 (neste documento a razão a/c corresponde à razão entre a massa de água e a massa de cimento; segundo a Especificação E 464 a/c deveria corresponder à razão entre a massa de água e a massa de ligante) como compromisso entre a necessidade de composições estáveis no estado fresco e a obtenção de resistências iniciais elevadas que permitissem a aplicação de cargas de fluência elevadas às 24 horas.

2. TEORIA

2.1 Concepção das composições de BAC com o auxílio de planos factoriais

Nunes et al. [7] (LABEST / FEUP) utilizaram um plano factorial para modelar as propriedades relevantes do BAC e quantificar a robustez das composições. Assim, as composições apresentadas neste trabalho foram dimensionadas recorrendo ao conhecimento existente no LABEST / FEUP. Mantendo a razão a/c constante, e recorrendo aos modelos obtidos a partir do plano factorial modificaram-se alguns parâmetros de modo a alcançar composições com conteúdos em pasta elevado, médio e baixo, e mantendo as propriedades no estado fresco. Através deste procedimento, o conteúdo

em pasta variou, essencialmente, devido a uma variação da dosagem de fíler. Para a caracterização da autocompactabilidade foram usados os seguintes ensaios propostos nas recomendações EFNARC [5]: Ensaio de espalhamento, funil V e caixa L, sendo que para as composições utilizadas se esperava que estas pertencessem às seguintes classes: SF2 no espalhamento, VF2 no funil V e PA2 na caixa L.

2.2 Fluência e retracção

A fluência é definida como sendo uma deformação induzida por uma tensão (normalmente de compressão no caso dos betões) constante enquanto a retracção por secagem (posteriormente referida neste trabalho como retracção) é a deformação que ocorre devido à saída de água para o meio ambiente, com o tempo, quando sobre a peça não actuam tensões provocadas por acções exteriores. Os dois fenómenos não são independentes e como tal o princípio da sobreposição dos efeitos não deve ser aplicado. No entanto, para muitas aplicações práticas é aceitável considerar que os dois fenómenos são independentes, ou seja, aditivos [9]. Como neste trabalho como a deformação total era o mais importante tratou-se a retracção e a fluência como sendo fenómenos independentes.

Para um material sujeito à fluência, quer a curva típica da deformação em função do tempo quer as curvas referentes aos três estágios de deformação são vulgarmente conhecidos e podem ser facilmente encontrados na bibliografia [9-11]. Vários autores avaliaram a influência do conteúdo em pasta na retracção e na fluência, contudo, as composições não eram autocompactáveis e possuíam diferenças significativas no estado fresco ou no estado endurecido. Normalmente, a água, a razão a/c ou as propriedades no estado fresco mudavam significativamente de composição para composição. Normalmente este tipo de estudo não era realizado em BAC e a variação do conteúdo em pasta era obtida através da variação da dosagem de cimento. Como neste estudo foram usadas composições de BAC as variações no conteúdo em pasta foram principalmente devidas à alteração da dosagem de fíler sendo os restantes parâmetros ajustados de forma a manter as composições semelhantes no estado fresco.

Também no que respeita à fluência a maioria dos estudos comparativos entre composições não foi realizado sob tensão constante mas antes com razão tensão e resistência à compressão constante. Como na maior parte dos casos práticos o valor da força está predefinido, independentemente do valor da resistência à compressão, neste trabalho optou-se por manter a tensão de compressão. Usando composições de betão normal com razão a/c = 0.65, Neville [10] encontrou maior fluência em composições com maior conteúdo em pasta de cimento, no entanto, é importante referir que a carga foi aplicada aos 14 dias e que a razão (tensão aplicada) / (resistência à compressão) foi mantida constante, correspondendo a 60% da tensão de rotura.

