



DIÁRIO DO GOVERNO

PREÇO DESTE NÚMERO — 9\$60

Toda a correspondência, quer oficial, quer relativa a anúncios e a assinaturas do «Diário do Governo» e do «Diário das Sessões», deve ser dirigida à Administração da Imprensa Nacional, Rua de D. Francisco Manuel de Melo, 5, Lisboa-1.

ASSINATURAS			
As três séries . . .	Ano	850\$	Semestre 450\$
A 1.ª série	»	340\$	» 180\$
A 2.ª série	»	340\$	» 180\$
A 3.ª série	»	320\$	» 170\$
Apêndices (art. 2.º, n.º 2, do Dec. n.º 365/70) — anual, 300\$			
«Diário das Sessões» e «Actas da Câmara Corporativa» — por cada período legislativo, 300\$			
Para o estrangeiro e ultramar acresce o porte do correio			

O preço dos anúncios é de 12\$ a linha, acrescido do respectivo imposto do selo, dependendo a sua publicação do pagamento antecipado a efectuar na Imprensa Nacional, quando se trate de entidade particular.

SUPLEMENTO

SUMÁRIO

Ministério das Obras Públicas:

Decreto n.º 404/71:

Aprova o Regulamento de Betões de Ligantes Hidráulicos.

MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS

Conselho Superior de Obras Públicas

Decreto n.º 404/71

de 23 de Setembro

Constituindo os betões de ligantes hidráulicos materiais de generalizado emprego nas construções, e assumindo papel relevante a sua utilização em estruturas, as respectivas características e condições de aplicação têm larga incidência na economia e na segurança das obras.

Reconhecendo este facto, decidiu o Governo regulamentar as condições de fabrico e de utilização dos mesmos betões, tendo encarregado dos necessários estudos a Subcomissão dos Regulamentos de Cimentos e Betões, da Comissão de Revisão dos Regulamentos Técnicos e de Instituição de Novos Regulamentos.

Dos estudos efectuados, que tiveram como base um trabalho preliminar do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, resultou o regulamento aprovado pelo presente decreto.

Nestes termos:

Usando da faculdade conferida pelo n.º 3.º do artigo 109.º da Constituição, o Governo decreta e eu promulgo o seguinte:

Artigo único. É aprovado o Regulamento de Betões de Ligantes Hidráulicos, que faz parte do presente decreto e com ele baixa assinado pelo Ministro das Obras Públicas.

Marcello Caetano — Rui Alves da Silva Sanches.

Promulgado em 22 de Maio de 1971.

Publique-se.

O Presidente da República, AMÉRICO DEUS RODRIGUES THOMAZ.

MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

A evolução permanente da técnica da construção, o desenvolvimento dos meios de fabrico e de colocação em obra dos materiais, o nível e a constância de qualidade atingidos conduziram não só ao melhor aproveitamento das características desses materiais, mas também à sua utilização mais racional.

Todavia, à medida que as exigências aumentam e mais exploradas são as qualidades dos materiais, maiores terão de ser os cuidados a pôr no seu estudo e na sua fabricação, mais consciente a sua utilização, mais apertadas as tolerâncias e mais eficiente o *contrôle* das suas características.

São estas razões que têm levado os diversos países a estudar, e a manter actualizada em face do progresso da técnica, a regulamentação do emprego de um material tão importante e susceptível de grandes flutuações de qualidade como é o betão.

O Regulamento que se apresenta consta de seis capítulos, relativos a: disposições gerais; componentes do betão; composição; fabrico; betonagem, cura e desmoldagem; fiscalização e recepção. Contém ainda dois anexos: um diz respeito ao modo de caracterizar as propriedades resistentes do betão e o outro apresenta uma lista dos documentos normativos que têm relação directa com as disposições regulamentares.

Para a elaboração deste Regulamento, a Subcomissão dispôs da colaboração do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, que preparou os documentos de trabalho sobre os quais incidiu a discussão.

Apresenta-se a seguir uma descrição sumária do Regulamento, bem como a justificação geral da orientação adoptada nos seus diversos capítulos.

Sempre que foi julgado útil, introduziram-se no texto, a seguir ao articulado e em tipo diferente, comentários por meio dos quais se pretende esclarecer, justificar ou exemplificar a matéria especificada. Como é evidente, estes comentários não constituem disposições regulamentares.

1 — Disposições gerais

Este capítulo, introdutório do Regulamento, tem como principal finalidade estabelecer uma tipificação dos betões tendo em conta as exigências da sua utilização. Tal tipi-

ficação destina-se a simplificar e ordenar a apresentação, nos capítulos seguintes, das disposições a que devem satisfazer os betões para que cumpram as exigências que lhes são impostas.

São dois os tipos de betões considerados no Regulamento: o tipo B, que agrupa os betões caracterizados pela sua resistência mecânica, e o tipo BD, constituído pelos betões caracterizados pela sua durabilidade em face da agressividade do meio ambiente.

Cada um destes tipos de betões é subdividido em classes; as classes são definidas, para os betões do tipo B, em função da resistência, e, para os betões do tipo BD, em correspondência com as características de agressividade do meio ambiente, perante as quais há que assegurar a durabilidade do betão.

As classes de betões do tipo B são definidas pelos valores característicos das tensões de rotura que os betões apresentam aos vinte e oito dias de idade. Não se considerou necessário fixar no presente Regulamento um escalonamento das classes, competindo essa fixação aos regulamentos específicos das diversas aplicações do betão, quando tal for julgado conveniente; está nestas condições a regulamentação sobre estruturas de betão armado.

As classes de betões do tipo BD são estabelecidas para condições de agressividade do meio ambiente bem definidas e que correspondem às situações mais frequentes da prática: águas de elevada e moderada agressividade química e ambientes atmosféricos em que a temperatura pode, com frequência, atingir valores inferiores a -5°C .

A caracterização da agressividade das águas em contacto com o betão foi estabelecida de modo simplificado em face da multiplicidade dos factores que na prática podem ocorrer; assim, para esta caracterização, apenas se fazem intervir o valor da agressividade para o carbonato de cálcio e o teor total da água em determinados iões.

Uma outra propriedade que se considerou necessária para a caracterização dos betões, e que também é definida neste capítulo do Regulamento, é a qualidade, que afere, por intermédio da dispersão das tensões de rotura, a uniformidade do betão fabricado. O Regulamento exige, como é lógico, que para as classes de betões (quer do tipo B, quer do tipo BD) a que correspondem maiores exigências funcionais seja mais elevada a qualidade ou, o que é o mesmo, seja menor a dispersão de fabrico.

O capítulo contém, finalmente, disposições relativas à simbologia a utilizar na designação abreviada dos betões tendo em consideração o tipo, a classe e a qualidade que os caracterizam.

2 — Componentes do betão

No segundo capítulo são estipuladas as exigências relativas à natureza e qualidade dos diversos componentes do betão — ligantes, inertes, água de amassadura e aditivos — em função do tipo e classe do betão a fabricar e ainda de certas condições particulares da sua aplicação.

No que se refere aos ligantes, a definição das suas características e do modo de as determinar encontra-se fixada, para cada ligante, em legislação específica; o Regulamento pode assim limitar-se a citar essa legislação e a conter as disposições relativas à aplicabilidade dos diversos ligantes de acordo com o tipo e a classe do betão a que são destinados. Esta simplicidade de tratamento foi possível devido ao facto de os ligantes mais usados serem produtos industriais, em relação aos quais é, portanto, facilitada a normalização de características de qualidade.

Porém, no que diz respeito aos inertes e à água de amassadura, podendo a sua origem ser muito variada, com directo reflexo na variabilidade das respectivas carac-

terísticas, torna-se difícil estabelecer padrões estreitos de qualidade, pelo que o Regulamento apresenta um conjunto de exigências mínimas a satisfazer, dependentes das diversas aplicações do betão a que esses componentes se destinam.

Para facilitar a comprovação da qualidade dos inertes e da água de amassadura, o Regulamento contém disposições que permitem dispensar em alguns casos a realização dos ensaios estabelecidos para a determinação das características daqueles componentes; haverá apenas que fazer ensaios comparativos, no que se refere a resistência mecânica, entre betões ou argamassas fabricados com os materiais em estudo e com materiais de características já comprovadamente satisfatórias.

Inclui ainda o Regulamento disposições que limitam as quantidades máximas de certos compostos químicos existentes nos componentes do betão e que podem ser nocivos ao próprio betão ou às armaduras nele incorporadas; estas limitações referem-se aos halogenetos, aos sulfuretos, aos sulfatos e aos álcalis, sendo a fixação dos valores máximos admissíveis de cada um destes compostos feita em relação à massa de ligante utilizada, em função da natureza deste e dependendo ainda de o betão ser simples, armado ou pré-esforçado. As quantidades de tais compostos contidas em cada um dos componentes do betão devem, consequentemente, ser compatibilizadas de forma a não serem excedidos aqueles limites, que se referem, como foi dito, ao conjunto dos componentes.

3 — Composição do betão

Definidos, em função dos condicionalismos da aplicação, o tipo, a classe e a qualidade do betão a fabricar, há que estabelecer a sua composição em função dos componentes disponíveis e das condições particulares da obra; é desta matéria que trata o terceiro capítulo do Regulamento.

Depois de enunciar os principais factores que devem ser tidos em conta no estabelecimento da composição e de indicar a maneira de exprimir e registar esta composição em boletim próprio (boletim de fabrico), o Regulamento aborda os problemas relativos ao estudo da composição do betão.

Atendendo a que se trata de um material cujas propriedades, dependentes de numerosos factores, somente podem, em regra, ser verificadas após a sua aplicação, e tendo também em vista os prejuízos que resultam do emprego de um betão não satisfatório, compreende-se a conveniência de proceder a um estudo prévio da composição, tão cuidadoso quanto possível, a fim de assegurar que o material tenha, quando endurecido, as propriedades requeridas. Consequentemente, o Regulamento estabelece a obrigatoriedade de se proceder ao estudo teórico e experimental da composição dos betões.

Foi, no entanto, ponderado que, em certos casos, já porque se dispõe de informação suficiente, já porque o betão a fabricar não tem exigências especiais de utilização, poderá ser dispensada a realização do estudo da composição, bastando cumprir certas regras gerais indicadas no Regulamento.

Contém ainda o capítulo algumas condições a respeitar no doseamento de certos componentes do betão e cuja observância é obrigatória mesmo no caso de ser efectuado o estudo da composição: dizem respeito tais condições a dosagens mínimas de ligantes, a valores máximos da razão água/ligante e a quantidades de ar a incorporar nos betões sujeitos a baixas temperaturas. São também especificadas algumas regras gerais relativas à granulometria dos inertes a utilizar.

4 — Fabrico do betão

Incluem-se neste capítulo prescrições gerais relativas ao modo de efectuar o fabrico do betão, incidindo, nomeadamente, sobre os cuidados a ter no armazenamento dos componentes enquanto aguardam no estaleiro a sua utilização, sobre os níveis de precisão com que devem ser medidos os componentes do betão para efectuar o seu doseamento, sobre a necessidade de ter em conta a humidade dos inertes quando do seu emprego e, ainda, sobre o modo de efectuar a amassadura.

De entre estas prescrições têm especial importância as relativas à medição dos componentes, pois a precisão com que esta é efectuada condiciona fortemente a variabilidade das propriedades do betão; compreende-se, portanto, que se tenha estabelecido uma dependência entre o nível de precisão exigido e a qualidade do betão a fabricar e que sejam severas as exigências que neste domínio são estipuladas para os betões da qualidade 1.

São ainda referidas no capítulo algumas disposições que devem ser observadas quando haja que efectuar o fabrico do betão em condições térmicas ambientes desfavoráveis.

5 — Betonagem, cura e desmoldagem

Como se sabe, é necessário acompanhar de cuidados adequados todas as operações de manuseamento do betão que a sua aplicação na obra implica, bem como condicionar convenientemente o modo por que se processa o endurecimento do betão.

Assim, este capítulo do Regulamento contém diversas prescrições relativamente ao transporte e depósito do betão, à colocação e compactação e, finalmente, estabelece condições que devem ser observadas na cura e na desmoldagem.

Em relação ao transporte do betão, são referidos os diversos processos usualmente empregados, e apresentados os respectivos condicionamentos. No que diz respeito à colocação, são especificados os limites da temperatura do betão admissíveis, é fixado o intervalo máximo de tempo a respeitar entre a amassadura e a colocação e são apresentadas regras gerais a observar na colocação de betões em grandes massas, betões ciclópicos e betões em obras submersas; ainda relacionados com os problemas da colocação, são especificados os cuidados a ter na realização das juntas de betonagem e o modo de proceder à compactação do betão tendo em conta os meios para o efeito empregados. Quanto aos condicionalismos impostos para a cura, são indicados os diversos processos que podem ser empregados com vista a reduzir a perda prematura de água pelo betão. São finalmente apresentadas as disposições especiais a observar no transporte, na colocação e na cura do betão quando estas operações sejam efectuadas em condições de temperatura desfavoráveis.

As regras indicadas no Regulamento sobre a desmoldagem e o descimbramento das peças são completadas com a especificação de algumas condições a que devem satisfazer os moldes e os cimbramentos para que cumpram as funções a que se destinam.

6 — Fiscalização e recepção

Para garantir a boa execução das obras é fundamental assegurar a verificação e a fiscalização dos trabalhos realizados e da qualidade dos materiais empregados, actividades que devem ser tanto mais eficientes quanto mais severas são as exigências funcionais impostas.

No caso do betão, o problema toma particular acuidade em face do grande número dos parâmetros que podem

influir nas suas propriedades, os quais dependem da variabilidade dos componentes e das condições particulares de fabrico, aplicação e cura do betão.

E, conseqüentemente, este capítulo do Regulamento uma das suas partes mais importantes e que deveria, em princípio, conter matéria muito objectiva e devidamente pormenorizada.

Tal orientação mostrou-se, porém, difícil de concretizar, pois as situações a contemplar no que se refere à importância técnico-económica das obras são muito diversificadas, o que torna praticamente impossível abranger todos os casos numa regulamentação geral. Considerando ainda que, na conjuntura actual, a disponibilidade de meios para assegurar as actividades de verificação e fiscalização é bastante variável consoante as regiões do País, optou-se por estabelecer no Regulamento apenas regras gerais correspondentes a exigências mínimas, com suficiente latitude para serem aplicáveis à maioria dos casos, e deixar para os cadernos de encargos a particularização dessas regras, tendo em atenção a importância técnico-económica das obras e os meios técnicos disponíveis para proceder eficazmente ao *contrôle* do betão.

Assim, após um artigo de carácter geral em que são discriminadas as operações de verificação e fiscalização que devem ser executadas, o Regulamento estabelece a obrigatoriedade da existência de documentos denominados «boletim de fabrico do betão» e «livro de registo da obra», enumerando e definindo os elementos que devem conter. No caso do emprego de betão fabricado em central industrial, é especificado que a encomenda e o fornecimento do betão sejam acompanhados de documentos denominados, respectivamente, «boletim de encomenda» e «guia de remessa», que contêm os elementos de caracterização e de identificação do betão em causa.

Na parte final do capítulo são tratadas as questões relativas à recepção dos componentes e do betão; no que se refere a este, são estipuladas regras gerais de recepção, que, em seguida, são particularizadas para os casos dos betões do tipo B, do tipo BD e dos betões fabricados em central industrial.

