

**CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA
TRABALHOS FUTUROS**

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

6.1 – Introdução

Neste Capítulo são apresentadas as conclusões gerais de todo o trabalho efectuado no presente estudo e dos respectivos resultados. Apesar de alguns capítulos apresentarem no final conclusões, estas reflectem apenas os principais assuntos tratados nesses mesmos capítulos.

Serão sintetizadas todas as conclusões obtidas a longo deste trabalho e que estão directamente ligadas ao objectivo do presente estudo “otimização técnico-económica de misturas de betões auto-compactáveis”. Estas conclusões levantarão outras questões que deverão ser estudadas em futuras investigações para que este tipo de betão seja cada vez mais aceite pela indústria da construção. Desta forma, no final deste Capítulo serão apresentadas algumas propostas para futuras investigações.

6.2 – Conclusões

Tendo por base o método proposto por Nepomuceno [13], no qual se suportou praticamente toda a campanha experimental, o presente estudo revelou-se muito promissor, pois contribuiu para um avanço no conhecimento sobre betões auto-compactáveis na tentativa de torná-los mais competitivos face aos betões convencionais.

A necessidade de estudar separadamente as argamassas dos betões de forma a atingir os parâmetros reológicos que conduzissem aos betões auto-compactáveis levou ao desenvolvimento do programa experimental que veio a revelar-se bastante adequado. O menor volume das amassaduras das argamassas (1,60 litros) permitiram executar com maior facilidade e rapidez todo o processo experimental, necessitando apenas de três amassaduras para encontrar os parâmetros das argamassas que permitiram atingir os parâmetros reológicos que conduziram aos betões estudados. Os parâmetros das argamassas foram definidos da seguinte forma: $V_p/V_s=0,80$, $V_w/V_p=0,70$, $S_p/p\%=0,38$ e uma família de finos constituída por 40% de cimento Portland (CEM I 42,5R) e 60% de fíler calcário, sendo ambas as percentagens expressas em volume absoluto.

Definidos os parâmetros da argamassa, passou-se ao estudo dos betões, os quais diferiram entre si apenas pelo facto de conterem diferentes volumes de agregados grossos, traduzidos por diferentes razões V_m/V_g . Neste estudo o parâmetro V_m/V_g tomou os valores 2,4, 2,3, 2,2 e 2,1 de forma a avaliar a influência dos agregados grossos na auto-compactabilidade do betão. Cada betão foi calculado para um volume de 25 litros, sendo submetido aos ensaios de espalhamento, de fluidez e da Caixa-L, onde foi avaliada a deformabilidade, a viscosidade plástica e a auto-compactabilidade, respectivamente. Para avaliar a auto-compactabilidade do betão, foram elaboradas quatro amassaduras correspondentes aos valores tomados por V_m/V_g , as quais foram submetidas ao ensaio da Caixa-L para as quatro restrições diferentes. Neste ensaio o parâmetro que permitiu avaliar a auto-compactabilidade do betão foi o parâmetro H_2/H_1 . Os resultados obtidos neste ensaio permitiram perceber que para estruturas com taxas de armaduras

menos exigentes é possível aumentar o volume de agregados grossos na mistura e continuar a verificar o critério de auto-compactabilidade na Caixa-L, no qual o parâmetro H2/H1 deverá ser igual ou superior a 0,8. Assim, tendo em conta o objectivo deste trabalho foi possível otimizar as misturas em função da taxa de armaduras da estrutura a betonar (optimização técnica) reduzindo custos (optimização económica), pois ao aumentar o volume agregados grossos numa mistura reduzimos o volume de materiais finos que têm maior peso no custo de produção.

No presente trabalho foi possível também relacionar (ainda que de forma exploratória, pois carecem de um maior número de ensaios) o parâmetro H2/H1 obtido na Caixa-L para a restrição R1 com o parâmetro H2/H1 obtido na Caixa-L para as restantes restrições, através dos factores de conversão (FC). Estes factores de conversão permitirão que em laboratório se utilize apenas a restrição R1 para avaliar a auto-compactabilidade do betão mesmo que a taxa de armaduras do elemento a betonar se ajuste mais às restrições R2 e R3. Assim, para futuras investigações, na falta das restrições R2 e R3 é possível estimar o parâmetro H2/H1 na restrição R1 e aferir a auto-compactabilidade do betão utilizando estes factores de conversão.

Na adequação realizada à folha de cálculo (Excel) desenvolvida por Nepomuceno [13], ao introduzir a restrição que melhor traduz a obstrução do elemento a betonar, é calculado automaticamente o parâmetro V_m/V_g relativo a essa restrição, assim como também para as restantes restrições pois nas fórmulas estão colocados os factores de conversão.