3. EXPERIMENTAL

3.1 Materiais

Executaram-se três composições diferentes de betão autocompactável. Usaram-se os mesmos materiais mas as proporções foram ajustadas para se obter BACs com alto, médio e baixo conteúdo em pasta. Usou-se uma razão a/c = 0.40 para todas as composições. Todos os agregados estavam secos aquando da mistura, sendo a massa volúmica da areia fina, da areia grossa e da brita 2.63, 2.31 e 2.62 g/cm³, e o coeficiente de absorção 0.83 %, 0.61 % e 3.06 %, respectivamente, avaliados de acordo com a EN 1097-6:2000. Usou-se um cimento CEM I 42.5R constituído por 90.2 % de clínquer e com massa volúmica de 3.13 g/cm³ enquanto o fíler usado era de origem calcária com massa volúmica de 2.70 g/cm³. Usou-se ainda um superplastificante de 3ª geração à base de policarboxilatos de massa volúmica de 1.05 g/cm³ sendo o teor em sólidos de 18.5%. No Quadro 1 e no Quadro 2 apresenta-se a distribuição granulométrica dos agregados e uma breve descrição dos materiais.

Quadro 1. Distribuição granulométrica dos agregados

Abertura	Areia fina	Areia grossa	Brita
----------	---------------	-----------------	-------

[mm]	[%]	[%]	[%]	<i>Material</i>	<i>Características</i>
32	100	100	100	Cimento	CEM I 42.5 R (Portland)
16	100	100	99	Adição mineral	Fíler calcário
8	100	100	48	Superplastificante	Sika Viscocrete 3006
4	100	99	8	Agregado fino 1	Areia fina natural
2	98	84	4	Agregado fino 2	Areia grossa natural
1	94	46	3	Agregado grosso	Brita granítica
0.500	81	4	2		
0.250	30	0	2		
0.125	1	0	1		
0.063	0	0	1		

Quadro 2. Características dos materiais

3.2 Proporções das composições BAC

No Quadro 3 são apresentadas as quantidades de constituintes do betão usadas em cada uma das três composições estudadas. A água adicionada durante a amassadura foi corrigida de modo a atender à água presente no superplastificante assim como à água necessária para saturar os agregados. Nas amassaduras estudadas o volume de pasta foi 42.9 %, 39.8 % e 36.7 % para as composições alto, medio e baixo conteúdo em pasta, respectivamente.

Quadro 3. Quantidades de constituintes do betão, por metro cúbico, para as composições com alto, médio e baixo conteúdo em pasta

<i>Material</i>	<i>Alto</i> [Kg]	<i>Médio</i> [Kg]	<i>Baixo</i> [Kg]
Cimento	438.0	429.1	417.0
Fíler	303.3	239.2	178.1
Água efectiva	175.2	171.6	166.8
Superplastificante	6.84	6.68	6.60
Areia fina	341.8	391.8	413.4
Areia grossa	337.0	300.7	313.1
Brita	734.0	796.6	842.8

3.3 Mistura

Todas as misturas foram preparadas em laboratório em amassaduras de 160 litros pelo seguinte procedimento: 1) misturar os agregados com 25 % da água total durante 2.5 minutos; 2) parar a mistura durante 2.5 minutos; 3) adicionar cimento, fíler, restante água e superplastificante e misturar durante 5 minutos; 4) parar a mistura durante 1 minuto 5) misturar durante 3 minutos; 6) testar a autocompactabilidade e betonar.

3.4 Ensaios

Os ensaios para caracterização da autocompactabilidade foram realizados seguindo o procedimento indicado nas recomendações EFNARC [5]. Para cada composição foram betonados os seguintes provetes: 7 prismas ($10 \times 10 \times 50 \text{ cm}^3$) e 18 cilindros ($d = 15 \text{ cm}$, $h = 30 \text{ cm}$). Todos os provetes foram desmoldados às 23 horas. Depois de desmoldados, todos os provetes foram armazenados a 20 °C, no entanto, os prismas destinados aos ensaios de retracção e fluência foram armazenados numa câmara com HR = 50 % enquanto os cilindros foram armazenados numa câmara com HR = 100 %.