Lisboa, Abril de 1971. — A Subcomissão: *Luiz de Castro Ferreira de Carvalho — António Joaquim Vieira Pereira dos Santos — António Inocêncio de Sousa Coutinho — António Maria Pereira Teixeira Coelho — Armando Frago de Matos — Carlos Martins de Oliveira — João d'Arga e Lima — João Augusto Dias Coelho — Joaquim Augusto Ribeiro Sarmento — Joaquim da Conceição Sampaio — Manuel Bravo — Raimundo de Quintanilha Pinto.*

REGULAMENTO DE BETÕES DE LIGANTES HIDRÁULICOS

SUMÁRIO

CAPITULO I

Disposições gerais

- Artigo 1.º — Objecto e campo de aplicação.
- Artigo 2.º — Documentos normativos aplicáveis.
- Artigo 3.º — Tipos de betões.
- Artigo 4.º — Qualidades de betões.
- Artigo 5.º — Classes de betões do tipo B.
- Artigo 6.º — Classes de betões do tipo BD.
- Artigo 7.º — Designação dos betões.

CAPITULO II

Componentes do betão

- Artigo 8.º — Ligantes.
- Artigo 9.º — Inertes.

- Artigo 10.º — Água.
 Artigo 11.º — Aditivos.
 Artigo 12.º — Quantidades de halogenetos, de sulfuretos, de sulfatos e de álcalis contidas nos componentes.

CAPÍTULO III

Composição do betão

- Artigo 13.º — Composição do betão.
 Artigo 14.º — Estudo da composição do betão.
 Artigo 15.º — Dosagens mínimas de ligante.
 Artigo 16.º — Valores máximos da razão água/ligante.
 Artigo 17.º — Granulometria dos inertes.
 Artigo 18.º — Quantidade de ar a incorporar nos betões do tipo BD da classe 3.

CAPÍTULO IV

Fabrico do betão

- Artigo 19.º — Fabrico do betão.
 Artigo 20.º — Armazenamento dos componentes.
 Artigo 21.º — Medição dos componentes.
 Artigo 22.º — Humidade dos inertes.
 Artigo 23.º — Amassadura.
 Artigo 24.º — Fabrico em condições de temperatura desfavoráveis.

CAPÍTULO V

Betonagem, cura e desmoldagem

- Artigo 25.º — Transporte.
 Artigo 26.º — Depósito.
 Artigo 27.º — Colocação.
 Artigo 28.º — Juntas de betonagem.
 Artigo 29.º — Compactação.
 Artigo 30.º — Cura.
 Artigo 31.º — Transporte, colocação e cura em condições de temperatura desfavoráveis.
 Artigo 32.º — Moldes e cimbramentos.
 Artigo 33.º — Desmoldagem e descimbramento.

CAPÍTULO VI

Fiscalização e recepção

- Artigo 34.º — Verificação e fiscalização.
 Artigo 35.º — Boletim de fabrico do betão.
 Artigo 36.º — Boletim de encomenda e guia de remessa do betão fabricado em central industrial.
 Artigo 37.º — Livro de registo da obra.
 Artigo 38.º — Recepção dos componentes.
 Artigo 39.º — Recepção do betão. Condições gerais.
 Artigo 40.º — Recepção dos betões do tipo B.
 Artigo 41.º — Recepção dos betões do tipo BD.
 Artigo 42.º — Recepção dos betões fabricados em central industrial.

ANEXO I — Determinação do desvio padrão, do coeficiente de variação e do valor característico da tensão de rotura do betão a partir dos resultados dos ensaios.

ANEXO II — Lista dos documentos normativos aplicáveis.

ÍNDICE ALFABÉTICO.

CAPÍTULO I

Disposições gerais**Artigo 1.º — Objecto e campo de aplicação**

O presente Regulamento estabelece as regras a observar no fabrico e na aplicação dos betões de ligantes hidráulicos destinados a obras de betão simples, armado e pré-esforçado.

São abrangidos directamente apenas os betões cuja composição e processos de fabrico e colocação são usuais. Para os betões especiais cumprir-se-ão, no entanto, todas as regras gerais deste Regulamento que lhes sejam aplicáveis.

Como se compreende, seria difícil tratar de forma sistemática no Regulamento os casos de betões que, pela sua composição e processos de fabrico ou de colocação, exijam técnicas especiais. São exemplos de tais betões os de massa volumica diferente da normal, os chamados betões coloidais, os betões empregados em construções erigidas por meio de moldes deslizes e os betões tratados pelo vácuo ou por vapor de água a temperaturas superiores à ambiente. No entanto, em grande parte, as prescrições do Regulamento são também aplicáveis a estes tipos especiais de betão, devendo, portanto, tais prescrições ser observadas.

O caso do betão a utilizar em grandes massas é objecto de disposições do regulamento os aspectos técnicos que o diferenciam dos betões usuais; o mesmo sucede no que se refere às condições de fiscalização e de recepção dos betões produzidos em instalações fixas e que se destinam a ser vendidos para aplicação por terceiros (betões fabricados em central industrial).

Artigo 2.º — Documentos normativos aplicáveis

As determinações experimentais para verificação das características dos betões e dos seus componentes, quando no texto do Regulamento não seja estipulado o documento normativo a respeitar, devem ser efectuadas de acordo com as normas portuguesas em vigor e, na falta destas, de acordo com as especificações aplicáveis do Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

No Regulamento encontram-se definidas diversas características dos betões e dos seus componentes, que, para efeitos de verificação, há necessidade de determinar experimentalmente. Existem já numerosas normas portuguesas especificando técnicas de ensaio que devem ser aplicadas nestas determinações. Estas normas não cobrem ainda todos os casos considerados no Regulamento, tornando-se necessário recorrer a outros documentos normativos, as especificações do L. N. E. C., que, para o efeito, foram especialmente preparadas e que, oportunamente, poderão vir a dar origem a normas portuguesas.

Os documentos normativos aplicáveis à data de publicação do presente diploma são indicados na lista do anexo II do Regulamento e são citados nos comentários dos diversos artigos.

Em certos casos existe já legislação específica estabelecendo as técnicas de ensaio a utilizar; estão nestas condições os diplomas que regulam o fornecimento e a recepção de certos tipos de ligantes. Nestes casos, tal legislação é citada no texto regulamentar.

Artigo 3.º — Tipos de betões

Os tipos de betões considerados no presente Regulamento são os seguintes:

Tipo B — Betão que é caracterizado por determinada resistência mecânica.

Tipo BD — Betão que é caracterizado pela durabilidade em meios ambientes agressivos.

As características mais importantes a exigir ao betão e que, em todos os casos, devem coexistir neste material, são a resistência mecânica e a durabilidade.

No entanto, dado que é necessário apresentar no Regulamento — e articulá-las com as exigências impostas pela utilização do betão — disposições destinadas a garantir especialmente uma ou outra daquelas características, há conveniência em adoptar a tipificação dos betões indicada neste artigo.

Um betão que, mercê dos condicionamentos da sua utilização, tenha de satisfazer exigências específicas de resistência e de durabilidade, deve, obviamente, pertencer simultaneamente aos dois tipos definidos e obedecer, portanto, às disposições regulamentares que a cada tipo correspondem: é o caso, por exemplo, de um betão a empregar numa estrutura em contacto com um ambiente agressivo.

Artigo 4.º — Qualidades de betões

As qualidades de betões consideradas no presente Regulamento são as que constam do quadro I, definidas em função dos valores do desvio padrão ou do coeficiente de variação das distribuições estatísticas das tensões de rotura por compressão ou por flexão aos vinte e oito dias. Os provetes para a determinação da tensão de rotura por compressão devem ser cúbicos, com 20 cm de aresta; os provetes para a determinação da tensão de rotura por flexão devem ser prismáticos, com as dimensões de 15 cm x 15 cm x 55 cm.

Quando, em casos especiais, haja necessidade de utilizar provetes com outras formas e dimensões, os resultados dos ensaios devem ser corrigidos de modo a referi-los aos provetes acima especificados. As correcções a adoptar devem, em cada caso, ser justificadas.

A determinação dos parâmetros da distribuição estatística das tensões de rotura deve ser efectuada de acordo com o indicado no anexo I do presente Regulamento.

QUADRO I

Qualidades de betões

Valores máximos dos parâmetros definidores da qualidade

Qualidade do betão	Parâmetros definidores da qualidade	Valor médio da tensão de rotura (kgf/cm ²)			
		Compressão		Flexão	
		≤ 350	> 350	≤ 50	> 50
1	Coefficiente de variação (%)	16	—	12	—
	Desvio padrão (kgf/cm ²)	—	55	—	6
2	Coefficiente de variação (%)	20	—	16	—
	Desvio padrão (kgf/cm ²)	—	70	—	8
3	Coefficiente de variação (%)	Sem especificação			
	Desvio padrão (kgf/cm ²)				

Enquanto não existirem normas portuguesas aplicáveis, a determinação das tensões de rotura do betão deve ser feita, por força do artigo 2.º, de acordo com as especificações LNEC seguintes:

LNEC E 226 — Betão. Ensaio de compressão.

LNEC E 227 — Betão. Ensaio de flexão.

LNEC E 255 — Betões. Preparação de provetes para ensaios de compressão e de flexão.

Artigo 5.º — Classes de betões do tipo B

A classe de um betão do tipo B é definida pelo valor característico da sua tensão de rotura por compressão ou por flexão aos vinte e oito dias, entendendo-se por valor característico aquele valor que é atingido com a probabilidade de 95 %.

A determinação das tensões de rotura do betão deve ser efectuada de acordo com o especificado no artigo 4.º A determinação dos valores característicos deve ser efectuada de acordo com o indicado no anexo I do presente Regulamento.

A classe do betão é designada pelo número que exprime o valor característico da sua tensão de rotura expresso em quilogramas-força por centímetro quadrado; no caso de a classe ser definida por tensões de rotura por flexão, na designação da classe deverá apor-se a letra F àquele número.

§ único. Os betões do tipo B devem ser das qualidades mínimas indicadas no quadro II em função da classe a que pertencem. Estes betões, no caso de serem fabricados em central industrial, devem, independentemente da classe, ser sempre da qualidade 1.

QUADRO II

Qualidades de betões do tipo B

Classes de betões do tipo B	Qualidade mínima exigida
≥ B300 ou ≥ B45F	1
> B180 e < B300 ou > B25F e < B45F	2
≤ B180 ou ≤ B25F	3

Note-se que, em geral, a classe dos betões do tipo B será referida ao valor característico da tensão de rotura por compressão. No entanto, haverá casos em que, sendo a resistência à tracção o parâmetro mais significativo, se torna conveniente definir a classe do betão pelo valor característico da tensão de rotura à tracção, determinada em ensaio de flexão.

Artigo 6.º — Classes de betões do tipo BD

As classes de betões do tipo BD consideradas no presente Regulamento são as seguintes:

Classe 1 — Betão que é caracterizado pela durabilidade quando em contacto com águas de elevada agressividade química.

Classe 2 — Betão que é caracterizado pela durabilidade quando em contacto com águas de moderada agressividade química.

Classe 3 — Betão que é caracterizado pela durabilidade quando exposto a ambientes em que a temperatura pode atingir, com frequência, valores inferiores a -5°C.

A definição da agressividade química das águas em contacto com o betão é dada no quadro III.

§ 1.º No caso de peças de grande espessura (betão em grandes massas), cuja superfície esteja em contacto com ambientes agressivos, a utilização dos betões do tipo BD só é imposta numa camada superficial cuja espessura seja suficiente para isolar a massa de betão da acção agressiva do ambiente exterior. A fixação desta espessura deve ser objecto de justificação em função das condições particulares de cada caso.

§ 2.º Os betões do tipo BD devem ser das qualidades mínimas indicadas no quadro IV em função da classe a

que pertencem. Estes betões, no caso de serem fabricados em central industrial, devem, independentemente da classe, ser sempre da qualidade 1.

QUADRO III

Definição da agressividade química das águas em contacto com o betão

Agressividade química da água	Valor da agressividade para o carbonato de cálcio, expresso apenas em $CaCO_3$ (mg/dm ³)	Teor em iões agressivos (1) (mg/dm ³)
Elevada	≥ 25 (água não incrustante)	—
	> 0 < 25 (água não incrustante)	≥ 300
Moderada	> 0 < 25 (água não incrustante)	< 300
	$= 0$ (água em equilíbrio)	≥ 300
	< 0 (água incrustante)	

(1) Soma dos teores em iões SO_4^{2-} , S^{2-} , NH_4^+ e Mg^{2+} .

QUADRO IV

Qualidades de betões do tipo BD

Betões do tipo BD	Qualidade mínima exigida
Classe 1	1
Classe 2	2
Classe 3	2

As classes de betões do tipo BD consideradas no presente Regulamento referem-se apenas aos betões a que se exige durabilidade quando em contacto com águas agressivas ou quando expostos a ambientes em que ocorram baixas temperaturas.

Na prática podem, porém, apresentar-se outras situações — outros líquidos de acentuada agressividade, poeiras, gases ou vapores corrosivos — que deveriam, em princípio, ser consideradas também no Regulamento. Não foi, todavia, possível fazê-lo devido à multiplicidade de casos que podem ocorrer, tornando-se necessário, portanto, estudar, para cada situação, as características do betão a empregar em função da agressividade do meio ambiente.

Deve notar-se, no entanto, que a agressividade pode ser tão elevada que a durabilidade do betão só possa ser garantida desde que se evite o seu contacto directo com o ambiente, utilizando revestimentos protectores. É o caso, por exemplo, de líquidos com *pH* inferior a 5.

No caso de estruturas de betão armado e pré-esforçado, além dos cuidados a observar para obter a durabilidade do betão, há que garantir a conservação das armaduras, por exemplo, aumentando a espessura dos recobrimentos e a dosagem de ligante.

Note-se que para o betão do tipo B a utilizar nestas estruturas, em ambientes cuja agressividade não imponha o emprego de betões do tipo BD (caso das condições ambientais atmosféricas correntes no País, correspondentes a clima tem-

perado, mais ou menos pluvioso e sem ocorrência de gelo), é especificada no artigo 15.º a utilização de uma dosagem mínima de ligante, sendo a principal finalidade desta disposição concorrer para a melhoria das condições de conservação das armaduras, já que a durabilidade do betão não é, em geral, comprometida por essas condições ambientes.

Relativamente à espessura da camada de betão do tipo BD a empregar à superfície de peças de grandes dimensões em contacto com ambientes agressivos, refere-se, a título de exemplo, que é usual considerar espessuras da ordem de 1,5 m no caso de barragens de aproveitamentos hidráulicos.

Finalmente, deve notar-se que a caracterização da agressividade química das águas em contacto com o betão deve ser efectuada de acordo com os seguintes documentos normativos:

LNEC E 206 — Betões. Amostragem de águas de amassadura e de águas em contacto.

LNEC E 207 — Águas. Determinação da agressividade para o carbonato de cálcio.

NP-418 — Água. Determinação do teor em sulfatos.

LNEC E 202 — Solos. Determinação da quantidade de sulfatos de um solo e da quantidade de sulfatos da água de um solo.

NP-507 — Água. Determinação do teor em magnésio.

LNEC E 210 — Águas. Determinação do teor em sulfuretos dissolvidos (Processo volumétrico).

LNEC E 211 — Águas. Determinação do teor em azoto amoniacal (Processo expedito).

Artigo 7.º — Designação dos betões

A designação de um betão será, em geral, constituída por uma sigla formada pela sucessão dos indicativos do tipo, da classe e da qualidade.

