

Controlo da produção de betões¹

J. L. Barroso de Aguiar²

Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho, Guimarães, Portugal

RESUMO

Em 14 de Dezembro de 1995 foi publicado o Decreto-Lei nº 330/95, no qual se pode ler que a produção, colocação em obra e verificação da conformidade dos betões de ligantes hidráulicos devem satisfazer as condições estabelecidas na Norma Portuguesa NP ENV 206.

Apresenta-se a forma como é tratado o controlo da produção de betões na norma referida. Alerta-se para a importância do controlo de qualidade com vista a diminuir as patologias comuns em obras de betão.

A aplicação das recomendações da NP ENV 206 exige a elaboração de um manual de qualidade. Esse manual deve referir as inspecções e ensaios a efectuar e a sua periodicidade. Com vista a auxiliar na elaboração do manual de qualidade de uma obra apresentam-se exemplos de fichas que poderão ser incluídas no mesmo.

1. INTRODUÇÃO

A produção e aplicação de betão devem ser acompanhadas convenientemente. O controlo da produção inclui um conjunto de procedimentos que compreendem inspecções e ensaios. Estas inspecções e ensaios estão previstos na NP ENV 206.

O controlo da produção de betões faz parte do conjunto de controlos que devemos efectuar para que as obras possuam o nível de qualidade desejável. Por vezes pensa-se que a qualidade de uma obra se consegue apenas com o controlo da qualidade dos materiais de acabamento e da sua aplicação.

Os materiais estruturais são desprezados, talvez, porque são conhecidos os coeficientes de segurança elevados que se utilizam para o dimensionamento e é suposto que os materiais de acabamento “escondam” tudo o que de errado se passa com a estrutura.

Com o exemplo do acréscimo de deformação instantânea e diferida que temos por não respeitarmos a classe do betão, pretendemos alertar para o facto da falta de qualidade dos materiais estruturais poder acarretar patologias nos materiais de acabamento. Essas patologias poderão ser fissurações em paredes divisórias e descolagem de revestimentos de pavimentos,

1 - Texto da comunicação apresentada no Seminário “Produção, Colocação e Controlo de Conformidade dos Betões (NPENV206)” realizado na Universidade do Minho em 96.05.15.

2 - Professor Auxiliar

por exemplo.

Para aplicar as recomendações da NP ENV 206 nas obras, em centrais de betão pronto e em instalações de prefabricação é necessário estabelecer para cada caso um manual da qualidade. Neste artigo apresentam-se alguns exemplos de fichas a incluir nesse manual da qualidade que servirão para no dia a dia de uma obra se registarem todas as inspecções e ensaios efectuados.

2. CONTROLO DA PRODUÇÃO DE BETÕES

O controlo da produção faz parte do controlo de qualidade que inclui, também o controlo da conformidade. A produção do betão compreende o fabrico, o transporte, a colocação, a compactação e a cura.

Para todas as fases da produção do betão podemos ver na NP ENV 206 o conjunto de inspecções e ensaios que devemos efectuar. Essas inspecções e ensaios referem-se a materiais, equipamentos, processo de fabrico e propriedades. São apresentados, também, as inspecções e ensaios a efectuar pelo empreiteiro no controlo do betão pronto.

O controlo da produção segundo o RBLH, agora revogado, era praticamente inexistente. Fazia-se quase exclusivamente o controlo da conformidade à posteriori. Apresentavam-se regras de qualidade para a produção do betão mas nada estava quantificado, por exemplo havia uma quase completa omissão no que se refere à periodicidade das inspecções e ensaios a efectuar.

Há vantagens do controlo da produção que são evidentes. Ninguém põe em causa que a segurança de uma obra de betão é influenciada pela qualidade desse material. No entanto, por vezes, esquece-se que o deficiente desempenho de um material estrutural conduz a patologias nos materiais de acabamento.

A um betão exige-se essencialmente resistência à compressão e durabilidade. Outras propriedades são importantes como: trabalhabilidade, protecção das armaduras e resistência à abrasão. Quando aplicado numa estrutura o betão deve apresentar segurança em relação aos estados limites últimos (resistência e encurvadura) e em relação aos estados limites de utilização (fendilhação e deformação).

Em relação aos estados limites últimos geralmente não há problemas de maior. As obras de betão não entram em colapso com facilidade apesar dos poucos cuidados com que por vezes são executadas. Os problemas principais surgem na segurança em relação aos estados limites de utilização. É corrente aparecerem patologias por fendilhação ou deformação excessivas das peças de betão armado.

A esse respeito podemos ver como o Eurocódigo 2 trata da deformação de um elemento de betão armado. Assim temos dois tipos de deformação: instantânea e diferida. A diferida é o resultado do somatório dos efeitos da retracção e da fluência.