Um dos prismas foi usado para medir a retracção enquanto os restantes 6 prismas para medir a fluência (2 para cada carregamento: 24 horas, 3 dias e 7 dias). Em 12 cilindros (3 por dia) avaliaram-

-se o módulo de elasticidade e a resistência à compressão às 24 horas, 3 dias, 7 dias e 28 dias. A resistência à tracção foi avaliada pelo ensaio de compressão diametral aos 3 dias e aos 28 dias nos restantes 6 cilindros (3 em cada dia). No interior de cada prisma foi colocado no centro um extensómetro de embeber para medir a deformação do betão. Os valores foram registados uma vez por minuto durante 28 dias. Também a temperatura no interior de cada prisma foi monitorizada durante pelo menos 24 horas.

Os ensaios de fluência foram realizados simultaneamente em dois prismas em sistemas hidráulicos estabilizados através da aplicação de uma tensão de compressão uniaxial. A carga aplicada foi mantida em 250 kN, impondo uma tensão de 25 MPa em todos os provetes.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta secção apresentam-se os resultados obtidos para as composições supra referidas. Em primeiro lugar, mostram-se os resultados referentes ao controlo da autocompactabilidade. Seguidamente apresentam-se as propriedades mecânicas e a temperatura e, por último, avalia-se a retracção e a fluência.

4.1 Autocompactabilidade

No Quadro 4 são apresentados os resultados do controlo de autocompactabilidade dos BACs estudados.

Quadro 4. Resultados dos ensaios de autocompactabilidade para as composições com alto, médio e baixo conteúdo em pasta

<i>Teste</i>	<i>Alto</i>	<i>Médio</i>	<i>Baixo</i>
Espalhamento [mm]	715	770	740
T50 [s]	2.8	2.1	1.9
Funil V [s]	10.5	11.7	9.7
Caixa L	0.85	0.87	0.88

De acordo com recomendações EFNARC [5] verifica-se a conformidade dos critérios propostos para as composições, ou seja, todas as composições são das classes: SF2, VF2 e PA2. Refira-se que, pelo facto de se usarem BACs neste estudo é muito importante que todas as composições tenham um comportamento semelhante no estado fresco.

4.2 Propriedades mecânicas e temperatura

Apresentam-se seguidamente nas Figs 1, 2 e 3 os resultados relativos à resistência à compressão, módulo de elasticidade e resistência à tracção por compressão diametral, respectivamente. Visto que os ensaios foram realizados sobre 3 provetes, apresentam-se ainda os resultados relativos ao desvio padrão de cada teste. Como se pode visualizar praticamente todas as propriedades mecânicas aumentaram ao longo do tempo. Quer a resistência à compressão quer o módulo de elasticidade apresentam um coeficiente de variação baixo (apenas por uma vez a variação foi superior a 5 %). Como era de esperar as composições com maior conteúdo em pasta apresentam uma resistência mais elevada [8], contudo refira-se que Rozière et al. [13] encontraram menores resistências em BACs com maior conteúdo em pasta.

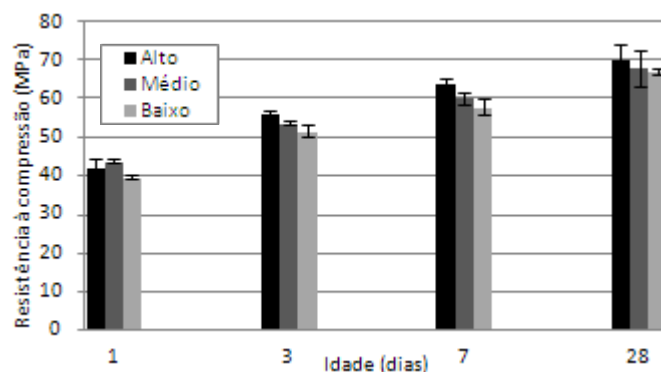


Figura 1. Desenvolvimento da resistência à compressão.