Como exemplos de designação de betões tem-se:

B350.1 Betão do tipo B, da classe 350 e da qualidade 1.

B50F.1 Betão do tipo B, da classe 50 (referida à tensão de rotura por flexão) e da qualidade 1.

BD2.1 Betão do tipo BD, da classe 2 e da qualidade 1.

B225 BD3.2 Betão do tipo B, da classe 225; do tipo BD, da classe 3; da qualidade 2.

CAPÍTULO II

Componentes do betão

Artigo 8.º — Ligantes

Os ligantes a utilizar devem ser escolhidos em função do tipo e classe do betão a fabricar, de acordo com o prescrito no quadro V.

QUADRO V

Ligantes a utilizar

Ligantes	Tipos de betões			
	Tipo B	Tipo BD		
		Classe 1	Classe 2	Classe 3
Cimento portland normal (1)	×		×	×
Cimento portland de ferro (2)	×		×	×
Cimento de alto forno 60/80 (2)	×	×	×	×
Cimento pozolânico normal (3)	×	×	×	×
Cimento portland normal e pozolana (4)	×	×	×	×

Ligantes	Tipos de betões			
	Tipo B	Tipo BD		
		Classe 1	Classe 2	Classe 3
Cimento natural		x	x	
Cal aérea e pozolana (*)		x	x	

(*) Caderno de encargos para o fornecimento e recepção do cimento *portland* normal (Decreto n.º 40 870, de 22 de Novembro de 1956, com as alterações do Decreto n.º 41 127, de 24 de Maio de 1957, e da Portaria n.º 18 189, de 5 de Janeiro de 1961).

(*) Caderno de encargos para o fornecimento e recepção do cimento *portland* de ferro e do cimento de alto forno 60/80 (Decreto n.º 49 371, de 11 de Novembro de 1969).

(*) Caderno de encargos para o fornecimento e recepção do cimento pozolânico normal (Decreto n.º 43 683, de 11 de Maio de 1961).

(*) Caderno de encargos para o fornecimento e recepção de pozolanas (Decreto n.º 42 999, de 1 de Junho de 1960).

A escolha dos ligantes a utilizar é condicionada pelas características a exigir ao betão, critério que presidiu à fixação das condições indicadas no quadro V.

Os ligantes devem satisfazer as prescrições contidas nos diplomas legais referenciados em notas ao quadro V, os quais regulam o seu fornecimento e recepção.

De acordo com o Regulamento de Estruturas de Betão Armado (Decreto n.º 47 723, de 20 de Maio de 1967), o ligante a utilizar em betões do tipo B destinados a estruturas de betão armado deve, em geral, ser o cimento *portland* normal.

No caso de betão em grandes massas — betão empregado na betonagem de peças cuja menor dimensão é igual ou superior a 1,5 m —, os ligantes a utilizar devem, de preferência, ser o cimento de alto forno 60/80 e o cimento pozolânico; podem também ser empregados outros ligantes desde que o seu calor de hidratação satisfaça os limites estabelecidos nos diplomas legais que regulam o fornecimento e a recepção daqueles dois tipos de ligantes. Nas mesmas condições, pode recorrer-se ainda à utilização conjunta, na amassadura do betão, de cimento *portland* normal e de uma certa quantidade de pozolana.

Habitualmente as diversas partes de uma obra são constituídas por betões em que se utiliza o mesmo ligante. No entanto, sendo necessário, numa das partes da obra, empregar outro ligante, ficando em contacto betões fabricados com ligantes de diferentes naturezas, tal facto não terá, em geral, inconvenientes; tratando-se, porém, de estruturas de betão pré-esforçado, haverá que condicionar os ligantes de forma que apresentem aproximadamente a mesma alcalinidade, a fim de evitar fenómenos de corrosão electrolítica das armaduras.

O facto de não ser autorizado o emprego de cimento natural e de cal e pozolana no fabrico dos betões do tipo B resulta fundamentalmente da grande dispersão de propriedades destes ligantes, que torna difícil assegurar a resistência dos betões. Não é, de resto, tradicional no País a utilização de tais ligantes em betões aos quais se exige resistência mecânica.

Artigo 9.º — Inertes

Os inertes devem apresentar resistência mecânica, forma e composição química adequadas para o fabrico do betão a que se destinam.

Exige-se também que os inertes não contenham, em quantidades prejudiciais, películas de argila ou qualquer outro revestimento que os isole do ligante, partículas moles, friáveis ou demasiadamente finas, matéria orgânica e outras impurezas.

§ 1.º Nos casos em que seja necessário proceder à comprovação de características dos inertes, devem efectuar-se os correspondentes ensaios, cujos resultados terão de satisfazer as condições indicadas no quadro VI.

§ 2.º A apreciação das características dos inertes, no que se refere à resistência mecânica conferida aos betões, pode ser feita por meio de ensaios comparativos de um betão fabricado com os inertes em causa e de um betão fabricado com inertes de características comprovadas, possuindo os dois betões a mesma granulometria, a mesma dosagem de ligante e a mesma dosagem de água (ou a mesma consistência): o valor médio da tensão de rotura por compressão ou por flexão aos vinte e oito dias do betão fabricado com os inertes em apreciação não deve ser inferior a 90 % do correspondente valor do betão que serve de padrão. Se o inerte em apreciação for uma areia, o estudo comparativo pode ser efectuado por meio de argamassa.

§ 3.º No caso de betões do tipo BD das classes 1 e 2 destinados a ficar em contacto com água do mar ou com águas que contenham sulfatos em quantidades apreciáveis, os inertes a utilizar não devem, no ensaio de determinação da reactividade com os sulfatos em presença de hidróxido de cálcio, para uma duração de ensaio de seis meses, conduzir a extensões de alongamento de valores superiores a $0,5 \times 10^{-3}$ ou a fendilhação dos provetes.

§ 4.º Os inertes a utilizar no fabrico de betões do tipo BD da classe 3 devem satisfazer as condições seguintes:

a) Não apresentar, no ensaio de determinação da resistência à desagregação pela acção de solução de sulfato de magnésio, perdas superiores a 15 % no caso de areias e a 18 % no caso de godos ou britas, após cinco ciclos de ensaio; quando no ensaio se utilizar solução de sulfato de sódio, os valores a satisfazer serão, respectivamente, 10 e 12 %;

QUADRO VI

Características dos inertes

Característica	Valor ou resultado a satisfazer	
Tensão de rotura à compressão da rocha de que é obtido o inerte britado (*)	$\geq 500 \text{ kgf/cm}^2$	
Resistência ao esmagamento (godo ou brita) (*)	$\leq 45 \%$	
Desgaste Los Angeles (*)	$\leq 50 \%$	
Índice volumétrico	godo	$\geq 0,12$
	brita	$\geq 0,15$

Característica		Valor ou resultado a satisfazer
Absorção de água		$\leq 5,0\%$
Coeficiente de dilatação térmica linear		$\geq 0,4 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ $< 2,0 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$
Quantidade de matéria orgânica ⁽²⁾		Não prejudicial
Reactividade potencial com os álcalis do ligante		Processo químico
		Processo da barra de argamassa
		Negativa ⁽³⁾
		Extensões de alongamento dos provetes não superiores a $1,0 \times 10^{-3}$ ao fim de 6 meses.
Teor em partículas muito finas e matérias solúveis ⁽⁴⁾	areia natural	$\leq 3,0\%$
	areia britada	$\leq 10,0\%$
	godo	$\leq 2,0\%$
	brita	$\leq 3,0\%$
Teor em partículas friáveis	areia	$\leq 1,0\%$
	godo ou brita	$\leq 0,25\%$
Teor em partículas moles (godo ou brita)		$\leq 5,0\%$
Teor em partículas de argila (dimensões inferiores a $2\mu\text{m}$), referido a massa do ligante		$\leq 2,0\%$

⁽¹⁾ Estas características aferem a resistência mecânica dos inertes, bastando em geral determinar uma delas; note-se que a primeira característica não pode ser determinada no caso dos inertes naturais e a terceira não é significativa para inertes calcários.

⁽²⁾ Esta característica só é em geral determinada para as areias. No caso de haver suspeitas de que os inertes grossos contêm estas impurezas em quantidade prejudicial, haverá que tomar precauções especiais.

⁽³⁾ Admite-se que este resultado seja positivo se o resultado do ensaio pelo processo da barra de argamassa satisfizer o valor especificado. O resultado negativo do ensaio químico dispensa a realização do ensaio pelo segundo processo.

⁽⁴⁾ Os valores indicados podem não ser respeitados mediante justificação baseada no estudo da composição granulométrica do betão.

b) Não possuir partículas que flutuem em líquidos de densidade igual a 2,00 (partículas leves) e que sejam retidas no peneiro de 0,297 mm de abertura, em teores superiores a 0,5 % no caso de areias e a 1 % no caso de godos ou britas.

Os documentos normativos aplicáveis à determinação das características dos inertes referidas no artigo são os seguintes:

LNEC E 156 — Pedras naturais. Agregados. Determinação da tensão de rotura por compressão da rocha.

LNEC E 154 — Agregados. Determinação da resistência ao esmagamento.

LNEC E 237 — Agregados. Ensaio de desgaste pela máquina de Los Angeles.

LNEC E 223 — Agregados. Determinação do índice volumétrico.

LNEC E 248 — Inertes para argamassas e betões. Determinação das massas volúmicas e da absorção de água de areias.

NP-581 — Inertes para argamassas e betões. Determinação das massas volúmicas e da absorção de água de britas e godos.

NP-85 — Areias para argamassas e betões. Pesquisa da matéria orgânica pelo processo do ácido tânico.

LNEC E 159 — Agregados. Determinação da reactividade potencial.

LNEC E 252 — Inertes para argamassas e betões. Ensaio de reactividade potencial com os álcalis do ligante. (Processo da barra de argamassa.)

NP-86 — Inertes para argamassas e betões. Determinação do teor em partículas muito finas e matérias solúveis.

LNEC E 246 — Inertes para argamassas e betões. Determinação do teor em partículas friáveis.

LNEC E 222 — Agregados. Determinação do teor em partículas moles.

LNEC E 251 — Inertes para argamassas e betões. Ensaio de reactividade com os sulfatos em presença de hidróxido de cálcio.

LNEC E 238 — Agregados. Ensaio de alteração pelo sulfato de sódio ou pelo sulfato de magnésio.

LNEC E 155 — Inertes para argamassas e betões. Determinação do teor em partículas leves. (Ed. 1971.)

Artigo 10.º — Água

A água de amassadura não deve conter impurezas (materiais em suspensão, sais dissolvidos e matéria orgânica) em quantidades prejudiciais.

§ único. Nos casos em que seja necessário comprovar as características da água referidas no corpo do artigo, deve proceder-se à sua análise e os resultados terão de satisfazer os limites indicados no quadro VII.

QUADRO VII

Quantidades máximas de impurezas na água de amassadura

Impurezas	Betão simples	Betão armado e betão pré-esforçado
Materiais em suspensão (Resíduo suspenso) (1)	5	2
Sais dissolvidos (Resíduo dissolvido) (1)	35	(3) 35
Matéria orgânica (Consumo químico de oxigénio) (2)	(4) 500	(4) 500

(1) Quantidades expressas em gramas por decímetro cúbico de água.

(2) Quantidades expressas em miligramas de oxigénio consumido por decímetro cúbico de água.

(3) Nos casos de betão armado sujeito a fadiga e de betão pré-esforçado pré-tensionado (e, ainda, de caldas e argamassas para injeção de bainhas de armaduras de betão pré-esforçado), este valor deve ser reduzido a 10 g/dm³.

(4) Poderão aceitar-se valores superiores aos indicados desde que se proceda a ensaios comparativos de um betão fabricado com a água em causa e de um betão fabricado com água comprovada, possuindo os dois betões a mesma composição: o valor médio da tensão de rotura por compressão ou por flexão aos vinte e oito dias do betão fabricado com a água em causa não deve ser inferior a 90% do correspondente valor do betão que serve de padrão. Além disso, o tempo correspondente ao princípio de presa da pasta normal amassada com a água em estudo não deve ser superior a duas vezes o tempo correspondente ao princípio de presa da pasta normal em que se utilize água comprovada.

A água potável poderá ser utilizada sem reservas no fabrico do betão, pois satisfaz obviamente as exigências deste artigo.

Chama-se a atenção para a necessidade do cumprimento do artigo 12.º, pois a água é um dos componentes do betão que maior quantidade fornece dos iões referidos no mesmo artigo. Deste modo, a quantidade de sais dissolvidos na água terá de ser normalmente bastante inferior ao máximo indicado no quadro VII.

Note-se ainda que os hidratos de carbono, quando presentes na água de amassadura, mesmo em muito pequenas quantidades, são extremamente nocivos para o betão; no entanto, dado que é rara a existência destas impurezas nas águas, o artigo não se lhes refere, só sendo de exigir as verificações correspondentes nos casos em que existam suspeitas da presença daqueles compostos.

Os documentos normativos aplicáveis às determinações experimentais referidas no artigo são os seguintes:

LNEC E 206 — Betões. Amostragem de águas de amassadura e de águas em contacto.

NP-505 — Água. Determinação do teor em resíduo.

LNEC E 208 — Águas. Determinação do consumo químico de oxigénio. (Processo do dicromato de potássio).

As determinações da pasta normal e do princípio de presa, necessárias aos ensaios comparativos referidos na nota 4 do quadro VII, devem ser efectuadas de acordo com os cadernos de encargos para o fornecimento e recepção dos ligantes, referidos no quadro V (artigo 8.º).

Artigo 11.º — Aditivos

Os aditivos que haja necessidade de empregar devem, em geral, ter a sua utilização sancionada pela experiência. No caso de não haver experiência da sua aplicação, devem ser submetidos a ensaios que provem a sua eficiência e inocuidade.

Artigo 12.º — Quantidades de halogenetos, de sulfuretos, de sulfatos e de álcalis contidas nos componentes

Os componentes do betão — ligantes, inertes, água e aditivos — não devem conter, em conjunto, quantidades de halogenetos, de sulfuretos, de sulfatos e de álcalis que sejam prejudiciais ao betão e às armaduras que este contenha.

§ 1.º Nos casos em que seja necessário comprovar a condição indicada no corpo do artigo, deve proceder-se a ensaios de todos os componentes, de modo a verificar se são respeitados os limites indicados no quadro VIII.

§ 2.º No caso de não ser efectuada a análise do ligante, devem tomar-se para quantidades de halogenetos, de sulfuretos, de sulfatos e de álcalis existentes no ligante os valores máximos admissíveis especificados nos diplomas legais que regulam o fornecimento e a recepção do ligante em causa (artigo 8.º).

§ 3.º É dispensável a determinação da quantidade de álcalis contida no conjunto dos componentes no caso de ser verificado que os inertes satisfazem as características de reactividade com os álcalis do ligante estabelecidas no artigo 9.º

Na hipótese de não ser efectuada a análise do ligante, tal como é referido no § 2.º do artigo, as quantidades máximas das substâncias em causa que podem existir nos inertes, na água de amassadura e nos aditivos são as indicadas no quadro IX.

Faz-se notar que os valores indicados no quadro VIII são limites que convirá reduzir em certos casos, como, por exemplo, quando haja a recear eflorescências indesejáveis.

Os documentos normativos aplicáveis às determinações experimentais referidas no artigo são os seguintes:

LNEC E 231 — Cimentos. Determinação do teor em halogenetos.

LNEC E 49 — Cimento *portland*. Determinação do teor em sulfuretos.