A fluência pode ser calculada através de:

$$J(t, t_0) = 1/E_c(t_0) + \varphi_{(t, t_0)}/E_{c28} \quad (1)$$

em que:

t_0 é a idade do betão quando do carregamento inicial,

t é a idade considerada,

$J(t, t_0)$ é a função de fluência na idade t ,
 $E_c(t_0)$ é o módulo de elasticidade tangente na idade t_0 ,
 E_{c28} é o módulo de elasticidade tangente aos 28 dias de idade,
 $\varnothing_{(t,t_0)}$ é o coeficiente de fluência em função da deformação elástica aos 28 dias de idade, calculada com E_{c28}

A extensão total para um betão sujeito a um carregamento inicial na idade t_0 correspondente a uma tensão $\sigma(t_0)$ e sujeito a variações posteriores de tensão $\Delta\sigma(t_i)$ na idade t_i é dada por:

$$\varepsilon_{tot}(t, t_0) = \varepsilon_n(t) + \sigma(t_0) J(t, t_0) + \sum J(t, t_i) \Delta\sigma(t_i) \quad (2)$$

em que:

$\varepsilon_n(t)$ é a deformação imposta, independente da tensão (devida, por exemplo, a retracção ou efeito da temperatura).

Como se pode constatar em (2) $\varepsilon_{tot}(t, t_0)$ aumenta quando $J(t, t_0)$ e $J(t, t_i)$ aumentam. Por outro lado de (1) podemos tirar que $J(t, t_0)$ e $J(t, t_i)$, funções de fluência, aumentam quando diminui o módulo de elasticidade. Assim, verifica-se que quanto menor for o módulo de elasticidade do betão maior a deformação por fluência. O mesmo se passa, como é sabido com a deformação instantânea.

O Eurocódigo 2 apresenta os valores do módulo de elasticidade a considerar em casos em que não seja necessária grande precisão (Quadro 1). Verifica-se que quanto maior a classe do betão mais elevado é o módulo de elasticidade, logo menores são as deformações.

QUADRO 1: Variação do módulo de elasticidade com a classe do betão

Classe de resistência C	C 12/15	C 16/20	C 20/25	C 25/30	C 30/37	C 35/45	C 40/50	C 45/55	C 50/60
E_{cm} (GPa)	26	27,5	29	30,5	32	33,5	35	36	37

Em que:

E_{cm} é o módulo de elasticidade secante.

O módulo de elasticidade tangente é aproximadamente $1,05 E_{cm}$.

Podemos ainda referir que a fluência conduz a uma diminuição da resistência (Cruz, 1995) que se traduzirá numa maior deformação, devido à inevitável redução do módulo de elasticidade. A este respeito não podemos esquecer que a aplicação do método da complacência (Knott, 1976) a materiais hidráulicos (Aguiar, 1993), pôs em evidência o aumento da complacência após carregamento. Esse aumento da complacência vai dar origem a que com a mesma carga o material se deforme mais.

Por exemplo, podemos ver o que se passaria, em termos de deformação, numa obra de betão, projectada para um C25/30, na qual o betão aplicado fosse de uma classe inferior. O módulo de elasticidade seria naturalmente inferior e as deformações seriam por consequência maiores (Quadro 2).

QUADRO 2: Variação das deformações com a classe do betão

Classe de resistência C	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30
E_{cm}/ E'_{cm}	0,85	0,90	0,95	1,00
Deformação relativa	1,17	1,11	1,05	1,00

Em que:

E'_{cm} é o módulo de elasticidade de um betão da classe C25/30.

A análise do Quadro 2 permite verificar que o facto de não se respeitar a classe do betão implica deformações maiores. Para um C20/25 mais 5% e para um C16/20 mais 11%.

3. MANUAL DA QUALIDADE DE UMA OBRA DE BETÃO

Existe uma preocupação cada vez maior com a qualidade. Para se produzir com qualidade é necessário acompanhar todos os processos de fabrico, não esquecendo a qualidade das matérias primas. O manual da qualidade é o documento onde devem estar contidos todos os procedimentos a adoptar com vista à obtenção do nível de qualidade desejado. Uma obra deve ter um manual da qualidade que deverá ser elaborado de acordo com as NP 2732 e NP EN ISO 9001. Apresentam-se a seguir algumas fichas que poderão ser incluídas no manual da qualidade de uma obra, no capítulo de inspecções e ensaios relativos ao betão. Estas fichas foram elaboradas com base nas recomendações da NP ENV 206.

OBRA:

INSPECÇÃO ANTES DA BETONAGEM

PEÇA:

INSPECÇÕES EFECTUADAS:

- Geometria da cofragem;
- Posicionamento das armaduras;
- Não existência de poeira, serradura, neve, gelo e restos de arame de ligação das cofragens ou das camadas anteriores de betão;
- etc.