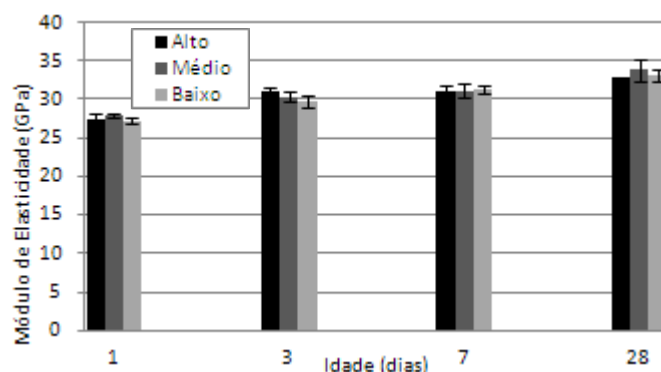


Figura 2. Desenvolvimento do módulo de elasticidade.

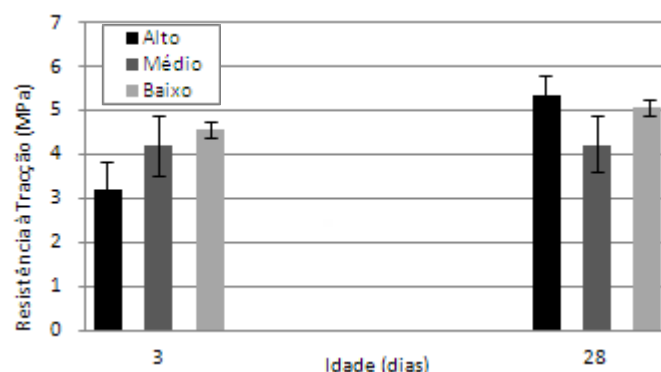


Figura 3. Desenvolvimento da resistência à tração por compressão diametral.

Verifica-se ainda que das 24 horas aos 28 dias o aumento observado para a resistência à compressão é mais significativo do que o aumento verificado para o módulo de elasticidade. Enquanto a resistência à compressão às 24 horas era próxima de 60 % da resistência à compressão aos 28 dias já o módulo de elasticidade às 24 horas apresenta um valor superior a 80 % do valor observado aos 28 dias.

Os resultados da Fig. 1 mostram que aos 3, 7 e 28 dias a resistência à compressão é maior para as composições com maior conteúdo em pasta. Já às 24 horas a resistência à compressão da composição com um conteúdo em pasta elevado foi menor do que a que tem um conteúdo em pasta médio. De referir que todos os cuidados foram tomados para os ensaios às 24 horas, no entanto é importante salientar que nestes ensaios qualquer atraso ou adianto na sua execução é muito mais significativo do que nas restantes idades.

No Quando 5 são apresentadas os valores máximos das temperaturas medidas para as diferentes composições pela sua análise verifica-se que os resultados são semelhantes para as três composições,

contudo parece existir uma certa tendência no sentido de que composições com mais pasta atinjam maiores temperaturas, provavelmente devido à maior dosagem de cimento.

Quadro 5. Temperaturas máximas no centro de prismas 10x10x50 cm³

	<i>Alto</i>	<i>Médio</i>	<i>Baixo</i>
Temperatura	26.6 °C±0.2 °C	26.5 °C±0.3 C	26.0 °C±0.2 °C

4.3 Retracção

As medições da retracção foram realizados em prismas a partir do momento da betonagem contudo desprezaram-se os resultados obtidos até às 24 horas. Na Fig. 4 apresentam-se as deformações por retracção para as composições com alto, medio e baixo conteúdo em de pasta assim como a curva de referência sugerida pelo Eurocódigo 2.