LNEC E 56 — Cimento *portland*. Determinação do teor em álcalis solúveis em água.

LNEC E 253 — Inertes para argamassas e betões. Determinação do teor em halogenetos solúveis.

QUADRO VIII

Quantidades máximas de halogenetos, sulfuretos, sulfatos e álcalis admissíveis no conjunto dos componentes (incluindo o ligante)

(Percentagens referidas à massa de ligante)

Betão	Cimento	Halogenetos (expressos em Cl ⁻)	Sulfuretos (expressos em S)	Sulfatos (expressos em SO ₃)	Álcalis (expressos em Na ₂ O)
Simples	<i>Portland</i> normal	—	0,2	3,5	0,6
	<i>Portland</i> de ferro Alto forno 60/80		2,0		
	Pozolânico normal <i>Portland</i> e pozolana Natural		0,5	5,0	—

Betão	Cimento	Halogenetos (expressos em Cl ⁻)	Sulfuretos (expressos em S)	Sulfatos (expressos em SO ₃)	Álcalis (expressos em Na ₂ O)
Armado e pré-esforçado pós-tensionado	Portland normal	1,3	0,2	3,5	0,6
	Portland de ferro Alto forno 60/80	2,0	2,0		
	Pozolânico normal Portland e pozolana	1,3	0,2	5,0	—
Armado sujeito a fadiga e pré-esforçado pré-tensionado (e, ainda, caldas e argamassas para injeção de bainhas de armaduras de betão pré-esforçado pós-tensionado).	Portland normal Portland de ferro	0,0	0,0	3,5	0,6
	Alto forno 60/80 Pozolânico normal Portland e pozolana			5,0	—

LNEC E 158 — Agregados. Determinação do teor em sulfuretos.

LNEC E 157 — Agregados. Determinação do teor em sulfatos.

LNEC E 254 — Inertes para argamassas e betões. Determinação do teor em álcalis solúveis.

NP-423 — Água. Determinação do teor em cloratos.

LNEC E 209 — Águas. Determinação do teor em sulfuretos totais. (Processo volumétrico.)

NP-413 — Água. Determinação do teor em sulfatos.

P-625 — Água. Determinação do teor em sódio. (Processo gravimétrico.)

P-626 — Água — Determinação do teor em potássio. (Processo colorimétrico.)

No caso dos ligantes, as determinações serão efectuadas de acordo com as técnicas de ensaio especificadas nos diplomas legais que regulam o fornecimento e a recepção dos diversos tipos de ligantes. Porém, o caderno de encargos relativo ao cimento *portland* normal não contém especificações sobre a determinação dos teores em halogenetos, em sulfuretos e em álcalis, razão por que essas determinações devem ser efectuadas de acordo com as especificações LNEC indicadas no início da lista de documentos normativos anteriormente apresentada.

Para os aditivos não existem ainda documentos relativos às determinações em causa, devendo portanto cada caso ser objecto de estudo especial.

QUADRO IX

Quantidades máximas de halogenetos, sulfuretos, sulfatos e álcalis admissíveis no conjunto dos componentes (excluindo o ligante)

(Percentagens referidas à massa de ligante)

Betão	Cimento	Halogenetos (expressos em Cl ⁻)	Sulfuretos (expressos em S)	Sulfatos (expressos em SO ₃)	Álcalis (expressos em Na ₂ O)
Simples	Portland normal	—	0,2	0,5	0,6
	Portland de ferro Alto forno 60/80		0,0		
	Pozolânico normal Portland e pozolana Natural		0,5	2,0	—
	Portland normal		1,3	0,2	0,5
Portland de ferro Alto forno 60/80	0,0	0,0			
Armado e pré-esforçado pós-tensionado	Pozolânico normal Portland e pozolana	1,3	0,2	2,0	—
	Portland normal Portland de ferro Alto forno 60/80	0,0	0,0	0,5	0,6
				1,0	—
2,0				—	
Armado sujeito a fadiga e pré-esforçado pré-tensionado (e, ainda, caldas e argamassas para injeção de bainhas de armaduras de betão pré-esforçado pós-tensionado)	Portland normal Portland de ferro	0,0	0,0	0,5	0,6
	Alto forno 60/80			1,0	—
	Pozolânico normal Portland e pozolana			2,0	—

CAPÍTULO III

Composição do betão

Artigo 13.º — Composição do betão

A composição do betão deve ser estabelecida de modo que este satisfaça as características que a sua utilização impõe (tipo, classe e qualidade) e tendo em atenção os componentes disponíveis e as condições particulares de fabrico, transporte, compactação e cura.

A composição do betão deve respeitar as disposições dos artigos 14.º a 18.º

§ 1.º A composição do betão deve ser expressa através dos seguintes elementos:

- Tipo, classe e qualidade do betão;
- Natureza e dosagem do ligante;
- Identificação, características, granulometria e máxima dimensão dos inertes e quantidades a empregar por cada categoria de inerte;
- Razão água/ligante, referida aos inertes secos;
- Natureza e dosagem dos aditivos, quando utilizados.

§ 2.º No boletim de fabrico (artigo 35.º) deve ser indicada a composição especificada para o betão.

Os condicionalismos ligados à utilização determinam fundamentalmente o tipo, a classe e a qualidade do betão a fabricar. Assim, por exemplo, se se tratar de um reservatório de betão pré-esforçado destinado a conter água com elevada agressividade, o betão terá de apresentar resistência mecânica elevada (p. ex., $\sigma_{bk} = 400 \text{ kgf/cm}^2$) e a necessária durabilidade: seria, consequentemente, um betão B400 BD1.1, em que a qualidade é imposta por força do § único do artigo 5.º e do § 2.º do artigo 6.º

Ligados ainda à utilização, em casos especiais, haverá que ter em conta outros dados significativos, tais como a permeabilidade, a capacidade de absorção, a massa volúmica, a fluência, a retracção, o módulo de elasticidade, os coeficientes de condutibilidade e de dilatação térmicas, etc.

São ainda elementos indispensáveis para o estabelecimento da composição do betão as características dos componentes disponíveis — as quais, em todos os casos, terão de satisfazer as disposições do presente Regulamento.

Finalmente, terá de se atender devidamente às condições particulares de fabrico, transporte, colocação e cura do betão que possam influenciar a sua composição. Assim, deverão conhecer-se as condições de temperatura e de humidade dos componentes na ocasião do fabrico, as características do equipamento de fabricação, o processo de medição dos componentes, as características do equipamento de transporte, as condições especiais de colocação do betão (geometria das peças a betonar, distâncias entre armaduras, velocidade de deslocamento da água no caso de betonagens submersas, características do processo de compactação, etc.) e, ainda, as condições particulares em que se vai processar a cura do betão.

Artigo 14.º — Estudo da composição do betão

O estudo da composição do betão será realizado com base em teorias de reconhecida validade e apoiado em resultados experimentais.

Este estudo deve ser feito para todos os betões considerados no presente Regulamento, preliminarmente ao fabrico, excepto no caso dos betões da qualidade 3, em que pode ser dispensado.

O estudo da composição deve referir-se a um betão fabricado em laboratório, ou seja, com os inertes secos, com os componentes medidos com a precisão de, pelo menos, 0,5 % e com ligantes provenientes de um só lote.

Neste estudo, no caso dos betões do tipo B, ajustar-se-á o valor médio da tensão de rotura a obter em laboratório ao valor médio exigido na obra, sendo este estimado em função do coeficiente de variação previsto para o fabrico no estaleiro e do valor característico da tensão de rotura que define a classe do betão pretendido.

Nos resultados do estudo da composição do betão devem ser incluídos os seguintes elementos:

A composição do betão, expressa tal como é indicado no § 1.º do artigo 13.º, e referida às condições de fabrico em laboratório;

A consistência do betão;

Outros elementos relativos a determinadas propriedades que eventualmente sejam exigidas ao betão, tais como permeabilidade, capacidade de absorção, massa volúmica, fluência, retracção, módulo de elasticidade, coeficientes de condutibilidade e de dilatação térmicas, etc.

O estudo da composição do betão deve constar de relatório específico.

Note-se que, de acordo com o espírito do artigo, não se torna necessário proceder ao estudo da composição de um betão em relação ao qual já tenha sido demonstrado experimentalmente que satisfaz as exigências impostas. Obviamente, deverá ser assegurado que os componentes e a composição do betão a fabricar sejam os mesmos do betão de características já comprovadas.

Quanto à consistência do betão, existem, como se sabe, diversos processos de aferir esta propriedade, aos quais correspondem os seguintes documentos normativos:

NP-87 — Consistência do betão. Ensaio de abaixamento.

NP-414 — Consistência do betão. Ensaio de espalhamento.

LNEC E 228 — Betão. Determinação da trabalhabilidade Vêbê.

Artigo 15.º — Dosagens mínimas de ligante

As dosagens de ligante devem satisfazer as condições indicadas nas alíneas seguintes:

a) Nos betões do tipo B destinados a estruturas de betão armado e pré-esforçado, a dosagem mínima de ligante será dada pela expressão

$$C = \frac{550}{\sqrt[5]{D}}$$

em que:

C — dosagem de ligante, em quilogramas por metro cúbico de betão;

D — máxima dimensão do inerte, em milímetros.

Em caso algum, porém, a dosagem poderá ser inferior aos valores mínimos estabelecidos nos regulamentos específicos daquelas estruturas.

b) Nos betões do tipo BD a dosagem mínima de ligante será dada pela expressão

$$C = \frac{k}{\sqrt[5]{D}}$$

em que C e D têm o significado expresso em a) e k deve tomar os valores indicados no quadro x para os betões das classes 1 e 2 e o valor 650 para os betões da classe 3.

QUADRO X

Valores de *k* para a determinação da dosagem mínima de ligante dos betões do tipo BD das classes 1 e 2

Condições particulares de aplicação do betão	Betões do tipo BD					
	Classe 1		Classe 2			
	Betão simples	Betão com armaduras	Cimentos <i>portland</i> normal e de ferro		Outros ligantes (1)	
			Betão simples	Betão com armaduras	Betão simples	Betão com armaduras
Em contacto com o meio agressivo antes do princípio da presa	800	850	800	850	750	800
Em contacto com o meio agressivo entre o princípio da presa e vinte e quatro horas após a amassadura	700	750	700	750	600	650
Em contacto com o meio agressivo depois de vinte e quatro horas após a amassadura	600	700	600	700	450	600
Betões de enchimento	300	—	400	—	300	—

(1) Com excepção de cal aérea com adição de pozolana, em que a dosagem mínima terá de ser estabelecida por estudo especial.

Como se sabe, a fixação de dosagens mínimas de ligante é imposta por condições de durabilidade do betão perante a agressividade do meio ambiente. No entanto, o estabelecimento de dosagens mínimas para os betões do tipo B a utilizar em estruturas de betão armado e pré-esforçado nas condições climáticas correntes no País é imposto não por condições de durabilidade do betão, mas pela necessidade de proporcionar melhor protecção às armaduras. Porém, quando estas estruturas fiquem sujeitas à acção de meios ambientes com poder agressivo superior ao do ambiente atmosférico corrente (atmosferas salinas, gases corrosivos, etc.), devem, então, adoptar-se medidas especiais para a protecção do betão e das armaduras (inertes e ligantes adequados, aumento das espessuras de recobrimento das armaduras e revestimentos especiais).

No caso das estruturas de betão armado, os valores da dosagem obtidos por aplicação da expressão indicada na alínea a) deste artigo terão como limites inferiores as dosagens mínimas estabelecidas no artigo 10.º do Regulamento de Estruturas de Betão Armado, a saber: em geral, 270 kg de cimento *portland* normal por metro cúbico de betão; no caso de betão B180, em que o estudo da composição não seja efectuado, 300 kg/m³.

A máxima dimensão do inerte é definida como a menor abertura do peneiro, de uma série de peneiros de referência, através do qual passam pelo menos 90 % da massa do inerte.

A série de peneiros de referência é estabelecida na especificação LNEC E 245 — Inertes para argamassas e betões. Análise granulométrica.

O princípio da presa do betão deve ser determinado de acordo com a especificação LNEC E 259 — Betões. Determinação dos tempos de presa.

Artigo 16.º — Valores máximos da razão água/ligante

A razão água/ligante deve ser reduzida ao mínimo compatível com a utilização e com os processos de colocação e de compactação do betão.

Em particular, para os betões do tipo BD das classes 1 e 2, o valor da razão água/ligante terá os limites indicados no quadro XI; para os betões da classe 3 do mesmo tipo, o valor daquela razão não deve exceder 0,55.

QUADRO XI

Valores máximos da razão água/ligante dos betões do tipo BD das classes 1 e 2 (1)

Condições particulares de aplicação do betão	Betões do tipo BD					
	Classe 1		Classe 2			
	Betão simples	Betão com armaduras	Cimentos <i>portland</i> normal e de ferro		Outros ligantes (2)	
			Betão simples	Betão com armaduras	Betão simples	Betão com armaduras
Em contacto com o meio agressivo antes do princípio da presa	0,40	0,40	0,40	0,40	0,45	0,40
Em contacto com o meio agressivo entre o princípio da presa e vinte e quatro horas após a amassadura	0,50	0,45	0,50	0,45	0,60	0,55
Em contacto com o meio agressivo depois de vinte e quatro horas após a amassadura	0,60	0,50	0,60	0,50	0,70	0,60

(1) Os valores indicados referem-se a inertes secos.

(2) Com excepção de cal aérea com adição de pozolana, em que os valores da razão água/ligante terão de ser estabelecidos por estudo especial.

Artigo 17.º — Granulometria dos inertes

A granulometria dos inertes deve ser estabelecida de modo a conferir ao betão as propriedades que a sua uti-

lização impõe, nomeadamente doseando os inertes finos e os inertes grossos de forma a obter a maior compatibilidade.

Para os betões das qualidades 1 e 2, a granulometria dos inertes deve ser definida, em cada caso, no âmbito do estudo da composição.

O documento normativo a respeitar na determinação da granulometria dos inertes é a especificação LNEC E 245 — Inertes para argamassas e betões. Análise granulométrica.

Não é imposta no Regulamento uma determinada composição granulométrica para os inertes a utilizar. Tal orientação deve-se a que, no caso dos betões com estudo obrigatório da composição (betões das qualidades 1 e 2), a granulometria é um dado a definir através desse estudo; no caso de betões em que não seja efectuado o estudo da composição (betões da qualidade 3), não faria sentido fixar uma composição granulométrica que, para ser respeitada, obrigaria a uma análise do inerte, o que seria de certo modo incoerente com a dispensa do estudo da composição do betão.

QUADRO XII

Curvas granulométricas aconselhadas para os inertes dos betões cuja composição não seja estudada

Abertura da malha dos peneiros	Quantidades passadas (% da massa total)		
	A	B	C
d (*)	100	100	100
$d/2$	64	71	90
$d/4$	43	50	78
$d/8$	29	35	62
$d/16$	20	25	43
$d/32$	12	18	30
$d/64$	9	12	21
$d/128$	6	9	15
$d/256$	3	6	8
$d/512$	2	4	7
$d/1024$	1	3	6

(*) d — menor abertura da malha do peneiro através do qual passa a totalidade do inerte.

No entanto, apresentam-se algumas regras gerais orientadoras da escolha de granulometrias satisfatórias para as utilizações correntes. Assim, é aconselhável adoptar uma granulometria a que corresponda uma curva que se situe entre as curvas granulométricas representadas nas colunas A e C do quadro XII e se aproxime tanto quanto possível da curva B do mesmo quadro, a qual é a curva de referência de Fuller, definida para uma série de peneiros cujas aberturas variam em progressão geométrica de razão 2.