Na fase final deste trabalho, foram ainda discutidos os custos de produção (apenas de matéria-prima) de betões auto-compactáveis com composição específica para cumprir os requisitos de auto-compactabilidade nas restrições R1, R2 e R3. Verificou-se uma redução de 1,99 €/m³ do betão com composição específica para a restrição R1 para o betão com composição específica para a restrição R2. Entre os betões com composições específicas para as Restrições R1 e R3 verificou-se uma redução de 2,70 €/m³. Desta forma atingiu-se o principal objectivo deste trabalho, pois através da optimização das misturas para situações particulares foi possível reduzir custos de produção. Apesar das diferenças dos custos de produção destes betões serem pequenas, permitiram encurtar um pouco mais a diferença entre os custos de produção de betões auto-compactáveis e betões convencionais. Estes custos foram ainda comparados com o custo de produção de um betão convencional C40/50, que deverá apresentar resistência semelhante aos betões auto-compactáveis analisados neste estudo. Concluiu-se que o betão convencional vibrado é cerca de 2,26 €/m³ menos dispendioso que um betão auto-compactável com composição específica para a restrição R3 e 4,96 €/m³ menos dispendioso que um betão auto-compactável com composição específica para a restrição R1.

Uma vez que estes custos estão inerentes apenas aos custos da matéria-prima, seria necessário estudar o custo global da produção dos betões convencionais e dos betões auto-compactáveis desde a sua produção na central, passando pelo transporte e por fim, a sua colocação em obra com a respectiva mão-de-obra associada. Sabe-se que em obra aquando a sua colocação, o betão auto-compactável não necessita de mão-de-obra especializada pois não necessita de vibração mecânica para a sua compactação (compacta-se apenas por acção da gravidade), minimizando assim custos associados à mão-de-obra. A decisão final passará pelos

responsáveis afectos à obra, desde o Dono de Obra, Entidades Executantes e Projectistas, que tendo em conta um produto final com melhor qualidade, avaliarão se compensará ou não a utilização do betão auto-compactável.

Para finalizar, importa salientar que as conclusões apresentadas neste Capítulo resultam directamente da discussão relativa ao estudo em argamassas e betões e devem ser interpretadas à luz da metodologia adoptada neste trabalho. Deverão ser considerados também os tipos e dimensões dos equipamentos, os procedimentos de amassadura das argamassas e dos betões e os procedimentos de ensaio.

6.3 – Recomendações para trabalhos futuros

Apesar das inúmeras investigações realizadas e do elevado conhecimento já existente sobre betões auto-compactáveis, é reconhecida a necessidade de prosseguir as investigações nesta área de forma a explorar todo o potencial do betão auto-compactável tornando-o cada vez mais eficiente. Desta forma apresentam-se de seguida algumas recomendações para investigações futuras.

No presente trabalho, a metodologia adoptada induz que a distribuição granulométrica dos agregados finos e grossos se mantenha constante em todos os betões produzidos. De forma a avaliar a influência na auto-compactabilidade, seria recomendável estudar em futuras investigações a produção de betões com diferentes distribuições granulométricas dos agregados finos e grossos mantendo iguais os restantes parâmetros. Do mesmo modo, poderia ser avaliada a influência na auto-compactabilidade resultante da utilização de agregados com diferentes massas volúmicas e naturezas (britado e rolado).

Os factores de conversão determinados neste trabalho tiveram em conta determinadas restrições com determinadas características. Desta forma, poderão ser determinados em investigações futuras outros factores de conversão, tendo em conta diferentes restrições com diferentes espaçamentos entre varões e diâmetros. Assim, permitiria também otimizar misturas tendo em conta novas restrições, tendo sempre como objectivo a auto-compactabilidade do betão, isto é, $H2/H1$ igual ou superior a 0,8 na Caixa-L. Seria também interessante estudar a possibilidade de utilizar agregados com maiores dimensões, uma vez que a máxima dimensão dos agregados adoptada no presente estudo foi de 19,1 mm. O estudo dos pontos referidos neste parágrafo só fariam algum sentido se permitissem reduzir custos de produção tornando os betões auto-compactáveis mais competitivos face aos betões convencionais.

As exigências funcionais da trabalhabilidade dos betões produzidos em laboratório segundo a metodologia adoptada deverão ser avaliadas na aplicação prática em situações reais em obra, onde também poderão ser avaliados a retenção da trabalhabilidade, sequência de amassadura, transporte e colocação em obra.

Outro aspecto que deverá ser avaliado com detalhe diz respeito à segregação estática do betão auto-compactável, em especial quando a sua deformação é condicionada pela presença de armaduras.

Quanto aos betões auto-compactáveis no estado endurecido, além do ensaio de resistência à compressão, deverão desenvolver-se investigações que avaliem ainda outras propriedades como o módulo de elasticidade, retracção e fluência.