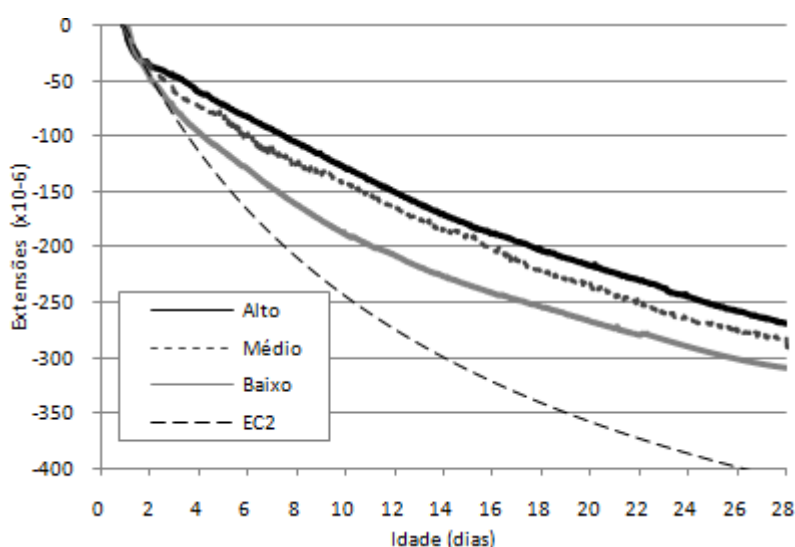


Figura 4. Deformação devida à retracção.

Analisando a Fig. 4 verifica-se que as composições com maior conteúdo em pasta tiveram menor retracção do que as que tinham menor conteúdo em pasta. Este facto pode provavelmente ser explicado porque o aumento de pasta nas composições usadas foi essencialmente realizado através do aumento da dosagem de filler. Note-se que a presença de filler acelera as reacções de hidratação do cimento, ou seja, faz diminuir o período dormiente obtendo-se baixa permeabilidade a idades inferiores [12]. No entanto, todas as composições mostraram ter menor retracção do que a curva de referência sugerida pelo Eurocódigo 2.

4.4 Fluência

A fluência foi medida em primas sujeitos uma tensão de compressão de 25 MPa. Na Fig. 5 apresenta-se a deformação total (deformação por retracção, deformação elástica e deformação por fluência) de cada prisma para as composições com alto, medio e baixo conteúdo em pasta para os carregamentos efectuados às 24 horas, 3 dias e 7 dias. Visto que para as aplicações correntes a fluência e retracção podem ser considerados como sendo fenómenos independentes [9] a evolução da deformação no tempo devido à presença de uma carga constante (deformação por fluência) pode ser avaliada pela subtracção da deformação elástica devido à aplicação da carga e da deformação devido à retracção. Na Fig. 6 apresentam-se as deformações médias apenas devido à deformação por fluência e ainda as curvas sugeridas pelo Eurocódigo 2 para a composição com conteúdo em pasta médio. A deformação elástica (subtraída à deformação total para a construção da Fig. 6) foi estimada através da tensão aplicada e o módulo de elasticidade apresentado na Fig. 2.

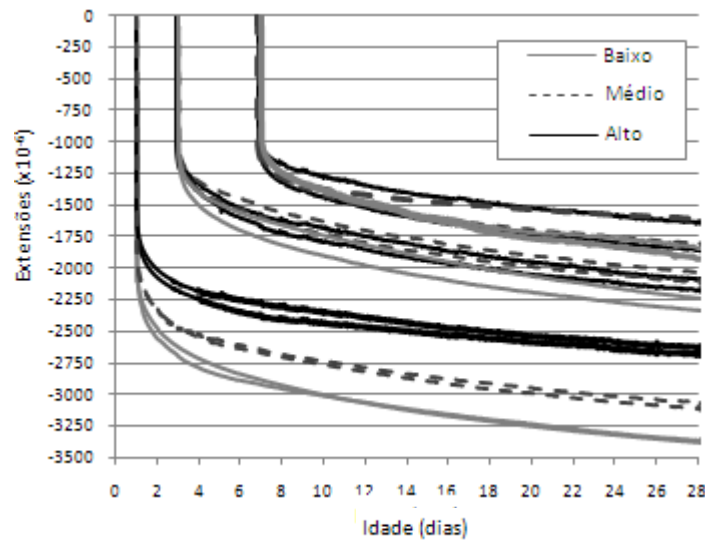


Figura 5. Deformação total de cada prisma devido à retracção, à deformação elástica e à fluência