É recomendável também que os inertes a utilizar respeitem os módulos de finura indicados no quadro XIII.

QUADRO XIII

Módulos de finura aconselhados para os inertes dos betões cuja composição não seja estudada

Máxima dimensão do inerte (mm)	Módulo de finura (*)
152	7,71
101,6	7,14
76,1	6,75
50,8	6,19
38,1	5,81
25,4	5,25
19,0	4,86
12,7	4,31
9,51	3,91
4,76	2,97

(*) Os valores indicados referem-se a betões com a dosagem de 300 kg de ligante por metro cúbico. Por cada 10 kg de ligante a mais ou a menos na dosagem, devem aumentar-se ou diminuir-se, respectivamente, de 0,03 aqueles valores. Quando os inertes, incluindo a areia, forem britados, reduzir-se-ão os valores de 0,50; se apenas uma parte dos inertes for britada, a redução será de 0,25.

Chama-se ainda a atenção para o facto de não terem sido impostos condicionamentos à máxima dimensão do inerte, o que resultou de tal dimensão estar relacionada com vários parâmetros, como sejam a geometria da peça a betonar, a dosagem de ligante, etc.

No entanto, a título de orientação, pode recomendar-se, para peças de betão armado de dimensões correntes, a utilização de inertes cuja máxima dimensão não exceda 38,1 mm, valor que, evidentemente, terá de ser reduzido em casos de grande dimensão de armadura. De modo geral, é aconselhável que a máxima dimensão do inerte respeite as condições a seguir indicadas:

$$D \leq \frac{1}{5} a \quad \text{em que } a \text{ é a menor distância entre as faces opostas de um molde;}$$

$$D \leq \frac{1}{3} e \quad \text{em que } e \text{ é a espessura de uma laje;}$$

$$D \leq \frac{3}{4} c \quad \text{em que } c \text{ é a distância mínima entre armaduras ou a espessura mínima de recobrimento das armaduras; este condicionamento refere-se, obviamente, apenas às zonas das peças onde existam armaduras.}$$

Artigo 18.º — Quantidade de ar a incorporar nos betões do tipo BD da classe 3

Nos betões do tipo BD da classe 3 deve ser incorporada a quantidade de ar indicada no quadro XIV em função da máxima dimensão do inerte a utilizar.

QUADRO XIV

Quantidade de ar a incorporar nos betões do tipo BD da classe 3

Máxima dimensão do inerte (mm)	Teor em ar (% do volume final de betão) (*)
152	3,0
76,1	3,5
50,8	4,0
38,1	4,5
25,4	5,0
19,0	6,0
12,7	7,0
9,51	8,0

(*) São admissíveis desvios de $\pm 1,0$ em relação aos valores indicados.

CAPÍTULO IV

Fabrico do betão

Artigo 19.º — Fabrico do betão

O fabrico do betão deve ser feito respeitando a composição estabelecida e que consta do boletim de fabrico.

Devem utilizar-se as técnicas e os equipamentos adequados à obtenção do betão pretendido, respeitando as disposições dos artigos 20.º a 24.º

Artigo 20.º — Armazenamento dos componentes

O armazenamento dos componentes do betão no estaleiro deve ser feito de modo a assegurar a sua boa conservação enquanto aguardam utilização.

Deverão respeitar-se, em geral, as regras enunciadas nas alíneas seguintes:

a) Os ligantes, quando fornecidos em sacos, devem ser armazenados em lotes correspondentes a cada fornecimento, para permitir o seu emprego por ordem cronológica de chegada ao estaleiro e para facilitar a sua identificação em face de eventuais ensaios de recepção. Ter-se-ão os cuidados necessários para evitar a sua deterioração ou a sua mistura com materiais estranhos, devendo, para tanto, o armazenamento fazer-se em con-

dições que ofereçam protecção contra as intempéries, a humidade do solo, etc. Os sacos devem ser empilhados sobre um estrado que evite o seu contacto com o solo e, se armazenados a céu aberto, cuidadosamente protegidos com encerrados ou qualquer outra cobertura impermeável.

No caso de os ligantes serem fornecidos a granel, devem ser armazenados em recipientes apropriados à sua conveniente conservação.

No armazenamento dos aditivos devem ter-se cuidados análogos aos anteriormente referidos;

b) Os inertes das diversas categorias a empregar no fabrico do betão devem ser armazenados separadamente, tomando-se os cuidados necessários para que não haja mistura dos inertes das diversas categorias entre si ou com substâncias estranhas.

No caso de inertes com água superficial, estes devem ser sujeitos a armazenamento de modo a obter-se a uniformização do seu estado de humidade, durante um período de tempo não inferior, em geral, a doze horas, salvo se for comprovado, através de ensaios, que a uniformização é obtida em um período de tempo inferior. Pode dispensar-se este armazenamento para uniformização da humidade se, no fabrico do betão, for utilizado equipamento em que a adição de água de amassadura é realizada automaticamente por meio de dispositivos eficientes que mantenham constante a quantidade total de água em cada amassadura.

Artigo 21.º — Medição dos componentes

A medição dos ligantes e das pozolanas deve ser sempre efectuada por pesagem ou por número de sacos de embalagem de origem; a medição dos inertes será efectuada por pesagem para os betões da qualidade 1; em todos os restantes casos, as medições dos componentes do betão podem ser feitas em volume.

A precisão da medição dos componentes a utilizar em cada amassadura deve ser a indicada no quadro xv em função da qualidade do betão a fabricar.

QUADRO XV

Precisão da medição dos componentes

Qualidade do betão	Ligantes e pozolanas	Inertes		Água	Aditivos
		Por categorias	Acumulados		
1	± 2%	± 3%	± 2%	± 2%	± 5%
2	± 2%	± 5%	± 3%	± 3%	± 5%
3	Sem especificação				

É recomendável que os recipientes para as medições em volume tenham altura não inferior à maior dimensão da secção transversal. Para evitar enganos, os recipientes devem possuir indicação bem visível da sua capacidade.

Artigo 22.º — Humidade dos inertes

A humidade dos inertes, na ocasião do fabrico do betão, deve ser tão uniforme quanto possível, devendo, para isso, tomar-se os necessários cuidados, em particular os especificados no artigo 20.º

A humidade dos inertes, medida pelo teor em água total, deve ser devidamente tida em conta no estabelecimento

da quantidade de água a utilizar na amassadura em face da dosagem fixada na composição do betão.

Os documentos normativos referentes à determinação da humidade dos inertes são os seguintes:

LNEC E 249 — Inertes para argamassas e betões. Determinação dos teores em água total e em água superficial.

LNEC E 250 — Inertes para argamassas e betões. Determinação do teor em água superficial de areias.

Artigo 23.º — Amassadura

A amassadura do betão deve ser efectuada por meios mecânicos, só podendo admitir-se amassadura manual para os betões da qualidade 3.

Na amassadura devem respeitar-se as regras indicadas nas alíneas seguintes:

a) Na amassadura mecânica deve utilizar-se equipamento que promova a mistura homogénea dos componentes e que não dê lugar a segregação quando da descarga.

O volume de cada amassadura não deve ser superior à capacidade nominal da betoneira, indicada pelo fabricante.

A temperatura do ligante à entrada da betoneira não deve exceder 75°C.

O período de cada amassadura (tempo da sua duração, contado a partir da junção do último componente) não deve ser inferior ao tempo correspondente a dez rotações do tambor no caso de betoneiras de pás móveis e a trinta rotações no caso de betoneiras de tipo corrente, não podendo, em qualquer caso, ser inferior a 60 s nem ao tempo t dado pela expressão

$$t = 60 + \frac{V - 750}{250} \times 10$$

em que t é expresso em segundos e V , volume da amassadura, é expresso em litros; o valor numérico da fracção que figura na expressão deve ser aproximado às unidades por excesso.

No caso de betoneiras de produção contínua, a alimentação do tambor deve ser efectuada por meios mecânicos que garantam, de forma perfeitamente contínua e uniforme, a chegada dos componentes nas proporções fixadas;

b) A amassadura manual deve ser realizada sobre uma superfície plana e impermeável. Devem colocar-se primeiramente os inertes, dos mais grossos para os mais finos, em camadas sobrepostas, e, finalmente, o ligante. Em seguida devem misturar-se a seco estes componentes até ser obtida uma massa de cor homogénea, à qual se adicionará a água, tomando os cuidados necessários para que não haja fugas para o exterior da massa. Finalmente, deve amassar-se o conjunto até ser obtida a sua mistura homogénea.

Artigo 24.º — Fabrico em condições de temperatura desfavoráveis

Se a temperatura ambiente for tal que exista o risco de a temperatura do betão, no momento da sua colocação, ser inferior a 5°C ou superior a 35°C, haverá que tomar disposições especiais no fabrico para evitar esse facto, de acordo com o indicado nas alíneas seguintes:

a) No caso de baixas temperaturas ambientes, poder-se-ão adoptar as seguintes medidas:

Emprego de aditivos, tais como aceleradores do endurecimento, aceleradores da presa e do endurecimento e substâncias que baixem a temperatura de congelação da água;

Aquecimento da água de amassadura, não excedendo, no entanto, 60°C;

Aquecimento dos inertes (em geral, os de dimensões inferiores a 20 mm), não excedendo, no entanto, a temperatura média de 50°C e a temperatura local de 100°C.

Se os inertes ou a água forem aquecidos a temperaturas superiores a 40°C, a sequência da junção dos componentes na betoneira deve ser tal que o ligante não entre em contacto primeiramente com o componente que está a temperatura mais elevada;

b) No caso de altas temperaturas ambientes, poderão adoptar as seguintes medidas:

Emprego de aditivos, tais como retardadores da presa e plastificantes;

Arrefecimento da água de amassadura, podendo chegar a utilizar-se gelo moído, mas de tal modo que, no final da amassadura, o gelo se encontre completamente fundido;

Arrefecimento dos inertes, humedecendo-os e promovendo a evaporação da água (mantendo-os em local arejado e à sombra);

Utilização do ligante à temperatura mais baixa possível.

CAPÍTULO V

Betonagem, cura e desmoldagem

Artigo 25.º — Transporte

O sistema de transporte do betão deve ser previsto de modo a evitar a desagregação, a segregação e a perda de água. Em particular, deve atender-se às regras indicadas nas alíneas seguintes:

a) As superfícies do equipamento de transporte que contactam com o betão não devem ser absorventes e, antes do início da utilização, devem ser humedecidas com água ou, de preferência, pintadas com calda de cimento. Após a utilização, estas superfícies devem ser convenientemente lavadas com água;

b) O transporte em recipiente (baldes, contentores, etc.), quando sujeito o betão a vibrações durante um percurso longo, deve ser feito de modo que seja impedida a segregação dos componentes e evitada a compactação prematura do betão: para tal, o recipiente transportador deve ser provido de um movimento que continue a amassadura do betão ou, na falta deste meio, deve empregar-se no betão um aditivo adequado. O risco de se verificarem as referidas segregação e compactação é particularmente de temer nos casos de betões pouco consistentes ou fluidos;

c) O transporte por meio de caeiras não deve ser feito com inclinações superiores a 50 %. A secção transversal das caeiras não deve ser angulosa, de modo a evitar-se retenção de massa.

Este processo de transporte só deve, em geral, ser utilizado para betões de consistência fluida;

d) O transporte por tapetes rolantes deve fazer-se de modo que não ocorra desagregação do betão, em particular, nos pontos de queda ou de mudança de tapete.

Este processo de transporte não pode, obviamente, ser utilizado para betões de consistência fluida;

e) O transporte por meio de tubagem deve ser efectuado com tubos cujo diâmetro seja pelo menos igual a três vezes a máxima dimensão do inerte. No caso de o betão ser impulsionado por ar comprimido, deve existir

um quebra-jacto à saída; no caso de bombagem, o caudal de betão deve ser o mais regular possível.

Este processo de transporte só deve, em geral, ser utilizado para betões de média consistência e com granulometria contínua;

f) No caso de betonagens que envolvam a aplicação de grandes volumes de betão (caso corrente dos betões em grandes massas), as operações de transporte devem ser cuidadosamente coordenadas com o fabrico e a colocação, de modo a assegurar a continuidade indispensável a este tipo de betonagens.

Além disso, como no betão em grandes massas são utilizados normalmente inertes cuja máxima dimensão é superior à dos betões correntes, há necessidade de, nas operações de transporte e de manuseamento do betão, tomar especiais cuidados para evitar a segregação. Em particular, os recipientes de transporte devem ter capacidade para conterem um número inteiro de amassaduras, de modo a evitar que o fraccionamento das amassaduras — se houver necessidade de as distribuir por mais do que um recipiente — facilite a segregação dos componentes do betão. Por outro lado, o sistema de transporte deve ser previsto de modo que o betão seja descarregado directamente no local a betonar, evitando-se qualquer depósito intermediário; e, em todas as operações de manuseamento do betão, incluindo a descarga, não devem ser-lhe impostas alturas de queda livre superiores a 1,5 m.

Artigo 26.º — Depósito

Sempre que o betão tenha de aguardar um certo tempo antes de ser colocado em obra, deve ser depositado em local limpo, não absorvente, e protegido das intempéries, de modo que se mantenham as suas características de composição e uniformidade.

Durante o período de depósito e quando da colocação em obra, não é permitida a junção ao betão de qualquer componente, em especial água. O betão apenas poderá ser remexido, reamassado, colocado e compactado.

O tempo de permanência em depósito está limitado pelas condições estabelecidas na alínea c) do artigo 27.º para o intervalo de tempo que pode mediar entre a amassadura e a colocação do betão.

Artigo 27.º — Colocação

A colocação do betão em obra deve ser efectuada de modo a evitar a segregação e a desagregação (e o deslaminamento no caso de colocação submersa), e em condições de temperatura e humidade que permitam que a presa e o endurecimento do betão se realizem normalmente. Em particular, devem ser observadas as regras indicadas nas alíneas seguintes:

a) A temperatura do betão ao ser colocado não deve ser inferior a 5°C nem superior a 35°C. No caso de betão em grandes massas, deve procurar-se não exceder a temperatura de 25°C;

b) A colocação do betão deve processar-se tanto quanto possível de modo contínuo. No caso de interrupção, a escolha da localização desta e a preparação da superfície do betão para o recomeço da colocação (junta de betonagem) devem ser objecto de cuidados especiais (ver artigo 28.º).

O enchimento dos moldes deve fazer-se por camadas de espessura proporcionada aos meios de compactação a empregar (ver artigo 29.º); a espessura das camadas em caso algum deve exceder 50 cm. O espalhamento do betão.

para formar estas camadas, poderá ser efectuado por meios manuais ou mecânicos, mas nunca por vibração;

c) O intervalo de tempo entre a amassadura e a colocação do betão deve ser o menor possível. Quando o transporte envolva demoras ou quando haja necessidade de proceder a depósito do betão, aquele intervalo de tempo deverá ser limitado pela possibilidade de boa colocação do betão, tendo em atenção os meios de compactação a empregar, a temperatura e a humidade ambientes e o eventual emprego de retardadores da presa. Nos casos correntes e a menos de justificação especial, o intervalo referido não deve ser superior a hora e meia;

d) No caso particular de obras submersas em que não possa ser evitado, por esgotamento ou por desvio da água, o contacto desta com o betão fresco, devem tomar-se medidas para minimizar o arrastamento dos componentes do betão, em especial o ligante. As disposições a adoptar dependerão de a água se encontrar, ou não, em movimento e da profundidade a que se realizar a colocação do betão.