OBSERVAÇÕES:

Data,

O Responsável

OBRA:

INSPECÇÃO DURANTE O TRANSPORTE, COLOCAÇÃO
E COMPACTAÇÃO DO BETÃO FRESCO

PEÇA:

INSPECÇÕES EFECTUADAS:

- Manutenção da uniformidade do betão durante o transporte e colocação;
- Distribuição uniforme do betão no interior das cofragens;
- Compactação uniforme e ausência de segregação durante a compactação;
- etc.

OBSERVAÇÕES:

Data,

O Responsável

OBRA:

CURA DO BETÃO

PEÇA:

DATA DA BETONAGEM:

DATA DE FIM DA CURA:

MÉTODOS DE CURA UTILIZADOS:

OBSERVAÇÕES:

Data,

O Responsável

OBRA:

FABRICO DO BETÃO

CONTROLO DOS MATERIAIS

INERTES

Tipo de Inerte:

Fornecedor:

Data da entrega:

INSPECÇÕES EFECTUADAS:

- Inspeção da guia de remessa;
- Inspeção do fornecimento.

ENSAIOS:

Ensaio de peneiração

Data do último ensaio
efectuado sobre o mesmo tipo de inerte:

Data do próximo ensaio
a efectuar sobre o mesmo tipo de inerte:

A inspeção visual recomenda a realização deste ensaio?

Sim

Não

Em caso de resposta afirmativa recolher amostra e enviar para o Laboratório.

A data da entrega é anterior à data do próximo ensaio?

Sim

Não

Em caso de resposta negativa recolher amostra e enviar para o Laboratório.

Ensaio para detecção de impurezas

Data do último ensaio
efectuado sobre o mesmo tipo de inerte:

Data do próximo ensaio
a efectuar sobre o mesmo tipo de inerte:

A inspecção visual recomenda a realização deste ensaio?

Sim

Não

Em caso de resposta afirmativa recolher amostra e enviar para o Laboratório.

A data da entrega é anterior à data do próximo ensaio?

Sim

Não

Em caso de resposta negativa recolher amostra e enviar para o Laboratório.

OBSERVAÇÕES:

Data,

O Responsável

OBRA:

FABRICO DO BETÃO

CONTROLO DO EQUIPAMENTO

EQUIPAMENTO DE PESAGEM

INSPECÇÕES VISUAIS DO FUNCIONAMENTO

FREQUÊNCIA MÍNIMA: Diariamente

DATA	OBSERVAÇÕES

Data da última calibração:

Data da próxima calibração:

Data,

O Responsável

4. CONCLUSÃO

O controlo da produção do betão insere-se no controlo da qualidade que inclui, também, o controlo da conformidade. Para efectuar o controlo da produção devem seguir-se as recomendações da NP ENV 206. A não qualidade do betão poderá dar origem a patologias na estrutura e nos materiais de revestimento.

O manual da qualidade de uma obra deve incluir aspectos relativos ao betão, nomeadamente inspecções e ensaios a efectuar ao longo da produção. É importante a indicação da periodicidade com que devem ser realizadas essas inspecções e ensaios, bem como a elaboração de fichas que podem ser informatizadas, por forma a facilitar o trabalho do responsável pela produção do betão previsto na NP ENV 206.

REFERÊNCIAS

1. Aguiar, J. B., Essais d'adhérence des époxydes au béton hydraulique, *Materials and Structures*, 1993, Vol. 26, 90-97.
2. Cruz, P., Um novo modelo para a análise não linear e diferida de estruturas evolutivas. Parte I: Descrição geral, *Engenharia Civil*, UM, 1995, Vol. 2, 5-16.
3. Eurocódigo 2, Projecto de Estruturas de Betão, Versão Portuguesa, Comité Europeu de Normalização, 1991.
4. Knott, J. F., *Fundamentals of fracture mechanics*, Butterworths, London, 1976.
5. NP ENV 206, Betão - Comportamento, produção, colocação e critérios de conformidade, Norma Portuguesa, Instituto Português da Qualidade, 1993.
6. NP 2732, Garantia da qualidade, Guia para a elaboração de um Manual da Qualidade, Norma Portuguesa, Instituto Português da Qualidade, 1986.
7. NP EN ISO 9001, Sistemas da qualidade, Modelo de garantia da qualidade na concepção/desenvolvimento, produção, instalação e assistência após venda, Norma Portuguesa, Instituto Português da Qualidade, 1995.
8. RBLH, Regulamento de Betões de Ligantes Hidráulicos, aprovado pelo Dec. Lei nº 445/89 de 30 de Dezembro.