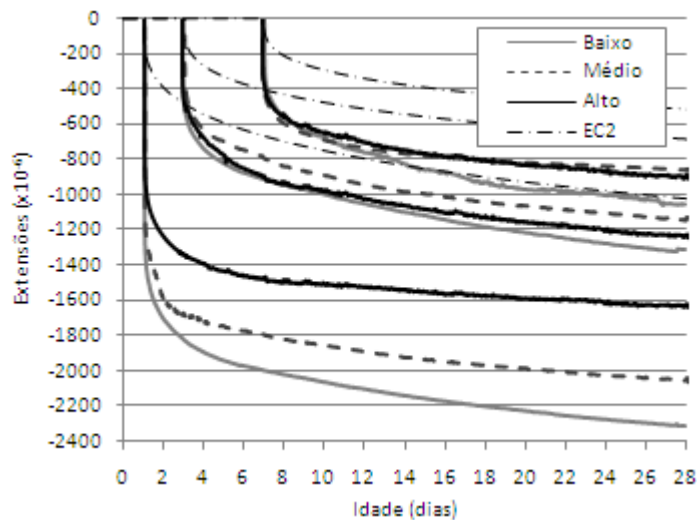


Figura 6. Deformação média devida à fluência

Visualizando as Figs. 5 - 6 verifica-se que a deformação é superior para composições com menor conteúdo em pasta. Este efeito observa-se especialmente para a aplicação da carga às 24 horas. Pode ainda ser observado que todas as composições apresentaram maior diferença entre a fluência às 24 horas e aos três dias do que entre os três dias e os 7 dias.

Os resultados apresentados no ensaio de fluência não estão de acordo com os resultados de vários autores que realizaram estudos em betão convencional. Tal como para a retracção, a explicação para este facto pode estar relacionada com a variação do conteúdo em pasta essencialmente pela variação da dosagem de fíler (que acelera as reacções de hidratação do cimento), e também talvez devido a uma possível maior compactidade conduzindo a composições com menor permeabilidade. Verifica-se ainda que todas as composições apresentaram até aos 28 dias deformações superiores às curvas de referência sugeridas pelo Eurocódigo 2.

No Quadro 7 apresenta-se a relação entre a tensão aplicada (sempre de 25 MPa) e a resistência à compressão no momento de aplicação da carga. Adicionalmente, apresenta-se a correspondente razão caso a carga tivesse sido aplicada aos 28 dias.

Quadro 7. Rácio entre tensão aplicada e resistência à compressão

<i>Idade do carregamento</i>	<i>Alto</i> [%]	<i>Médio</i> [%]	<i>Baixo</i> [%]
24 horas	59	57	63
3 dias	49	45	47
7 dias	42	39	42
28 dias	37	36	37

Analisando o Quadro 7 e as Figs. 5-6, observa-se que a fluência é maior para maiores razões tensão / resistência à compressão. De referir apenas uma excepção que se verifica para a composição com alto conteúdo em pasta com o carregamento às 24 horas. Observa-se ainda que nas composições estudadas ao fim de três dias a resistência à compressão já era pelo menos o dobro da tensão aplicada para a fluência.

De acordo com Neville [10], quando a razão entre a tensão aplicada e a resistência à compressão é inferior a 0.60 então a relação entre tensão e a deformação por fluência é próxima de linear. Contudo, para razões próximas de 0.60 a deformação por fluência aumenta muito mais do que a tensão aplicada. Este facto pode provavelmente explicar a elevada fluência observada para a composição BAC com menor conteúdo em pasta.

Finalmente de referir que, relativamente à fluência, quando se pretender aplicar uma carga permanente às 24 horas, como por exemplo, a aplicação de pré-esforço, com base nestes resultados, a composição com conteúdo em pasta elevado deve ser a composição escolhida por conduzir a menores deformações.

5. CONCLUSÕES

Investigou-se a influência do conteúdo em pasta em três composições de BACs distintas realizadas a partir dos mesmos materiais mas usando diferentes proporções de modo a obter composições com conteúdos em pasta alto, médio e baixo. Todas as composições apresentaram um comportamento no estado fresco semelhante.