Assim, no caso de a velocidade da água ser superior a 3 m/min, independentemente da profundidade, o processo mais adequado de colocação do betão será por meio de sacos de tecido poroso (por exemplo, de juta), os quais serão preenchidos apenas até cerca de dois terços da sua capacidade, de modo a manterem deformabilidade que lhes permita amoldarem-se entre si e às superfícies com que ficarão em contacto.

No caso de a velocidade da água ser inferior a 3 m/min, não haverá em geral que recear o deslavo do betão por acção dinâmica da água; no entanto, se a profundidade de colocação for superior a 0,80 m, o betão deve ser depositado directamente no local a betonar, não devendo atravessar sem protecção a camada de água. Para isso poder-se-ão utilizar sacos, conforme anteriormente referido, ou dispositivos especiais, tais como baldes com abertura pelo fundo, funis, etc. No caso da utilização de baldes, deve evitar-se que os seus movimentos e descarga provoquem, por efeito de êmbolo, agitação prejudicial da água; no caso da utilização de funis, a extremidade destes não deve ser levantada acima da superfície da massa de betão.

Em todos os casos de obras submersas, o betão deve ser colocado em regime tanto quanto possível contínuo, por camadas horizontais, devendo a velocidade de progressão da espessura não ser inferior a 0,30 m/h. Em caso de interrupção, o recomeço da betonagem deve promover-se em um prazo não inferior a doze horas, sendo conveniente remover da junta a leitada que lá se tenha acumulado.

Finalmente, além dos processos indicados para evitar o deslavo do betão, poderá em certos casos ser recomendável o emprego de aceleradores da presa, com vista a reduzir o tempo em que o betão está fresco e pode ser afectado pela água;

e) No caso do betão ciclópico, a colocação do betão deve ser feita por camadas com espessura da mesma ordem de grandeza das dimensões das pedras a incorporar; cada camada será executada colocando primeiramente o betão e, sobre este, distribuindo-a uniformemente, a pedra a incorporar; seguir-se-á a compactação do conjunto, até que as pedras fiquem completamente embebidas no betão;

f) Na colocação do betão em grandes massas, quando se trate de betonagem de peças de grande volume, devem adoptar-se cuidados especiais para facilitar a dissipação do calor desenvolvido pela hidratação do ligante.

Deverá, assim, estudar-se um plano de betonagem em que o volume total seja dividido em fracções — blocos —, sendo ainda a betonagem dos diversos blocos subdividida em troços. No estabelecimento deste plano, cujo objectivo é conseguir que os valores e os gradientes de temperatura não ultrapassem determinados limites, deve atender-se fundamentalmente aos seguintes factores: quantidade de calor libertada no betão pela hidratação do ligante, temperatura do betão no momento da colocação, temperatura ambiente e sua evolução e, ainda, as dimensões dos blocos em planta, a espessura dos troços de blocos e os intervalos de tempo entre a betonagem de troços sucessivos. Em geral, a menos de justificação especial, adoptar-se-ão as seguintes regras:

A proporção das dimensões dos blocos, em planta, não deve exceder a relação 3:1, não devendo a menor dimensão ser superior a 15 m. Por outro lado, a betonagem de cada bloco será interrompida quando a sua espessura atingir 1,5 m (devendo a betonagem ser sempre efectuada por camadas de espessura que não exceda 0,50 m). A betonagem só deve recomeçar após um período mínimo de três dias, segundo o mesmo processo, tomando os devidos cuidados na preparação da superfície da junta de betonagem assim criada. Se o período de interrupção for superior a três semanas, em que, portanto, o recomeço da betonagem vai ser efectuado sobre o betão já arrefecido, a espessura a que devem ser interrompidos os trabalhos deve ser menor do que o valor de 1,5 m acima indicado, nos dois primeiros troços consecutivos ao recomeço, e os prazos de interrupção de betonagem desses troços devem ser superiores ao período de três dias também acima referido. Ainda no caso de interrupção da betonagem superior a três semanas, a superfície do betão deve ser conservada húmida durante pelo menos as vinte e quatro horas que antecedem o recomeço da colocação.

Na colocação do betão em grandes massas sobre terreno de fundação, deverá primeiramente proceder-se a conveniente limpeza da superfície do terreno, destacando os seus elementos desagregáveis e lavando-o com jactos de água; o terreno deve ser mantido humedecido durante as vinte e quatro horas que antecedem a betonagem, a qual deve ser iniciada depois da colocação de uma camada de argamassa (ver artigo 28.º) cuja espessura não deve exceder cerca de 3 cm. Quando o bloco a betonar tenha grande área, os cuidados a ter na progressão das espessuras devem ser idênticos aos indicados anteriormente para o caso de longa interrupção da betonagem.

Artigo 28.º — Juntas de betonagem

Quando houver necessidade de criar juntas de betonagem, estas devem ser localizadas, tanto quanto possível, nas secções menos esforçadas das peças a ter orientação sensivelmente perpendicular à direcção das tensões principais de compressão.

A localização das juntas deve ser estabelecida antes do começo da betonagem e dependerá, nomeadamente, do tipo da estrutura e das solicitações que nela actuam, do rendimento dos meios de fabrico e de colocação do betão, do processo de compactação utilizado, e de exigências estéticas quando se trate de superfícies que vão ficar à vista.

Na execução das juntas devem ter-se os cuidados necessários para obter a ligação eficaz entre os betões a solidarizar, atendendo-se, nomeadamente, ao que é indicado nas alíneas seguintes:

a) Antes do recomeço da betonagem, a superfície da junta deve ser tomada rugosa, de modo que os inertes

grossos do betão fiquem a descoberto. Para este efeito, poderão usar-se, conforme o estado de endurecimento do betão, jactos de água, de ar comprimido ou de areia, escovas metálicas e, mesmo, meios mecânicos mais poderosos, como, por exemplo, martelos pneumáticos; no entanto, qualquer dos processos para pôr o inerte de maiores dimensões a descoberto não deve retirá-lo nem abalá-lo. A aplicação de jactos de água pode fazer-se logo após a presa.

A superfície da junta deve ser cuidadosamente limpa, molhando-a abundantemente e eliminando as partículas soltas. Quando da aplicação do novo betão, a superfície deve encontrar-se apenas humedecida, com aspecto mate e sem brilho de água em excesso;

b) No recomeço da betonagem, a aderência entre o betão fresco e o betão já endurecido pode ser assegurada pela interposição de uma camada de argamassa ou betão do modo seguinte:

Utilizando uma argamassa (que pode ser a do próprio betão), cuja dosagem de ligante não exceda 800 kg/m^3 ; a espessura da camada não deve exceder cerca de 2 cm;

Sobredoseando o betão em areia (p. ex., mais 10%), em ligante (p. ex., mais 50 kg/m^3) e em água (de modo a aumentar a trabalhabilidade); a espessura da camada não deve exceder cerca de 10 cm;

Utilizando o betão depois de excluído o inerte de dimensões superiores a 20 mm; a espessura da camada não deve exceder cerca de 10 cm.

Não deve, em caso algum, ser utilizada calda de ligante.

As disposições indicadas neste artigo para o tratamento das juntas de betonagem são as que normalmente são seguidas. No entanto, haverá casos em que seja necessário empregar meios especiais tanto no tratamento prévio da superfície da junta como no processo de executar a ligação entre os betões em presença. Como exemplo do primeiro caso, pode citar-se o emprego de retardadores da presa aplicados na cofragem e que atrasem a presa numa profundidade de alguns milímetros; basta então eliminar essa camada de argamassa, que não endureceu, por meio de jacto de água, ficando assim a superfície da junta com os inertes grossos a descoberto e com a rugosidade requerida. Como exemplo de processos especiais de realizar a ligação entre os betões em presença, pode citar-se o emprego de colas.

Artigo 29.º — Compactação

A compactação do betão deve ser feita de modo que o betão venha a constituir, dentro dos moldes, uma massa homogénea e, tanto quanto possível, sem vazios.

A compactação poderá ser efectuada por meios manuais (apiloamento) ou por meios mecânicos (vibração de superfície, vibração dos moldes e pervibração), devendo cumprir-se as regras indicadas nas alíneas seguintes:

a) No caso de a compactação ser feita por apiloamento, o betão deve ser espalhado em camadas de espessura não superior a 15 cm e cada camada deve ser apiloada até se obter uma superfície lisa, resultante de um ligeiro refluxo da água e das partículas mais finas da argamassa.

Este processo de compactação não deve ser utilizado para betões muito consistentes e, no caso de betões de consistência fluida, o apiloamento deve ser moderado;

b) No caso de a compactação ser feita por vibração, o betão deve ser previamente espalhado em camadas cuja espessura dependerá das características do equipamento de vibração, mas que, em caso algum, exceda 50 cm; cada camada deve ser vibrada até que, depois de obtido o re-

fluxo da água e das partículas mais finas da argamassa, cesse a libertação de bolhas de ar.

Se a vibração for executada com pervibradores, estes deverão penetrar na massa por acção apenas do seu peso próprio; a sua extracção deve ser feita lentamente, de modo a não deixar vazios, não excedendo a velocidade de cerca de 10 cm/s. Se a vibração for executada com vibradores de superfície, a espessura das camadas a vibrar não deve ultrapassar 20 cm.

Este processo de compactação não deve ser utilizado para betões de consistência fluida.

§ único. No caso de betões com ar incorporado, a compactação deve ser efectuada com os cuidados necessários para que, depois de obtidos a homogeneização da massa e o completo preenchimento dos moldes, o betão contenha ainda a quantidade de ar especificada na sua composição.

Artigo 30.º — Cura

A cura deve processar-se em condições que favoreçam a presa e o endurecimento do betão. Para tal, tomar-se-ão, logo após a betonagem, as medidas convenientes em face da temperatura ambiente e de outros factores que possam provocar a perda prematura da água do betão, de acordo com o indicado nas alíneas seguintes:

a) Pelo menos nas primeiras setenta e duas horas após a betonagem o betão deve ser protegido de temperaturas ambientes inferiores a 0°C ;

b) A perda da água do betão por evaporação deve ser evitada, usando-se, nomeadamente, os meios seguintes:

Manter as superfícies do betão protegidas pelos moldes, não retirando estes prematuramente; quando os moldes forem permeáveis, conservá-los humedecidos;

Revestir as superfícies pelas quais se dá a evaporação com materiais impermeáveis ou com materiais humedecidos (no caso de serem permeáveis) ou, ainda, aplicar sobre as superfícies, por pintura, películas que contrariem a evaporação;

Manter continuamente molhadas as superfícies expostas.

As medidas de protecção contra a perda de água por evaporação devem ser mantidas, em geral, durante os seguintes períodos, a partir da betonagem: sete dias para os betões de cimento *portland* normal e *portland* de ferro; catorze dias para os betões em que se utilizam outros ligantes.

Artigo 31.º — Transporte, colocação e cura em condições de temperatura desfavoráveis

No caso de a temperatura ambiente ser tal que exista o risco de a temperatura do betão, no momento da sua colocação, ser inferior a 5°C ou superior a 35°C (ver artigo 27.º), ou ser tal que prejudique as condições de cura do betão, há que tomar, além de cuidados no fabrico (ver artigo 24.º), disposições especiais no transporte, na colocação e na cura do betão, de acordo com o indicado nas alíneas seguintes:

a) O transporte do betão deve ser feito no menor tempo possível e isolando termicamente os recipientes de transporte;

b) A colocação do betão deve ser realizada no período mais favorável em face do ciclo diário de variação da temperatura ambiente;

c) A cura do betão deve ser particularmente cuidada, tendo em atenção as prescrições do artigo 30.º, relativas à temperatura e aos meios a adoptar para evitar a perda de água por evaporação.

Artigo 32.º — Moldes e cimbres

Os moldes e cimbres devem ser executados de modo a serem satisfeitas as condições indicadas nas alíneas seguintes:

a) Suportarem com segurança satisfatória as solicitações a que vão estar sujeitos, nomeadamente as provenientes do peso e dos impulsos do betão fresco durante a colocação e a compactação;

b) Não sofrerem deformações excessivas, de modo que a forma das peças executadas corresponda, dentro das tolerâncias previstas, à das peças projectadas;

c) Serem suficientemente estanques para não permitirem a fuga da pasta ligante; no caso de serem constituídos por materiais absorventes de água, devem ser abundantemente molhados antes da colocação do betão, tendo-se cuidado, no entanto, de remover toda a água em excesso;

d) Serem facilmente desmontáveis e, no caso de peças importantes, serem providos de dispositivos especiais para a desmoldagem (cunhas, caixas de areia, parafusos, etc.);

e) Disporem de aberturas que permitam a sua conveniente limpeza e inspecção antes da betonagem e facilitem a colocação e a compactação do betão.

Antes da colocação do betão, os moldes devem ser cuidadosamente limpos de todos os materiais estranhos. No caso de peças de betão armado, a eventual aplicação de produtos nas superfícies dos moldes com vista a facilitar a desmoldagem deve ser efectuada antes da colocação das armaduras.

No caso de peças altas e pouco espessas, os moldes devem ser concebidos de modo que a massa do betão possa ser colocada sem segregação nem desagregação motivadas por queda de grande altura e de modo que o betão seja facilmente acessível para a sua compactação por apiloamento ou vibração. Para isso pode prever-se a possibilidade de uma das faces do molde ir sendo fechada gradualmente, à medida que o molde vai sendo preenchido, ou podem utilizar-se aberturas temporárias, cujo espaçamento não deve exceder 1 m, com dimensões que permitam a introdução dos dispositivos de compactação e que vão sendo fechadas quando a betonagem atinge o nível em que estão situadas.

Nos locais dificilmente acessíveis, tais como bases de colunas e de paredes, devem também dispor-se aberturas temporárias que facilitem a limpeza e a inspecção do molde e das armaduras e a colocação do betão.

Artigo 33.º — Desmoldagem e descimbramento

A desmoldagem e o descimbramento sòmente devem ser realizados quando o betão tiver adquirido resistência suficiente não só para que seja satisfeita a segurança em relação à rotura das peças desmoldadas, mas ainda para que não se verifiquem deformações excessivas, tanto a curto como a longo prazos.

As operações de desmoldagem e de descimbramento devem ser conduzidas com os necessários cuidados para que não provoquem esforços inconvenientes, choques ou fortes vibrações.

Os prazos de desmoldagem e de descimbramento devem, em geral, ser estabelecidos e justificados tendo em atenção as condições acima indicadas e atendendo à evolução das propriedades mecânicas do betão, convenientemente determinadas por ensaios.

No caso particular das estruturas de betão armado, há que cumprir, na desmoldagem e descimbramento das peças, as disposições do Regulamento em vigor (Regulamento de Estruturas de Betão Armado, Decreto n.º 47 723, de 20 de Maio de 1967).

CAPITULO VI

Fiscalização e recepção

Artigo 34.º — Verificação e fiscalização

Todas as operações relativas ao estudo, fabrico e aplicação do betão devem ser sempre acompanhadas de cuidadosa verificação por parte da entidade que tem a seu cargo os trabalhos, sob o *contrôle* do dono da obra ou dos seus agentes.

A fiscalização do Estado ou dos corpos administrativos que tenham jurisdição sobre a obra exercer-se-á independentemente daquelas verificações e terá como principal objectivo velar pelo cumprimento das disposições regulamentares, em particular as do presente diploma.