Relativamente à retracção e à fluência, foram obtidos resultados substancialmente diferentes dos encontrados na bibliografia, para o betão convencional. Aparentemente, a dosagem de filler tem uma influência importante no que diz respeito às deformações de fluência e retracção.

As composições com maior conteúdo em pasta apresentaram propriedades mecânicas melhoradas relativamente às composições com menor conteúdo em pasta:

- ✓ As composições com maior conteúdo em pasta apresentaram menor retracção do que as composições com menor conteúdo em pasta;
- ✓ A fluência para carregamentos efectuados às 24 horas foi menor para composições com maior conteúdo em pasta. Contudo, para carregamentos aos 3 e 7 dias, a fluência foi semelhante para as três composições. Provavelmente este facto ficou a dever-se a uma maior diferença entre razões tensão / resistência à compressão às 24 horas do que nas outras idades;

As composições de BAC devem ser dimensionadas não apenas para garantir a autocompactabilidade e a resistência pretendida mas também atendendo aos fenómenos de retracção e de fluência. Este procedimento é principalmente recomendado para elementos muito susceptíveis à retracção e para carregamentos a idades jovens, respectivamente.

AGRADECIMENTOS

Especial agradecimento à Fundação Para A Ciência E A Tecnologia (FCT) pelo financiamento através da bolsa de doutoramento SFRH/BD/24427/2005 do primeiro autor e pelo financiamento do projecto PTDC/ECM/70693/2006 no qual se insere este trabalho.

REFERÊNCIAS

- [1] MAIA, L. M.; GEIKER, M.; FIGUEIRAS, J - Hydration of Portuguese cements, measurement and modeling of chemical shrinkage. Proceeding of Challenges for Civil Construction, 2008. Portugal.
- [2] AITCIN, P.-C. - Cements of yesterday and today: Concrete of tomorrow. Cement and Concrete Research. 30(9), 2000. p. 1349-1359.
- [3] OKAMURA, H.H.; K. OZAWA, M. Ouchi - Self-compacting concrete. Structural Concrete 1: 2000. p. 3-17
- [4] ESPING , Oskar - Early age properties of self-compacting concrete – Effects of fine aggregate and limestone filler, 2007, Department of Civil and Environmental Engineering, Building Technology, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden. Tese de Doutoramento.
- [5] EFRNAC, The European Guidelines for Self-Compacting Concrete. [www.http://www.efnarc.org/](http://www.efnarc.org/),2000.
- [6] LARRARD, F. & T. SEDRAN - Mixture-proportioning of high-performance concrete. Cement and Concrete Research, 2002. 32(11): p. 1699-1704.
- [7] NUNES, S., et al. - A methodology to assess robustness of SCC mixtures. Cement and Concrete Research, 2006. 36(12): p. 2115-2122.
- [8] SU, Nan [et. Al.] - A simple mix design method for self-compacting concrete, Cement and Concrete Research, 2001. 31(12): p. 1799-1807.
- [9] NEVILLE, A. M. - Creep of plain and structural concrete. Construction Press, 1983. London
- [10] NEVILLE, A. M. - Creep of concrete as a function of its cement paste content. Magazine of Concrete Research, 1964. V. 16, nº 46 (Mar.) 21-30
- [11] ATRUSHI, Dawood S. - Tensile and Compressive Creep of Early Age Concrete: Testing and Modelling, 2003. Department of Civil Engineering, The Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway. Tese de Doutoramento.
- [12] BOUASKER, M. P. Turcry; MOUNANGA, P. - Influence of paste on fracture behavior of SCC. CONCREEP 7 : September 12-14, 2005 - Nantes, France. 1ª ed. . [S. l.] : Hermes Science Publishing.
- [13] ROZIÈRE, Emmanuel; TURCRY, P; GRANGER, S. - Influence of paste on fracture behavior of SCC. CONCREEP 7 : September 12-14, 2005 - Nantes, France. 1ª ed. . [S. l.] : Hermes Science Publishing.