As actividades de verificação e de fiscalização devem incidir, fundamentalmente, sobre:

O relatório do estudo da composição do betão, verificando se o estudo foi realizado de modo correcto e tendo em consideração as condições reais da obra e se, portanto, há garantia de que possa ser obtido na obra o betão especificado;

O equipamento e as instalações do estaleiro, verificando se se encontram em boas condições e se são os previstos para o fabrico do betão pretendido; As condições de armazenamento dos componentes; A recepção dos componentes;

O plano de betonagem (incluindo a localização das juntas de betonagem), verificando se está estabelecido tendo em atenção as condições particulares da obra e as características do equipamento utilizado;

As operações de fabrico do betão, nomeadamente no que se refere ao cumprimento da composição especificada no boletim de fabrico;

A colheita das amostras necessárias para a realização dos ensaios de recepção do betão;

As condições em que são realizadas as operações de transporte, espalhamento, compactação, cura e desmoldagem;

A recepção do betão.

§ único. No caso de betões fabricados em central industrial, compete à entidade proprietária da central proceder a todas as verificações e *contrôles* que interessam ao fabrico e ao transporte do betão.

Deve salientar-se a importância das actividades de verificação e fiscalização para garantia da boa execução das obras. No caso de estruturas, esta importância é tanto mais acentuada quanto mais se explora a capacidade resistente dos materiais.

Faz-se notar que estas actividades devem ser exercidas por todos os interessados na obra, que, em princípio, serão o construtor, o dono da obra e o Estado ou os corpos administrativos. Os dois primeiros, como entidades cujas relações são reguladas por um contrato entre elas firmado, terão de assegurar, por meio de verificações e *contrôles*, para defender os respectivos interesses, que o contrato está a ser cumprido; o Estado e os corpos administrativos, como entidades responsáveis pela garantia de satisfação das condições que dizem respeito aos interesses públicos (segurança, economia geral, etc.), terão de verificar se no contrato entre o construtor e o dono da obra estão a ser cumpridas as disposições regulamentares que protegem aqueles interesses.

Faz parte ainda das actividades de verificação e fiscalização velar pelo cumprimento da legislação sobre a segurança do trabalho, nomeadamente o Regulamento de Segurança no Trabalho da Construção Civil (Decreto n.º 41 821, de 11 de Agosto de 1958).

No caso de betões fabricados em central industrial, é de referir ainda o interesse de a central dar acesso à consulta dos resultados dos ensaios de verificação e *contrôle* de fabrico, o que facilita à entidade compradora a recepção do betão, permitindo simplificar as operações de verificação correspondentes.

Artigo 35.º — Boletim de fabrico do betão

Junto do local de fabrico do betão e a cargo da entidade que executa os trabalhos deve existir, referente a cada betão, um documento denominado «boletim de fabrico do betão», o qual, elaborado de acordo com a composição estabelecida para o betão, se destina a exprimir essa composição em valores directamente utilizáveis na medição dos componentes a aplicar em cada amassadura, tendo em consideração a humidade dos inertes na ocasião do seu emprego.

O boletim de fabrico do betão deverá conter, em todos os casos, a indicação dos seguintes elementos:

- Identificação da obra ou da parte da obra a que o betão é destinado;
- Número de ordem e data da elaboração do boletim;
- Designação do betão (tipo, classe e qualidade);
- Identificação dos componentes;
- Composição do betão, referida ao volume de uma amassadura, tomando em consideração a humidade que os inertes possuem na ocasião do seu emprego.

Boletim de fabrico do betão

Modelo A

Designação do betão ...

Local de fabrico do betão ...

Parte da obra a que o betão se destina ...

Identificação da obra ...

Construtor ...

Boletim n.º ... Data .../.../...

Componentes	Composição do betão (Inertes secos)		Humidade dos inertes na ocasião do seu emprego (Teor em água total) (%)	Composição para uma amassadura de ... litros			Indicações complementares (Fornecedores, designações comerciais, etc.)
				Com os inertes por categorias		Com os inertes acumulados (Inertes húmidos)	
	%	kg/m ³ (1)	%	Inertes secos kg (1)	Inertes húmidos kg (1)	kg (1)	
1	2	3	4	5	6	7	8

(1) A quantidade de água deve ser expressa em litros por metro cúbico de betão.

(2) Para os inertes correntes, pouco absorventes, molhados, poderá em geral assimilar-se o teor em água total ao teor em água superficial.

O Técnico Responsável,

O Agente da Fiscalização do Estado
ou dos Corpos Administrativos,

Boletim de fabrico do betão

Modelo B

Designação do betão ...

Local de fabrico do betão ...

Parte da obra a que o betão se destina ...

Identificação da obra ...

Construtor ...

Boletim n.º ... Data .../.../...

Componentes	Composição do betão (Inertes secos)		Humidade dos inertes na ocasião do seu emprego (Teor em água total) (%)	Baridade dos inertes (Inertes húmidos) kg/m ³	Composição por unidade de volume de betão (Inertes húmidos) l (2)	Composição para uma amassadura de ... litros (Inertes húmidos) l (2)	Indicações complementares (Fornecedores, designações comerciais, etc.)
	%	kg/m ³ (1)					
1	2	3	4	5	6	7	8

(1) A quantidade de água deve ser expressa em litros por metro cúbico de betão.

(2) Para os inertes correntes, pouco absorventes, molhados, poderá em geral assimilar-se o teor em água total ao teor em água superficial.

(3) As quantidades de ligantes e de pozolanas devem ser expressas em quilogramas por metro cúbico de betão.

O Técnico Responsável,

O Agente da Fiscalização do Estado
ou dos Corpos Administrativos,

Nos betões das qualidades 1 e 2, o boletim de fabrico deve conter ainda as seguintes indicações:

Composição do betão, por unidade de volume, considerando os inertes secos (resultado do estudo da composição);

Humidade dos inertes, expressa pelo teor em água total.

Nos betões da qualidade 2 em que a medição dos inertes seja feita em volume, há ainda que indicar no boletim de fabrico, além dos elementos anteriores, a baridade dos inertes com a humidade que possuem na ocasião do seu emprego.

§ único. O início da fabricação de cada betão será sempre precedido da elaboração do boletim de fabrico, o qual deve ser assinado pelo técnico responsável, e, no caso de betões não fabricados em central industrial, aprovado pelo agente da fiscalização do Estado ou dos corpos administrativos que tenham jurisdição sobre a obra.

Apresentam-se, a título de orientação, sugestões para a organização de boletins de fabrico do betão que respeitam as disposições deste artigo.

O primeiro esquema (modelo A) aplica-se aos betões da qualidade 1 e aos das qualidades 2 e 3 em que os inertes sejam medidos por pesagem; o segundo esquema (modelo B) aplica-se aos betões das qualidades 2 e 3 em que os inertes são doseados em volume. Quando se trate de betões da qualidade 3, apenas será obrigatório o preenchimento das colunas 1 e 6 do modelo A ou 1 e 7 do modelo B.

A determinação da baridade dos inertes deve ser efectuada de acordo com a especificação LNEC E 247 — Inertes para argamasas e betões. Determinação da baridade.

Artigo 36.º — Boletim de encomenda e guia de remessa do betão fabricado em central industrial

A encomenda e o fornecimento do betão fabricado em central industrial devem ser acompanhados de documentos denominados, respectivamente, «boletim de encomenda do betão» e «guia de remessa do betão», os quais deverão satisfazer ao que é especificado nas alíneas seguintes:

a) No boletim de encomenda do betão devem figurar os elementos de identificação necessários (localização da obra, entidades compradora e fornecedora do betão, data da encomenda, etc.) e a especificação das características a exigir, nomeadamente:

- Tipo e classe do betão;
- Máxima dimensão do inerte;
- Natureza do ligante;
- Consistência do betão.

Outras características que poderá haver necessidade de especificar são, por exemplo, a dosagem mínima do ligante, o valor máximo da razão água/ligante e certas exigências relativas aos inertes;

b) Na guia de remessa do betão (que se referirá ao betão correspondente a cada veículo transportador) devem figurar, além de todos os elementos de identificação do betão fornecido e definidores da sua composição, os seguintes:

- Data do fornecimento;
- Identificação do veículo transportador;
- Indicação do momento (horas e minutos) em que foi feita a carga do veículo transportador ou em que foi feita a adição da água da amassadura, no caso de emprego de veículos-betoneiras;

Consistência do betão;

Massa volúmica do betão fresco (compactado);

Volume de betão fornecido (determinado por pesagem e pelo valor da massa volúmica).

Quando da entrega do betão na obra, devem ainda ser anotados na guia de remessa os momentos (horas e minutos) da chegada do veículo e do início e conclusão da descarga e, bem assim, os elementos relativos à localização da parte da obra a que se destina o betão em causa.

A guia de remessa deve ser elaborada em duplicado, devendo ambos os exemplares ser visados pelas entidades fornecedora e compradora; cada uma destas entidades ficará de posse de um dos exemplares.

Artigo 37.º — Livro de registo da obra

No livro de registo da obra — documento elaborado e mantido pela entidade que executa os trabalhos, onde são indicadas cronologicamente as ocorrências verificadas no decurso da obra e que interessam à realização desta — devem figurar, em geral, no que diz respeito aos betões, os seguintes elementos:

- Os resultados do estudo da composição;
- Os boletins de fabrico;
- Os boletins dos ensaios de recepção dos componentes e os registos das recepções efectuadas;
- Os boletins dos ensaios de recepção dos betões e os registos das recepções efectuadas;
- As datas de início e de conclusão das betonagens das diversas partes da obra;
- A indicação de condições climáticas especiais que possam prejudicar a boa execução do betão (ocorrência de temperaturas ambientes inferiores a 5°C, de neve ou geada, etc.);
- A indicação de todas as alterações introduzidas no projecto e das correspondentes autorizações.

O livro de registo será facultado aos agentes da fiscalização do Estado ou dos corpos administrativos que tenham jurisdição sobre a obra sempre que estes o exigirem, para que possam visá-lo ou nele inscrever determinações e observações que o andamento dos trabalhos lhes sugerir.

§ único. No caso do emprego de betões fabricados em central industrial, no livro de registo da obra devem figurar as guias de remessa de tais betões, sendo dispensável a inclusão dos três primeiros tipos de elementos que figuram na lista do corpo do artigo.

Têm-se como fundamentais, para que se realizem eficientemente a verificação e a fiscalização das obras, a existência e o correcto preenchimento do livro de registo. Convém, consequentemente, que as entidades fiscalizadoras do Estado e dos corpos administrativos efectivamente velem pela existência desse registo.

Artigo 38.º — Recepção dos componentes

A recepção dos componentes será feita com base na verificação de que satisfazem as características gerais definidas no presente Regulamento e as que constam da especificação do betão contida no relatório do estudo da composição e no boletim de fabrico.

Nos casos em que seja necessário verificar, por ensaios, as características dos componentes, haverá que proceder à colheita de amostras e ao seu ensaio para comprovação daquelas características. As condições de amostragem e

de aceitação ou rejeição dos componentes devem ser especificadas nos cadernos de encargos.

Em muitos casos, a recepção dos componentes poderá ser bastante simplificada, reduzindo-se a uma avaliação qualitativa das suas propriedades fundamentais e à verificação da granulometria dos inertes.

Quando se verificar que a granulometria de qualquer das categorias dos inertes em recepção é caracterizada por valores do módulo de finura que se afastem em mais de 0,20 dos valores especificados, é necessário, para os inertes em causa poderem ser aplicados, corrigir a composição do betão inicialmente estabelecida.

Artigo 39.º — Recepção do betão. Condições gerais

A recepção do betão será feita com base na verificação de que satisfaz as características definidas no relatório do estudo da composição (ou na guia de remessa, no caso de betão fabricado em central industrial) e de acordo com o estipulado nos artigos 40.º a 42.º

Esta verificação será efectuada, em geral, através de ensaios sobre amostras do betão, colhidas antes da sua aplicação, e deve ser feita para todos os betões considerados no presente Regulamento, com excepção dos betões da qualidade 3 do tipo B, para os quais as verificações poderão, em certos casos, deixar de ser efectuadas (betões não controlados).

Os resultados individuais dos ensaios de recepção devem ser registados em documentos denominados «boletins dos ensaios de recepção do betão», os quais devem figurar no livro de registo da obra, acompanhados das decisões de recepção.

O plano a estabelecer para a colheita de amostras será função das características a verificar, do volume de betão e da cadência do fabrico e, ainda, do tipo de obra a que o betão se destina, devendo ser fixado nos cadernos de encargos.

Cada amostra (ou grupo de amostras) deve ser identificada como correspondendo a um dado volume de betão fabricado e posto em obra.

§ único. No caso de os resultados dos ensaios das amostras correspondentes a um dado volume de betão não serem satisfatórios, tal betão será rejeitado e, em consequência, a parte da obra em que o betão foi aplicado será demolida, excepto se, por acordo entre o construtor e o dono da obra, forem tomadas medidas que possibilitem o aproveitamento dessa parte da construção, as quais terão de ser sempre sancionadas pelo agente da fiscalização do Estado ou dos corpos administrativos que tenham jurisdição sobre a obra. Estas medidas só poderão ser aprovadas desde que seja demonstrado que fica respeitada a segurança de acordo com as disposições regulamentares em vigor.

Como é indicado nos artigos seguintes, a recepção dos betões é feita com base na verificação das suas características fundamentais e que directamente estão relacionadas com o tipo, a classe e a qualidade.

Deve notar-se, no entanto, que, no relatório do estudo da composição do betão, são em geral especificadas outras propriedades que, em princípio, haverá interesse em verificar; estas verificações, por vezes, tomam mesmo importância análoga à das propriedades fundamentais.

Está neste caso, por exemplo, a consistência, parâmetro que, por si só, se não satisfizer o valor especificado, pode levar à rejeição do betão. No caso de esta característica ser considerada muito importante, admitem-se, em geral, na sua verificação, as seguintes tolerâncias em relação ao valor especificado: se a consistência for determinada pelo ensaio de abaixamento, e para valores especificados iguais ou menores do que 4 cm, admite-se uma tolerância de ± 1 cm; para abaixamentos superiores a 4 cm, admite-se uma tolerância de 25 por cento do valor especificado. No caso de a consistência ser determinada em graus Vêbê, a tolerância será de ± 5 graus Vêbê.

Em certas circunstâncias (por exemplo, na recepção de betão fabricado em central industrial) há também interesse em controlar a massa volúmica do betão fresco, sendo normal admitir-se uma tolerância de ± 20 kg/m³ em relação ao valor previsto. A determinação desta característica deve ser feita de acordo com a especificação LNEC E 256 — Betões. Determinação da massa volúmica do betão fresco.

Quanto aos boletins dos ensaios de recepção do betão, a sua organização terá de ser adaptada, em cada caso, à natureza das verificações a efectuar. Apresenta-se, a título de exemplo, um esquema de boletim que contempla um caso relativamente geral.

Boletim dos ensaios de recepção do betão

Designação do betão...

Local de fabrico do betão...

Boletim de fabrico n.º... (ou guia de remessa n.º...)

Identificação da obra...

Construtor...

Boletim n.º...

Data.../.../...

Identificação da amostra	Colheita			Consistência	Localização, na obra, do betão a que se refere a amostra	Resultados dos ensaios				Observações (Volume de betão aplicado, condições de conservação, etc.)
	Data	Hora	Local			Tensão de rotura aos vinte e oito dias	Máxima dimensão do inerte	Dosagem de ligante	Razão água/ligante	

O Técnico Responsável,

O Agente da Fiscalização do Estado ou dos Corpos Administrativos,

No que se refere ao estipulado no § único do artigo, ou seja o problema da recepção de um betão que não satisfaça os valores especificados, é muito difícil estabelecer regras gerais que definam as circunstâncias em que o betão pode deixar de ser rejeitado, devendo cada caso ser julgado de per si, de acordo com as prevenções indicadas naquele parágrafo.

Assim, por exemplo, no caso dos betões do tipo B, poder-se-á verificar se, na data em que a estrutura vai ser efectivamente carregada, o betão apresenta já uma resistência compatível com a exigência que lhe foi feita (e que, aos vinte e oito dias, não foi cumprida); para isso, ter-se-á de recorrer a ensaios sobre provetes molhados durante a betonagem ou sobre provetes extraídos do betão já endurecido da própria obra. Outra possível via de apreciação do problema consiste em proceder à verificação do dimensionamento da estrutura tendo em conta o abaixamento da resistência do betão.

No caso de betões do tipo BD que não tenham satisfeito as condições específicas impostas, poder-se-á, por exemplo, recorrer ao emprego de revestimentos protectores que isolem o betão da acção do meio agressivo.

No que diz respeito à frequência da amostragem, que dependerá, como é dito no corpo do artigo, do volume de betão a fabricar e das características e do tipo de obra a que o betão se destina, convém referir algumas orientações que sirvam para o estabelecimento das disposições a fixar nos cadernos de encargos.

Assim, no caso da amostragem para a determinação dos parâmetros da distribuição estatística das tensões de rotura, deverá ser colhida, pelo menos, uma amostra por cada 10 m³ a 50 m³ de betão, e nunca menos de uma amostra por cada dia de trabalho. Este critério, aliado a que são necessários os resultados dos ensaios de um mínimo de vinte amostras para determinar em boas condições os valores procurados (ver artigo 40.º), facilita o estabelecimento do número de amostras a colher.

No caso da amostragem para a determinação da máxima dimensão do inerte, da dosagem de ligante e da razão água/ligante, deverá colher-se, pelo menos, uma amostra por cada 40 m³ a 200 m³ de betão, e nunca menos de uma amostra por cada período de quatro dias de laboração. Do mesmo modo que anteriormente, conjugando este critério com a determinação de que são necessários os resultados dos ensaios de um mínimo de cinco amostras para determinar em boas condições os valores procurados (ver artigo 41.º), não será difícil fixar o programa de amostragem.

Artigo 40.º — Recepção dos betões do tipo B

Para a recepção dos betões do tipo B as verificações a efectuar incidirão, pelo menos, sobre as seguintes características: desvio padrão ou coeficiente de variação da distribuição estatística das tensões de rotura aos vinte e oito dias e valor característico desta tensão.

Os valores obtidos devem satisfazer os valores especificados no estudo da composição do betão (ou na guia de remessa, no caso de betões fabricados em central industrial).

O número mínimo de amostras a ensaiar para definir uma distribuição estatística de que resultem os valores acima referidos deve ser de 20.

As amostras devem ser retiradas de tal modo que a uma dada amassadura não corresponda mais do que uma amostra.

§ único. Se, em virtude de condições excepcionais, devidamente reconhecidas, o número disponível de resultados da determinação da tensão de rotura for inferior a 20, o betão não será aceite se qualquer desses resultados for inferior ao valor característico especificado.

Artigo 41.º — Recepção dos betões do tipo BD

Para a recepção dos betões do tipo BD das classes 1 e 2 as verificações a efectuar incidirão, pelo menos, sobre as seguintes características: desvio padrão ou coeficiente de variação da distribuição estatística das tensões de ro-

tura aos vinte e oito dias, máxima dimensão do inerte e dosagens de água e de ligante (razão água/ligante); no caso dos betões da classe 3, além dos parâmetros definidores da qualidade, há que verificar o teor em ar incorporado.

Os valores obtidos para o desvio padrão ou para o coeficiente de variação, determinados tendo em conta as condições indicadas no artigo anterior, devem satisfazer os valores especificados no estudo da composição do betão (ou na guia de remessa, no caso de betões fabricados em central industrial). Os valores das restantes características serão obtidos pela média de, pelo menos, os resultados dos ensaios de cinco amostras e devem satisfazer os valores especificados no estudo da composição (ou na guia de remessa); as tolerâncias nos valores da dosagem de ligante, da razão água/ligante e do teor em ar incorporado são indicadas no quadro XVI. As amostras a ensaiar devem ser colhidas de tal modo que a uma dada amassadura não corresponda mais do que uma amostra.

QUADRO XVI

Características de betões do tipo BD

Tolerâncias na recepção

Características	Desvios limites
Dosagem de ligante	- 5%
Razão água/ligante	+ 10%
Teor em ar incorporado	± 1% (Ver quadro XIV)

As determinações da dosagem de ligante, da razão água/ligante e do teor em ar incorporado devem ser baseadas nos seguintes documentos:

LNEC E 257 — Betões. Determinação da composição do betão fresco.

LNEC E 258 — Betões. Determinação do teor em ar do betão fresco (Processo pneumático).

Artigo 42.º — Recepção dos betões fabricados em central industrial

A recepção dos betões fabricados em central industrial deve ser efectuada de acordo com os critérios definidos nos artigos 39.º a 41.º

A colheita das amostras para a realização dos ensaios de recepção será feita no local da descarga dos veículos transportadores. No caso de emprego de veículos-betoneiras ou de veículos transportadores providos de dispositivos de remeximento que mantenham a homogeneidade do betão, a colheita das amostras deve ser efectuada durante a descarga; no caso de emprego de veículos transportadores sem aqueles dispositivos, a colheita deve ser efectuada após a descarga.

§ único. Poderá dispensar-se a realização, total ou parcial, dos ensaios de recepção do betão fabricado em central industrial se a entidade proprietária da central apresentar prova de que o fabrico e o transporte do betão são controlados pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil ou por outro laboratório oficial.

ANEXO I

Determinação do desvio padrão, do coeficiente de variação e do valor característico da tensão de rotura do betão a partir dos resultados dos ensaios

Designando por σ_{bi} os valores individuais da tensão de rotura obtidos nos ensaios das amostras e por n o número de valores, calcula-se a média aritmética σ_{bm} daqueles valores pela expressão

$$\sigma_{bm} = \frac{\sum \sigma_{bi}}{n}$$

e determina-se o desvio padrão Δ pela expressão

$$\Delta = \sqrt{\frac{\sum (\sigma_{bi} - \sigma_{bm})^2}{n - 1}}$$

Admitindo que o valor da média e o quadrado do valor do desvio padrão assim determinados são boas estimas da média e da variância da distribuição estatística da população que as amostras representam, e admitindo que esta distribuição é normal, o valor característico da tensão de rotura σ_{bk} — definido como valor que é atingido com a probabilidade de 95% — distará da média 1,64 desvios padrões.

Será então:

$$\sigma_{bk} = \sigma_{bm} - 1,64 \Delta$$

ou, designando por coeficiente de variação a relação entre o desvio padrão e a média

$$\delta = \frac{\Delta}{\sigma_{bm}}$$

ter-se-á, também, para calcular o valor característico, a expressão

$$\sigma_{bk} = \sigma_{bm} (1 - 1,64 \delta)$$

No cálculo do valor característico não poderão ser considerados valores do desvio padrão inferiores a 25 kgf/cm²; do mesmo modo, será de 7% o limite inferior do valor do coeficiente de variação a considerar.

ANEXO II

Lista dos documentos normativos aplicáveis

Ligantes

Caderno de encargos para o fornecimento e recepção do cimento *portland* normal (Decreto n.º 40 870, de 22 de Novembro de 1956, com as alterações do Decreto n.º 41 127, de 24 de Maio de 1957, e da Portaria n.º 18 189, de 5 de Janeiro de 1961).

Caderno de encargos para o fornecimento e recepção do cimento *portland* de ferro e do cimento de alto forno 60/80 (Decreto n.º 49 371, de 11 de Novembro de 1969).

Caderno de encargos para o fornecimento e recepção do cimento pozolânico normal (Decreto n.º 43 683, de 11 de Maio de 1961).

Caderno de encargos para o fornecimento e recepção de pozolanas (Decreto n.º 42 999, de 1 de Junho de 1960).

LNEC E 49 — Cimento *portland*. Determinação do teor em sulfuretos.

LNEC E 56 — Cimento *portland*. Determinação do teor em álcalis solúveis em água.

LNEC E 231 — Cimentos. Determinação do teor em halogenetos.

Inertes

NP-85 — Areias para argamassas e betões. Pesquisa da matéria orgânica pelo processo do ácido tânico.

NP-86 — Inertes para argamassas e betões. Determinação do teor em partículas muito finas e matérias solúveis.

NP-581 — Inertes para argamassas e betões. Determinação das massas volúmicas e da absorção de água de britas e godos.

LNEC E 154 — Agregados. Determinação da resistência ao esmagamento.

LNEC E 155 — Inertes para argamassas e betões. Determinação do teor em partículas leves (Ed. 1971).

LNEC E 156 — Pedras naturais. Agregados. Determinação da tensão de rotura por compressão da rocha.

LNEC E 157 — Agregados. Determinação do teor em sulfatos.

LNEC E 158 — Agregados. Determinação do teor em sulfuretos.

LNEC E 159 — Agregados. Determinação da reactividade potencial.

LNEC E 222 — Agregados. Determinação do teor em partículas moles.

LNEC E 223 — Agregados. Determinação do índice volumétrico.

LNEC E 237 — Agregados. Ensaio de desgaste pela máquina de Los Angeles.

LNEC E 238 — Agregados. Ensaio de alteração pelo sulfato de sódio ou pelo sulfato de magnésio.

LNEC E 245 — Inertes para argamassas e betões. Análise granulométrica.

LNEC E 246 — Inertes para argamassas e betões. Determinação do teor em partículas friáveis.

LNEC E 247 — Inertes para argamassas e betões. Determinação da baridade.

LNEC E 248 — Inertes para argamassas e betões. Determinação das massas volúmicas e da absorção de água de areias.

LNEC E 249 — Inertes para argamassas e betões. Determinação dos teores em água total e em água superficial.

LNEC E 250 — Inertes para argamassas e betões. Determinação do teor em água superficial de areias.

LNEC E 251 — Inertes para argamassas e betões. Ensaio de reactividade com os sulfatos em presença de hidróxido de cálcio.

LNEC E 252 — Inertes para argamassas e betões. Ensaio de reactividade potencial com os álcalis do ligante (Processo da barra de argamassa).

LNEC E 253 — Inertes para argamassas e betões. Determinação do teor em halogenetos solúveis.

LNEC E 254 — Inertes para argamassas e betões. Determinação do teor em álcalis solúveis.

Águas

- NP-413 — Água. Determinação do teor em sulfatos.
 NP-423 — Água. Determinação do teor em cloretos.
 NP-505 — Água. Determinação do teor em resíduo.
 NP-507 — Água. Determinação do teor em magnésio.
 P-625 — Água. Determinação do teor em sódio (Processo gravimétrico).
 P-626 — Água. Determinação do teor em potássio (Processo colorimétrico).
 LNEC E 202 — Solos. Determinação da quantidade de sulfatos de um solo e da quantidade de sulfatos da água de um solo.
 LNEC E 206 — Betões. Amostragem de águas de amassadura e de águas em contacto.
 LNEC E 207 — Águas. Determinação da agressividade para o carbonato de cálcio.
 LNEC E 208 — Águas. Determinação do consumo químico de oxigénio (Processo do dicromato de potássio).
 LNEC E 209 — Águas. Determinação do teor em sulfuretos totais (Processo volumétrico).
 LNEC E 210 — Águas. Determinação do teor em sulfuretos dissolvidos (Processo volumétrico).
 LNEC E 211 — Águas. Determinação do teor em azoto amoniacal (Processo expedito).

Betões

- NP-87 — Consistência do betão. Ensaio de abaixamento.
 NP-414 — Consistência do betão. Ensaio de espalhamento.
 LNEC E 226 — Betão. Ensaio de compressão.
 LNEC E 227 — Betão. Ensaio de flexão.
 LNEC E 228 — Betão. Determinação da trabalhabilidade Vêbé.
 LNEC E 255 — Betões. Preparação de provetes para ensaios de compressão e de flexão.
 LNEC E 256 — Betões. Determinação da massa volumica do betão fresco.
 LNEC E 257 — Betões. Determinação da composição do betão fresco.
 LNEC E 258 — Betões. Determinação do teor em ar do betão fresco.
 LNEC E 259 — Betões. Determinação dos tempos de presa.

ÍNDICE ALFABÉTICO

	Artigos
Aditivos	{ 11.º, 12.º, 20.º, 21.º, 24.º e 27.º
Água de amassadura	{ 10.º, 12.º, 21.º, 22.º, 24.º e 41.º
Águas em contacto com o betão	6.º
Amassadura do betão	23.º e 24.º
Betão aplicado em condições de temperatura desfavoráveis	24.º, 31.º e 37.º
Betão armado e pré-esforçado	{ 6.º, 8.º, 10.º, 12.º, 15.º, 16.º, 17.º, 32.º e 33.º
Betão ciclópico	27.º
Betão fabricado em central industrial	{ 1.º, 5.º, 6.º, 34.º, 36.º, 39.º e 42.º
Betão em grandes massas	{ 1.º, 6.º, 8.º, 25.º e 27.º
Betão das qualidades 1 e 2	4.º, 17.º, 21.º e 35.º
Betão da qualidade 3	{ 4.º, 14.º, 17.º, 21.º, 23.º, 35.º e 39.º
Betão do tipo B	{ 3.º, 5.º, 8.º, 14.º, 15.º, 39.º e 40.º
Betão do tipo BD, das classes 1 e 2	{ 3.º, 6.º, 8.º, 9.º, 15.º, 16.º, 39.º e 41.º
Betão do tipo BD, da classe 3	{ 3.º, 6.º, 8.º, 9.º, 15.º, 18.º, 29.º, 39.º e 41.º
Boletim de encomenda do betão fabricado em central industrial	36.º
Boletim dos ensaios de recepção do betão	39.º
Boletim de fabrico do betão	13.º e 35.º
Colocação do betão	27.º e 31.º
Compactação do betão	29.º
Composição do betão	{ 13.º a 18.º, 22.º, 34.º, 35.º e 37.º
Cura do betão	30.º e 31.º
Depósito do betão	26.º
Desmoldagem e descimbramento	33.º
Documentos normativos aplicáveis	2.º e anexo II.
Dosagem de ligante	15.º, 21.º e 41.º
Fabrico do betão	19.º a 24.º e 35.º
Fiscalização e recepção	34.º a 42.º
Granulometria dos inertes	17.º e 38.º
Guia de remessa do betão fabricado em central industrial	36.º
Inertes	{ 9.º, 12.º, 15.º, 17.º, 20.º, 21.º, 22.º, 38.º, 39.º e 41.º
Juntas de betonagem	27.º e 28.º
Ligantes	{ 8.º, 10.º, 12.º, 15.º, 16.º, 20.º, 21.º, 23.º, 24.º, 39.º e 41.º
Livro de registo da obra	37.º
Moldes e cimbres	32.º
Razão água/ligante	16.º, 21.º e 41.º
Recepção do betão	39.º a 42.º
Recepção dos componentes	38.º
Transporte do betão	25.º e 31.º

O Ministro das Obras Públicas, *Rui Alves da Silva Sanches*.